

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

PEDRO EGYDIO ANDRADE

FRAUDES EM MEDIDORES DE ENERGIA

**VOLTA REDONDA
2020**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

FRAUDES EM MEDIDORES DE ENERGIA

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Elétrica do UniFOA como requisito à obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Discentes:

Pedro Egydio Andrade

Orientador:

Prof. M.Sc. Cláudio Márcio de Freitas da Silva

**VOLTA REDONDA
2020**

“Somos apenas momentos.”

- Jack Johnson

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pela vida e saúde.

A minha avó, Anna, pelo amor incondicional e apoio em todos os momentos da minha vida, o que me proporcionou realizar grande parte de minhas conquistas.

Aos meus pais, Aloizio e Elizabeth por estarem sempre ao meu lado oferecendo apoio incondicional, amor, disposição a ajudar e por acreditarem no meu potencial.

Aos amigos de classe e trabalho, por cada contribuição ao longo desta caminhada.

A todos os mestres, em especial do Prof. M.Sc. Claudio, pela orientação e apoio, fundamentais para o desenvolvimento do trabalho e obtenção do resultado.

RESUMO

A fraude em medidores de energia e o furto de energia elétrica vêm sendo um grande problema enfrentado pelas concessionárias responsáveis por fazer a distribuição e tarifação no Brasil, o que impacta diretamente na tarifação de energia e no consumo não moderado.

O presente trabalho tem a finalidade de fazer um levantamento das fraudes mais utilizadas no sistema elétrico brasileiro assim como propor uma solução para identificação e prevenção com tecnologias já existentes aplicadas para tal finalidade.

Palavras-chave: Tarifação de Energia, Furto de Energia, Fraudes em Medidores de Energia, Medidores de Energia.

ABSTRACT

The fraud in energy meters and the theft of electricity has been a major problem faced by the concessionaires responsible for carrying out the distribution and electricity charges in Brazil, which affects on energy pricing and unmoderated consumption.

This work makes a survey of the frauds most used in the Brazilian electrical system and to propose a solution for identification and prevention with existing technologies applied for such purpose.

Keywords: Energy Charges, Energy Theft, Energy Meter Fraud, Energy Meters

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	FURTO E FRAUDE.....	17
2.1	Furto.....	17
2.2	Furto Qualificado	17
2.3	Fraude	18
3	TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELETRICA	19
3.1	Diferentes tipos de bandeiras tarifárias	21
3.1.1	Tarifa convencional Monômia.....	21
3.1.2	Tarifa Branca.....	22
3.1.3	Tarifa Social	23
4	PERDAS	25
4.1	Perdas Técnicas.....	25
4.2	Perdas não técnicas	25
4.2.1	Fraude de energia	26
4.2.2	Furto de energia	26
4.2.3	Ligações clandestinas	26
4.2.4	Faturamento Incorreto	27
5	IMPACTO DAS PERDAS NÃO TÉCNICAS.....	28
5.1	Precificação de energia	32
6	DISPOSITIVOS DE TARIFAÇÃO	33
6.1	Medidores de energia eletromecânicos.....	35
6.2	Medidores de energia digitais.....	36
6.2.1	Circuito de medição de corrente.....	37
6.2.2	Circuito de medição de tensão	38
7	ESTUDO DE FRAUDES E FURTOS NOS DISPOSITIVOS	40
7.1	Fraudes e furtos mais utilizados.....	41

8	FORMAS DE PREVENÇÃO	51
8.1	Tecnologias/ferramentas mais conhecidas	51
8.2	Medidores de corrente na linha de transmissão	53
8.2.1	TGI Raptor LV2	54
8.2.2	TGI Raptor 3.....	55
8.3	Rede de distribuição ideal contra fraudes e furtos	56
9	CONCLUSAO	60
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Grupos de Consumidores	21
---------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Desconto da tarifa social.....	24
Tabela 2 Desconto da tarifa social para quilombolas e indígenas	24
Tabela 3 Perdas não técnicas de energia elétrica	31
Tabela 4 Classe de exatidão de medidores de energia.....	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Consumo de energia elétrica em BT (MWh)	28
Gráfico 2 Perdas não técnicas de energia em MWh.....	29
Gráfico 3 Perdas não técnicas em baixa tensão (BT).....	30
Gráfico 4 Relação entre mercado BT, perdas não técnicas (NT) e perdas não técnicas de baixa tensão (NTBT).....	30
Gráfico 5 Parque de medidores eletrônicos.....	34

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.....	20
Equação 2.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema básico medidor eletromecânico	36
Figura 2 Diagrama básico de um medidor digital.....	37
Figura 3 Diagrama genérico do circuito transformador de corrente de um medidor digital.....	38
Figura 4 Diagrama genérico de um circuito divisor de tensão de um medidor de energia digital.....	39
Figura 5 Exemplo genérico de ligação de um medidor de energia	41
Figura 6 Furto de energia através de sangria no cabo de alimentação	42
Figura 7 Sangria com contator.....	42
Figura 8 Medidor vandalizado.....	43
Figura 9 Amostra de referência de uma fase desconectada.....	43
Figura 10 Borne de medição interno desconectado.....	44
Figura 11 Fio de amostragem da fase cortado	45
Figura 12 Substituição de componente do circuito do medidor	45
Figura 13 Disco do medidor de energia fraudado.....	46
Figura 14 Ligação genérica de um medidor de energia da forma correta.....	47
Figura 15 Ligação direta da fase	48
Figura 16 Bobina de medição de corrente em curto circuito.....	49
Figura 17 Ligação do neutro e fase invertido.....	50
Figura 18 Cabo concêntrico de 3 polos	52
Figura 19 Caixa de medição centralizada.....	53
Figura 20 TGI Raptor LV2.....	54
Figura 21 TGI Raptor 3.....	55
Figura 22 TGI Raptor 3 aplicado em campo	55
Figura 23 Rede de distribuição ideal contra fraudes e furtos.....	57
Figura 24 Exemplo de instalação dos Raptors no transformador	58
Figura 25 Exemplo de instalação dos Raptors nas caixas de medição	58

LISTA DE SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ASRO – Áreas com severa restrição de operação

AT – Alta tensão

BT – Baixa tensão

CC – Curto circuito

In – Corrente nominal

NT – Não técnica

NTBT – Não técnica de baixa tensão

PNT – Perdas não técnicas

PT – Perdas técnicas

1 INTRODUÇÃO

Medidores de energia elétrica, também conhecidos popularmente como relógio, são equipamentos eletromecânicos ou eletrônicos com a finalidade de medir o consumo de energia, neste caso, o consumo em residências e comércios.

O medidor de energia é um dos principais instrumentos das empresas geradoras e transmissoras de energia, uma vez que os mesmos são responsáveis por toda a tarifação cobrada de seus consumidores. No entanto, é comum algumas ocorrências de fraudes nos mesmos.

Com base nessa informação, será realizado uma análise de causas e efeitos sobre tais atividades, assim como um estudo sobre a possibilidade de desenvolver um dispositivo de segurança que impossibilite tal prática ou que faça a detecção com mais facilidade.

Dentro do estudo será produzido conteúdo para informação da comunidade, com finalidade de conscientização, uma vez que isso gera um grande impacto na sociedade em geral e é “ignorado” por grande parte da população.

O estudo é referente a medidas elétricas no que se diz respeito às técnicas utilizadas para fraudar a mensuração dos medidores, assim como a análise de causas e efeitos e possíveis alternativas de prevenção e detecção das mesmas.

O objetivo do projeto é mostrar didaticamente as possibilidades de fraude, avaliar causas e efeitos e a possibilidade de propor um sistema de prevenção e detecção, assim como informar consequências de tais atitudes em uma visão maximizada para a sociedade em geral. O estudo ira se basear na prática mais comum de fraude utilizada na localidade, para que possa ser realizada uma avaliação mais focada sobre o funcionamento do dispositivo de medição e as tratativas possíveis de prevenção de fraudes.

Primeiramente, será necessário o estudo de quais tipos de medidores ainda são empregados atualmente assim como o funcionamento específico de cada um, será também realizado um estudo de causas e efeitos.

Esse estudo será realizado em através de bibliografias já publicadas, tanto quanto ao funcionamento quanto as fraudes que são realizadas, para que possamos ter uma fonte confiável de informações. Para a finalização do projeto, será realizada

uma pesquisa através de conhecimentos técnicos acadêmicos e profissionais de possíveis tratativas e tecnologias de prevenção de fraudes em medidores

2 FURTO E FRAUDE

Os tipos de condutas, quais sejam as tentativas de burlar o sistema de tarifação, são considerados ilícitos além de imorais, tipificadas inclusive Código Penal Brasileiro.

2.1 Furto

Furto é o ato de pegar um bem pertencente a pessoa alheia, podendo esse bem ser inclusive imaterial como a energia elétrica, assim como disposto no artigo 155 do Código Penal.

Art. 155 - Subtrair, para si ou para outrem, coisa alheia móvel:

Pena - reclusão, de um a quatro anos, e multa.

§ 1º - A pena aumenta-se de um terço, se o crime é praticado durante o repouso noturno.

§ 2º - Se o criminoso é primário, e é de pequeno valor a coisa furtada, o juiz pode substituir a pena de reclusão pela de detenção, diminuí-la de um a dois terços, ou aplicar somente a pena de multa.

§ 3º - Equipara-se à coisa móvel a energia elétrica ou qualquer outra que tenha valor econômico. (grifo meu) (BRASIL, 1940)

2.2 Furto Qualificado

Ainda continuando nos artigos seguintes, o Código penal elenca em seu art. 155, parágrafo quarto a possibilidade de se qualificar, ou seja, aumentar a pena, quando o furto de energia for feito mediante fraude.

§ 4º - A pena é de reclusão de dois a oito anos, e multa, se o crime é cometido:

I - Com destruição ou rompimento de obstáculo à subtração da coisa;

II - Com abuso de confiança, **ou mediante fraude**, escalada ou destreza;

III - com emprego de chave falsa;

IV - Mediante concurso de duas ou mais pessoas. (grifo meu) (Brasil, 1940)

2.3 Fraude

Posteriormente o Código Penal elenca o que venha a ser cometer um ato mediante fraude em seu artigo 171.

Art. 171 - Obter, para si ou para outrem, vantagem ilícita, em prejuízo alheio, induzindo ou mantendo alguém em erro, mediante artifício, ardil, ou qualquer outro meio fraudulento. (Brasil, 1940)

3 TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELETRICA

A energia elétrica é um elemento indispensável em nossas vidas. Sua inserção em nosso cotidiano passa de uma forma tão natural que, durante muitos anos a real necessidade de conhecê-la passou despercebida por grande parte da população que apenas gozam de seu benefício. (RIBEIRO, 2010)

A energia elétrica é a capacidade de trabalho de uma corrente elétrica. Como toda energia, ela é a propriedade de um sistema elétrico que permite a realização de trabalho.

Por sua vez, a corrente elétrica é o movimento ordenado dos elétrons em um condutor. Se um condutor elétrico é ligado aos polos do gerador os elétrons livres do condutor se movimentam ordenadamente do polo negativo para o polo positivo, esse movimento ordenado dos elétrons é denominado corrente elétrica. Para que haja a corrente elétrica é necessário que haja uma diferença de potencial entre os terminais dos condutores, ou seja, mais elétrons livres em um lado do que em outro.

Uma vez que temos tensão e corrente elétrica, temos também a capacidade dos elétrons em movimentos realizarem algum tipo de trabalho, esse trabalho, proveniente da energia elétrica, é chamado de Potência e é ela que usamos para medir o consumo de energia.

Com o passar do tempo e em face ao crescimento populacional urbano a preocupação com a escassez de energia e a busca por alternativas mais econômicas para muitas aplicações tornam-se presentes, com a implantação e aprimoramento de tecnologias voltadas para geração, transmissão, distribuição e tarifação de energia elétrica. (RIBEIRO; 2010)

Porém, apesar de tantos esforços para o aprimoramento de todo o sistema elétrico, ainda é um “bem consumível” de alto valor, e isso faz com que a busca por conhecimento e tecnologias para burlar o sistema de tarifação também cresça.

A tarifação da energia elétrica é feita pela soma de toda potência utilizada pelo contratante do serviço no período estipulado no contrato (normalmente no período de um mês). A potência medida, em kilowatt (kW), é multiplicada pelo tempo que essa potência foi consumida, normalmente dada em horas (h), obtendo assim consumo mensal em kilowatt hora (kWh)

Para se obter a potência em kilowatt é necessário a medição de dois componentes da eletricidade, a tensão e a corrente. Onde, segundo a lei de Ohms, a potência (P) é resultado de um produto entre a tensão (V) e a corrente (I) que “passam” pelo condutor. Assim medimos a potência de cada fase do sistema.

Equação 1

$$P = V \times I \quad (1)$$

O princípio da tarifação pelo custo do serviço generalizou-se a partir da experiência norte-americana iniciada no final do século passado, com a regulação de monopólios privados de serviços públicos. Ou seja, as empresas geradoras e distribuidoras de energia passaram a ter um método para a cobrança desses consumos (PIRES, PICCININI, 1998).

De acordo com o regime tarifário pelo custo do serviço, para evitarmos que os preços fiquem abaixo dos custos, devemos obter o preço final ao consumidor pela igualdade entre a receita bruta e a receita requerida, para remunerar todos os custos de produção incluindo-se a taxa de remuneração da concessionária, por isso entram também os custos das perdas (PIRES; PICCININI, 1998), como será explicado nos tópicos 7 e 8.

Para a adoção de estratégias para a otimização do uso de energia elétrica faz-se necessário o perfeito conhecimento da sistemática de tarifação que tem diferentes formas de ser executada de acordo com cada consumidor (COSTA; SILVA, 2002).

A legislação brasileira permite às concessionárias calcular as faturas em função do consumo (kWh), demanda (kW), fator de potência e diferentes tipos tarifas que depende diretamente do tipo de consumidor que são classificados em dois grupos, como vemos abaixo no quadro 1 (COSTA, SILVA, 2002).

Quadro 1 Grupos de Consumidores

Grupo A- Alta tensão	Grupo B – Baixa tensão
A-1 - 230kV ou mais;	B-1 - Residencial;
A-2- 88 a 138 kV;	B-1 – Residencial baixa renda;
A-3 - 69 kV;	B-2 – Rural;
A-3a - 30 a 44 kV;	B-3 – Não residencial nem rural;
A-4 -2,3 a 13,8 kV;	B-4 – Iluminação publica;
A.S. – 2,3 a 13,8 kV (subterrâneo)	

Fonte: COPEL

Em nossa pesquisa levaremos em conta apenas os consumidores de baixa tensão (Grupo B), onde existe a maior ocorrência de fraudes nos medidores de energia elétrica

3.1 Diferentes tipos de bandeiras tarifárias

Como o nosso estudo é voltado para as fraudes em medidores dos consumidores do grupo B, também será estudada as opções de tarifação que o mesmo grupo tem disponível para com a concessionária.

Os consumidores, na grande maioria, possuem a opção de apenas duas bandeiras tarifárias, alguns que atendem certos critérios também possuem a opção da tarifa social. Com isso, para o grupo B, temos 3 opções de tarifação, sendo elas a tarifa Convencional Monômnia, Tarifa Branca e a Tarifa Social.

3.1.1 Tarifa convencional Monômnia

É preestabelecido um valor fixo, de acordo com os custos de geração e distribuição da concessionária (que é dividido em três cores de bandeiras tarifárias,

verde, amarela e vermelha), e o consumidor paga esse valor estabelecido por cada kWh consumido no período de cobrança (normalmente durante um mês), independente do horário em que essa energia foi utilizada.

As cores referentes às bandeiras tarifárias variam de mês a mês, de acordo com as condições de geração de energia. Como a maior parte da energia elétrica brasileira é proveniente de hidroelétricas, quando as mesmas sofrem com problemas de volume de água em seus reservatórios temos a necessidade de passar a produzir energia elétrica em usinas térmicas as quais elevam o preço da produção de energia e conseqüentemente faz com que haja a variação da bandeira tarifária. A bandeira verde é o melhor cenário possível, sendo assim é a tarifa de energia mais barata, a bandeira tarifária amarela acrescenta aproximadamente R\$0,013 centavos a cada kilowatt hora consumidos e a bandeira tarifária vermelha acrescenta aproximadamente R\$0,041 centavos.

Pela concessionária de distribuição Light, em abril de 2020, o valor cobrado (com impostos) por kWh de acordo com cada bandeira tarifária verde é de R\$ 1,00, sendo considerada uma das tarifas mais caras no Brasil.

3.1.2 Tarifa Branca

É feita a tarifação de acordo com a quantidade de energia utilizada pelo consumidor e também é levado em consideração o período do dia em que essa energia foi consumida. Nos dias úteis temos três valores de tarifas, de Ponta, Intermediário e Fora de Ponta, sendo assim:

- Horário de ponta: é o horário onde a tarifa é mais elevada, pela concessionária Light, esse horário vai de 17h30 as 20h30 e o valor cobrado por kilowatt hora com imposto é de aproximadamente R\$ 1,828.
- Horário intermediário: é o horário em que a energia não é a mais cara, porém ainda tem um valor mais elevado do que a tarifa cobrada com a tarifação convencional Monômnia. O horário do período intermediário vai de 20h30 a 22h30 e o valor cobrado por kilowatt hora é de R\$ 1,218.

- Horário fora de ponta: é o horário onde a energia elétrica é mais barata do que o valor da tarifa convencional. O valor horário da tarifa fora de ponta vai de 22h30 a 17h30 e o valor cobrado por kilowatt hora com impostos é de aproximadamente R\$ 0,882.

A tarifa branca NÃO está disponível para os consumidores da subclasse residencial baixa renda que recebem benefício tarifário (ANEEL, 2016).

3.1.3 Tarifa Social

A tarifa social é uma tarifa “especial” apenas para pessoas de baixa renda. Tem acesso à tarifa social aquelas famílias inscritas no Cadastro Único para programas sociais do Governo Federal com renda per capita menor ou igual a meio salário mínimo, idosos com 65 anos ou mais, ou pessoas com deficiência que recebam o benefício de Prestação Continuada da assistência social, também tem direito a família inscrita no Cadastro Único com renda mensal de até três salários mínimos, que tenha algum portador de doença ou deficiência (física, motora, auditiva, visual, intelectual e múltipla) cujo tratamento, procedimento médico ou terapêutico requeira o uso continuado de aparelhos, equipamentos ou instrumentos que, para o seu funcionamento, demandem consumo de energia elétrica (ANEEL, 2016).

A tabela 1 mostra como funciona a tarifa social para quem é inscrito no programa, a mesma fornece descontos no valor final da conta de luz, de acordo com a precificação da tarifa convencional monômnia.

Tabela 1 Desconto da tarifa social

Parcela de consumo mensal de energia elétrica	Desconto
De 0 a 30kWh	65%
De 31 a 100kWh	40%
De 101 a 220kWh	10%
A partir de 221kWh	0%

Fonte: ANEEL com adaptações

A tabela 2 mostra o desconto fornecido para famílias indígenas ou quilombolas inscritos no Cadastro Único que atendam aos requisitos.

Tabela 2 Desconto da tarifa social para quilombolas e indígenas

Parcela de consumo mensal de energia elétrica	Desconto
De 0 a 50kWh	100%
De 51 a 100kWh	40%
De 101 a 220kWh	10%
A partir de 221kWh	0%

Fonte: ANEEL com adaptações

4 PERDAS

Por definição, perda é tudo aquilo que deixamos de possuir, o que através dos fenômenos físicos, se torna natural na distribuição e geração de energia.

Perdas na rede de distribuição são aquelas que ocorrem dentro do próprio sistema de distribuição (antes de chegar ao consumidor final) e podem ser divididas em duas categorias (perdas técnicas e perdas não técnicas), conforme sua causa. (ANEEL, 2008).

Nesse trabalho iremos enfatizar as perdas não técnicas provenientes de furtos e fraudes em medidores de energia, e para isso serão utilizados dados da concessionária Light, que é uma das que mais sofre com perdas não técnicas em sua área de distribuição.

Mas antes se faz necessário uma breve conceituação dos tipos de perdas elétricas e suas modalidades.

4.1 Perdas Técnicas

Inerentes ao transporte da energia elétrica na rede, relacionadas à transformação de energia elétrica em energia térmica nos condutores (efeito joule), perdas nos núcleos dos transformadores, perdas dielétricas, etc. Podem ser entendidas como o consumo dos equipamentos presentes e responsáveis pela geração e distribuição da energia (ANEEL, 2008).

4.2 Perdas não técnicas

Correspondem à diferença entre as perdas totais e as perdas técnicas, ou seja, a diferença entre o que chega ao consumidor final, o que é gerado e o que é consumido pelos equipamentos responsáveis pela geração e transmissão,

considerando, portanto, todas as demais perdas associadas à distribuição de energia elétrica, tais como furtos e fraudes de energia, erros de medição, erros no processo de faturamento, unidades consumidoras sem equipamento de medição etc. Esse tipo de perda está diretamente associado à gestão comercial da distribuidora. (ANEEL, 2008).

4.2.1 Fraude de energia

Fraude de energia elétrica é quando o consumidor tenta enganar a empresa. Uma maneira de fazer isso é adulterar o medidor com o intuito do mesmo apresentar uma medição abaixo do patamar consumido ou não apresentar medição alguma. (CRUZ; RAMOS, 2015).

4.2.2 Furto de energia

O furto de energia ocorre quando o consumidor desvia energia propriamente dita. Uma das maneiras é utilizar uma ligação que leve a energia para casa sem passar pelo medidor (através de condutores paralelos que levam energia através de um caminho sem custos até o consumidor final). Reduzindo assim o custo mensal da conta de energia elétrica (CRUZ; RAMOS, 2015).

4.2.3 Ligações clandestinas

Ligação clandestina trata-se de ligação que não é reconhecida pela concessionária. Um indivíduo pode não ter medição em sua casa por diversos motivos, entre eles, pode ocorrer o caso do domicílio não ter atendido às normas

técnicas ou até mesmo o caso em que na região onde mora não há rede elétrica próxima. Então, para não ficar sem energia, este faz uma ligação ilegal até a sua casa, o que sai mais barato do que a concessionária fazendo, pois ele não se preocupa com os padrões e com a segurança das instalações, um exemplo disso são as ligações que vemos nas favelas do rio de janeiro, onde não existe nenhum tipo de dado ou mapeamento dos consumidores (CRUZ; RAMOS, 2015).

4.2.4 Faturamento Incorreto

O faturamento incorreto caracteriza-se pelo fato do consumidor induzir o funcionário da empresa distribuidora de energia que realiza a leitura dos medidores a se corromper, fazendo uma leitura equivocada da medição com o intuito de reduzir o consumo faturado, um faturamento incorreto (CRUZ; RAMOS, 2015).

5 IMPACTO DAS PERDAS NÃO TÉCNICAS

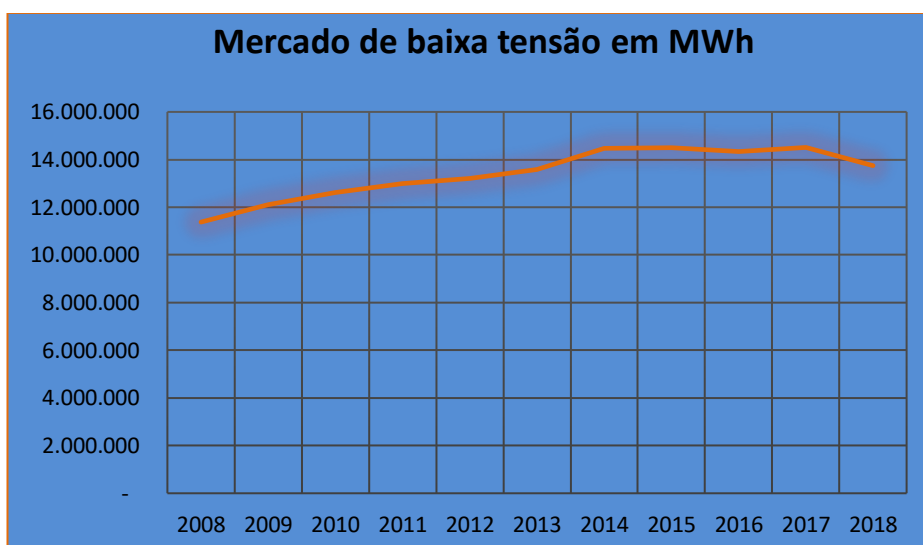
A tarifa de energia elétrica no Brasil é mais cara do que a tarifa de países como Reino Unido, Espanha, França, Suécia e Estados Unidos, cuja maior parte da geração de energia não é como as do Brasil, que é hidráulica (CRUZ; RAMOS, 2015). Ou seja, temos uma fonte de energia mais barata do que a de outros países citados acima, porém pagamos mais caro.

Uma justificativa para isso é a alta carga tributária brasileira onde se tem tributos federais, estaduais e municipais que aumentam ainda mais o valor cobrado pela energia consumida (ANEEL, 2016).

Aumentos exagerados da tarifa de energia levam consumidores a prática de fraudes e furtos de energia elétrica e que por sua vez acarreta novamente em um aumento da tarifa cobrada pelas concessionárias, gerando um efeito dominó (CRUZ; RAMOS, 2015).

Além do mais, atualmente grande parte de nossos utensílios são, de alguma forma, movidos à energia elétrica, e é uma época onde o custo da utilização dela está bem elevado, o que leva aos consumidores a prática do furto de energia e/ou fraude dos medidores. O gráfico 1 mostra em MWh, o comportamento do consumo de energia no mercado de baixa tensão (BT) de 2008 a 2018 na área administrada pela concessionária Light.

Gráfico 1 Consumo de energia elétrica em BT (MWh)

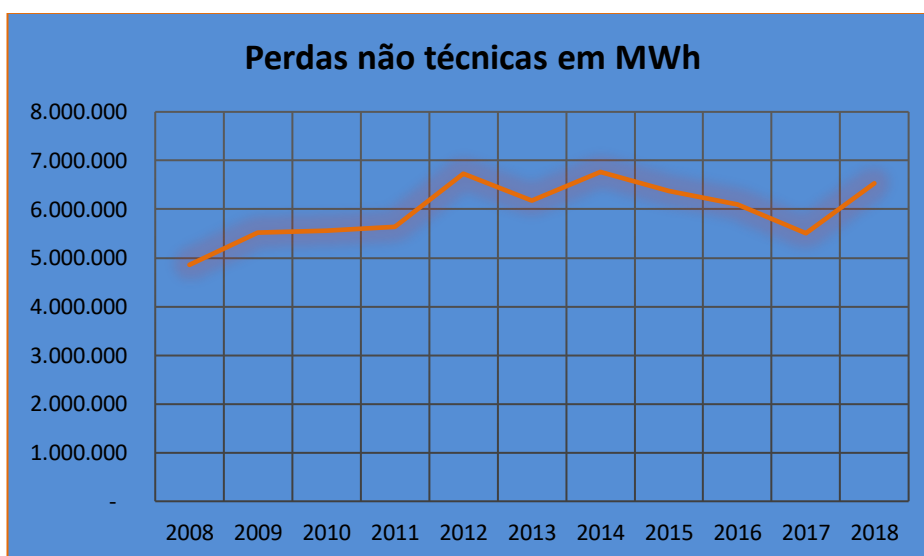


Fonte: ANEEL com adaptações do autor

Como podemos observar o gráfico 1, até o ano de 2014 o consumo de energia elétrica no mercado de baixa tensão veio em uma constante ascensão e se estabilizou de 2014 em diante.

O gráfico 2 mostra, no mesmo período, a relação de perdas não técnicas na distribuição de energia na área da concessionária Light, em seu todo.

Gráfico 2 Perdas não técnicas de energia em MWh

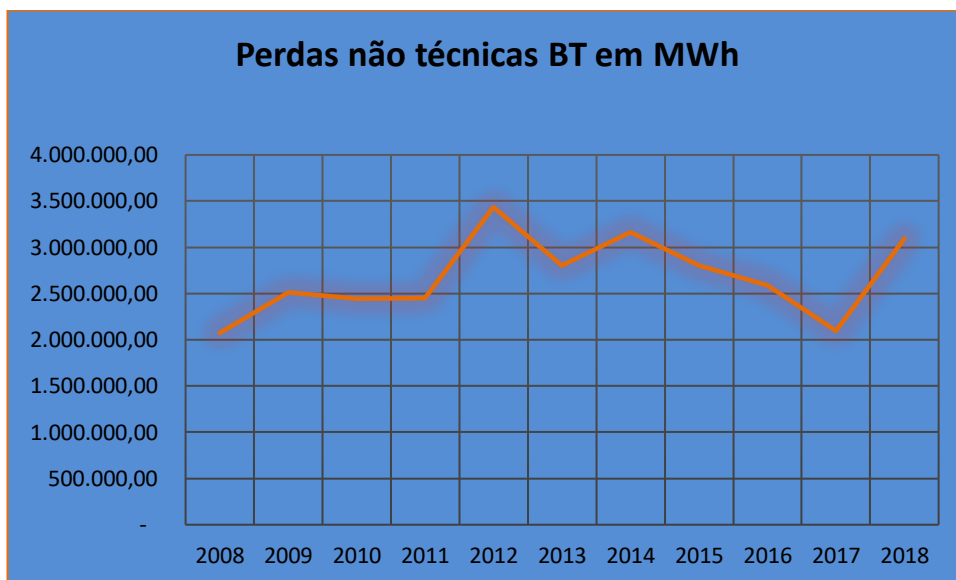


Fonte: ANEEL com adaptações do autor

Como podemos observar no gráfico 2 as perdas não técnicas, apesar de esforços da concessionária, é algo que se mantém presente e de certa forma em crescimento em sua área de concessão.

O gráfico 3 se refere aos dados de perdas não técnicas de energia em baixa tensão, o grupo em que iremos focar nesse trabalho.

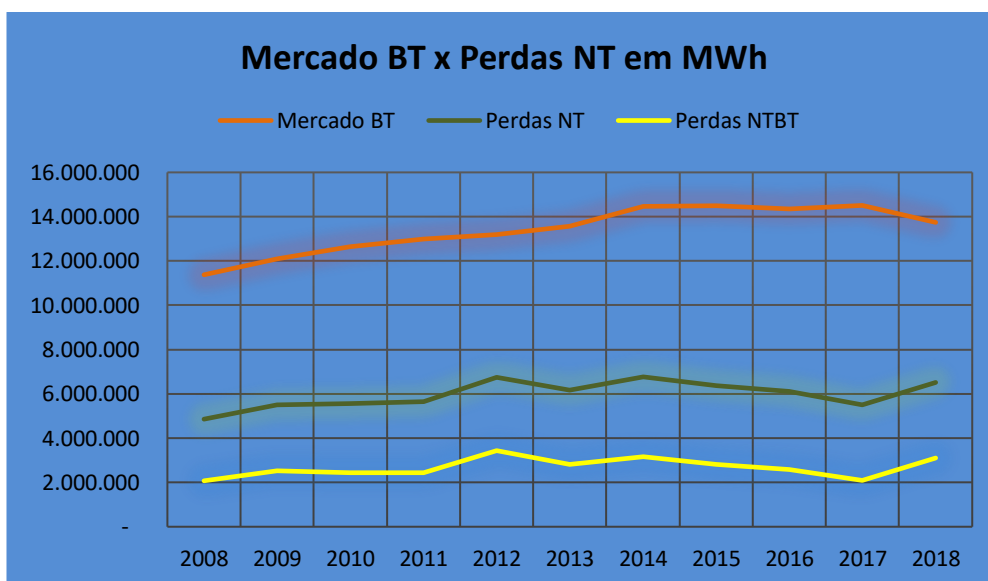
Gráfico 3 Perdas não técnicas em baixa tensão (BT)



Fonte: ANEEL com adaptações do autor

O gráfico 4 mostra a relação entre a energia consumida em baixa tensão, perdas não técnicas da concessionária e as perdas não técnicas de baixa tensão no mesmo período.

Gráfico 4 Relação entre mercado BT, perdas não técnicas (NT) e perdas não técnicas de baixa tensão (NTBT).



Fonte: ANEEL com adaptações do autor

Como pode ser observado no gráfico 4 as perdas não técnicas de energia, de uma forma geral, representam quase que 50% da energia consumida pelo mercado de baixa tensão, e cerca de 50% dessas perdas se dá por fraudes e furtos de energia dos consumidores de baixa tensão, o qual, no ano de 2018, correspondeu ao número de 3.097.684 GWh.

“As perdas e a inadimplência são recuperadas, em parte, pelas distribuidoras, o que repercute em aumento imposto para tarifas a todos os consumidores” (ANEEL, 2008).

O repasse monetário das perdas não técnicas é feito através do reconhecimento pelo regulador da dificuldade do Poder Público em minimizar os problemas socioeconômicos que afetam diretamente esse índice, ou seja, a ANEEL autoriza o repasse de parte do prejuízo dessas perdas não técnicas com o intuito de preservar a operabilidade financeira das empresas que prestam o serviço de distribuição de energia. Ocasionalmente com isso o aumento do valor das tarifas pagas pelo consumidor. O maior transtorno com tudo isso é que os bons pagadores financiam as operações fraudulentas que ocorrem na rede de transmissão e distribuição de energia (CASTRO et al, 2019).

Um fator que dificulta ainda mais, se tratando da concessionária Light é o fator de onde se encontra grande parte das perdas não técnicas de seu fornecimento. Para entendermos melhor, tomaremos o ano de 2016 como exemplo do que ocorre em sua área de concessão. A tabela 3 mostra a relação (em porcentagem) das perdas não técnicas pela energia total fornecida pela concessionária Light no ano de 2016, sendo ASRO - Áreas com severa restrição a operação (como favelas e áreas correlatas).

Tabela 3 Perdas não técnicas de energia elétrica

Perdas totais	ASROs	Não ASROs
36,5%	76,3%	23,7%

Fonte: Light 2019

Como grande parte das perdas de energia são provenientes de locais onde ocorre a ausência da presença do Estado, ou seja, são áreas dominadas por milícia ou facções criminosas (ASROs), as concessionárias não possuem capacidade de

realizar o combate da fraude ou do furto de energia. Como o intuito desse trabalho NÃO é o debate sobre ações políticas ou estratégias para a inserção do estado em tais localidades e sim formas de prevenção de furtos de energia em medidores supostamente “legalizados” (em áreas não ASROs), trataremos apenas das perdas não técnicas referentes a estes dispositivos, o que ainda engloba 23,7% das perdas não técnicas do ano de 2016.

5.1 Precificação de energia

Estimasse que a energia elétrica no Brasil seria cerca de 5% mais baixa se não fosse necessário o repasse das perdas não técnicas para os consumidores finais.

Porém não é apenas isso que devemos levar em conta, uma vez que a oferta \times demanda também é um fator muito importante quando falamos em tarifação de energia.

Um consumidor fraudulento consome de forma livre e sem controle a energia elétrica, uma vez que não há razão para a economia, o que de pouco em pouco eleva de forma significativa a demanda da energia elétrica consumida no país e coloca em “risco” a oferta de energia elétrica disponível para ser comercializada. Fontes alternativas de energia para suprir essa demanda tem um custo de funcionamento mais elevado, o que afeta diretamente no valor das tarifas de energia.

6 DISPOSITIVOS DE TARIFAÇÃO

Dispositivos de tarifação são dispositivos responsáveis por fazerem a medição de consumo de energia elétrica em KWh, que nada mais é do que energia consumida vezes tempo em hora.

Independentemente do modelo ou tecnologia utilizada na medição de energia é de responsabilidade da concessionária de distribuição de energia instalar equipamentos de sua escolha de acordo com a legislação.

Com o objetivo de padronizar as atividades de distribuição de energia elétrica no Brasil, a ANEEL criou o PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional), (ANEEL, 2016). São abordados os sistemas de medição, que tem por objetivo estabelecer os requisitos mínimos para a medição de grandezas elétricas associadas ao faturamento de energia, (ANEEL, 2016).

Para faturamento, é necessária a medição do montante de energia consumida para todos os consumidores, sendo a medição de potência reativa opcional para o Grupo B, utilizando medidores eletromecânicos, e podendo também ser empregados medidores eletrônicos para aplicação em baixa tensão (LEMOS, 2017). (Grifo meu)

Os equipamentos utilizados para medição de energia devem seguir a regulamentação metrológica do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), que possui norma específica para os medidores eletrônicos. Segundo a portaria nº 587 do INMETRO (INMETRO, 2012), os medidores de energia devem ser classificados de acordo com sua classe de exatidão, como mostra a tabela 4, (LEMOS, 2017).

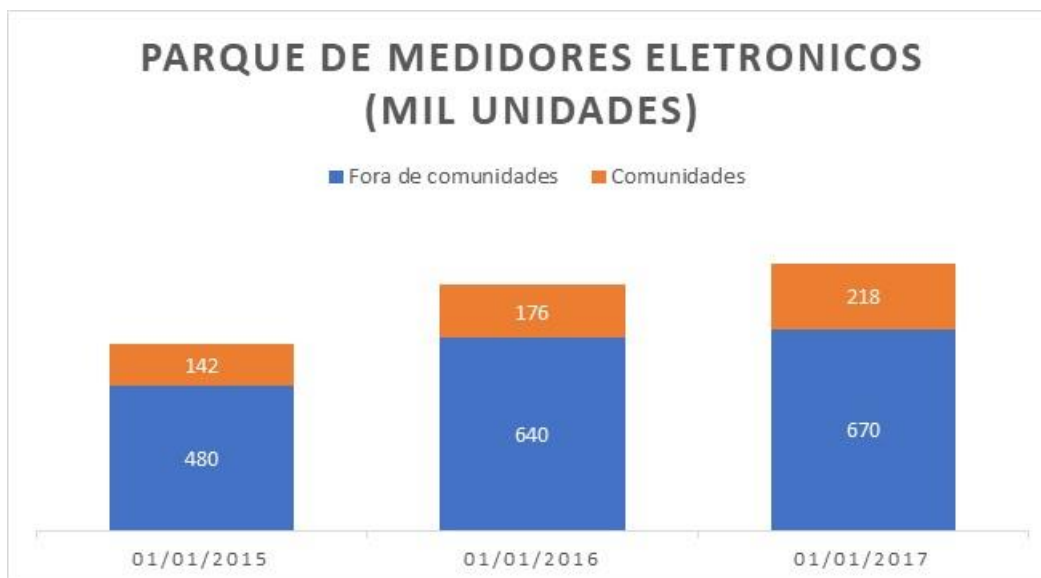
Tabela 4 Classe de exatidão de medidores de energia.

% In	cos φ	Limites de erro percentuais para medidores com índice de classe			
		D	C	B	A
10	1	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
100	1	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
100	0,5 ind	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
100	0,8 cap	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$

Fonte: INMETRO, 2012

Atualmente as concessionárias têm adotado, para redução de perdas não técnicas, a otimização das ações convencionais de inspeção e regularização de sistemas de medição centralizados ou medidores eletrônicos. Como mostra o gráfico 5, o crescimento do número de medidores eletrônicos (dos consumidores atendidos pela Light) de 2014 a 2016, (CASTRO et al, 2019).

Gráfico 5 Parque de medidores eletrônicos



Fonte: Light 2017

Como podemos observar, esse grande aumento de medidores eletrônicos vem pelo fato de otimizar e melhorar a confiabilidade dos dados adquiridos pela concessionária e dificultar fraudes ou furtos de energia elétrica.

6.1 Medidores de energia eletromecânicos

O medidor de energia eletromecânico já está ficando obsoleto, apesar de ainda existir alguns consumidores do grupo B com esses dispositivos instalados para a tarifação do seu consumo de energia.

Seu princípio de funcionamento se dá através de um campo elétrico que é gerado pelas bobinas presentes no mesmo, como as bobinas de um estator de um motor. Essas bobinas quando percorridas por uma corrente elétrica formam um campo elétrico que impulsionam um disco metálico presente dentro do medidor, como se fosse rotor de um motor de indução. Esse fenômeno é baseado no princípio da indução eletromagnética, que afirma que quando um condutor é percorrido por uma corrente I , na presença de um campo magnético B fica submetido a uma força cujo sentido é dado através da regra da mão direita e o seu módulo através da fórmula:

Equação 2

$$F = B \times I \times L \times \text{sen}\alpha \quad (2)$$

Sendo L o comprimento do condutor sobre a ação do campo e o ângulo " α " é o ângulo compreendido entre o vetor do campo magnético e a direção do vetor \vec{IL} .

O Disco rotador é acoplado a um conjunto mecânico de engrenagens com uma relação pré-determinada que contabiliza o consumo de energia elétrica em KWh através de um registrador. A figura 1 mostra um exemplo de ligação entre o disco e as bobinas, um esquema básico de montagem (para um medidor monofásico).

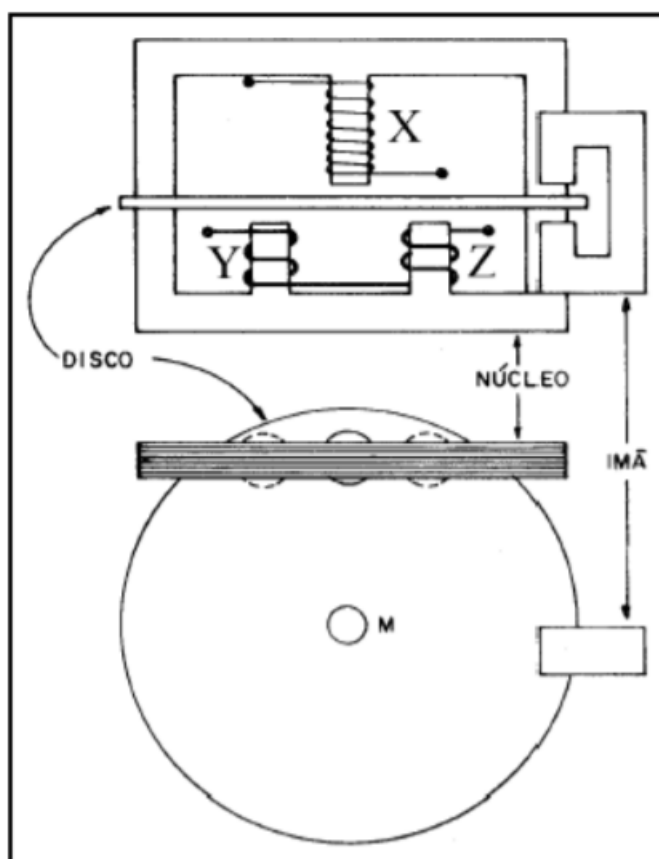


Figura 1 Esquema básico medidor eletromecânico

Fonte: MÍNGUEZ, Augustin. Medidores de energia ativa: funcionamento, práticas usuais, principais ensaios e fraudes mais comuns. 2007.

Onde X representa a bobina de potencial e Y e Z representa a bobina de corrente o que compõe como seria um estator em um motor de indução.

Como pode ser observado as bobinas tem um papel de suma importância na medição da energia elétrica e é uma peça chave para nosso estudo.

6.2 Medidores de energia digitais

Existem muitos tipos de medidores de energia digital com diferentes circuitos integrados realizando a função da medição, porém os princípios de funcionamento de todos os medidores são os mesmos, alguns com algumas atualizações, porém ainda respeitando o mesmo princípio.

A figura 2 mostra um esquema de funcionamento básico de um medidor digital.

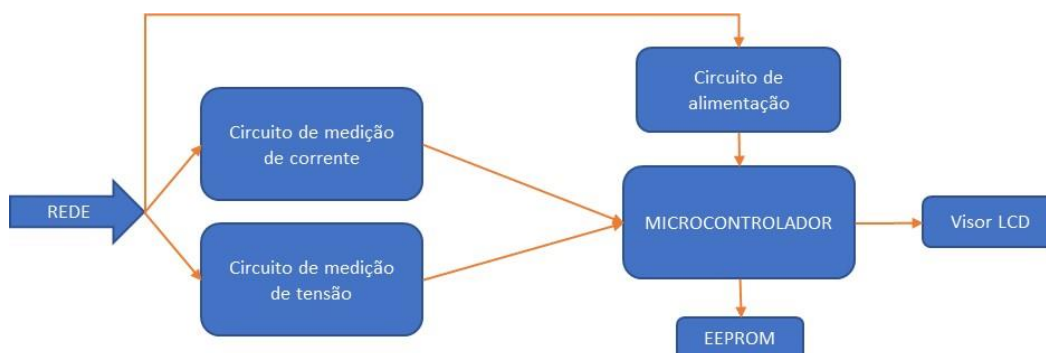


Figura 2 Diagrama básico de um medidor digital

Fonte: Autor

O microcontrolador possui uma fonte de alimentação em paralelo com o fornecimento de energia para o consumidor e o mesmo é responsável pela aquisição dos dados dos circuitos medidores de tensão e corrente, os dados obtidos pelo medidor são gravados na memória EEPROM e são mostrados no display LCD que fica visível para o funcionário da concessionária fazer a verificação do consumo.

6.2.1 Circuito de medição de corrente

Há várias maneiras de se medir corrente, porém o método de medição utilizado nos dispositivos de tarifação é o transformador de corrente. Esse método é utilizado pelo seu baixo custo de aplicação e por sua grande precisão na medição.

A figura 3 mostra um exemplo genérico de um circuito de medição de corrente, genérico pois cada microcontrolador trabalha de alguma forma específica, com isso após a transformação da corrente existe algum tipo de circuito para parametrizar a mesma de acordo com as características de cada microcontrolador.

Podemos observar também que o circuito de medição de corrente é ligado em série com a carga (existe um circuito medidor de corrente para cada fase utilizada na instalação).

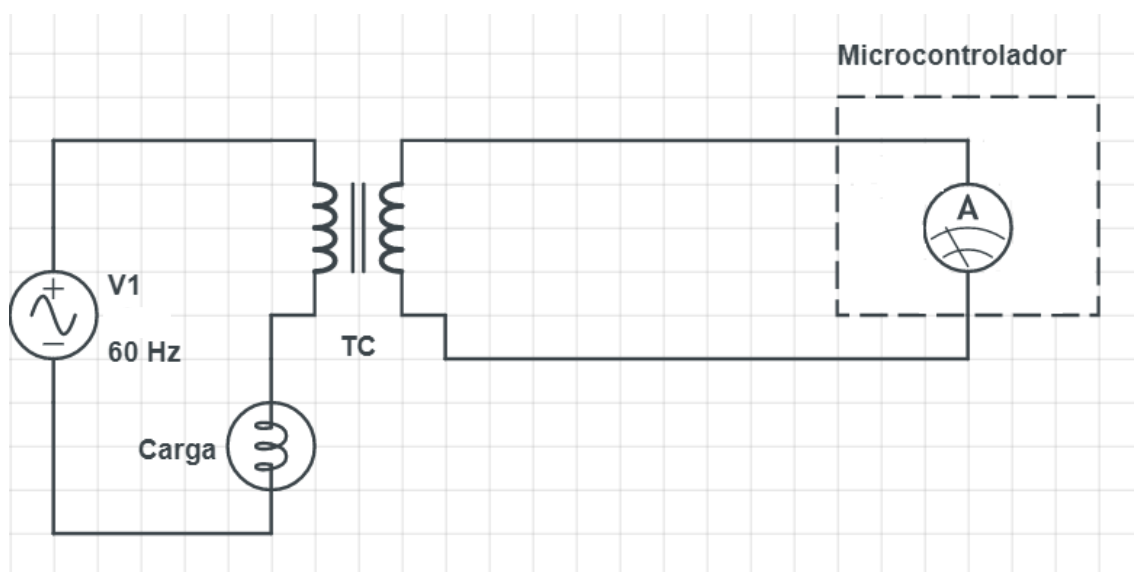


Figura 3 Diagrama genérico do circuito transformador de corrente de um medidor digital

Fonte: Autor

Podemos observar que o circuito de medição de corrente é ligado em série com a carga. Existe um circuito medidor de corrente para cada fase utilizada na instalação.

6.2.2 Circuito de medição de tensão

Existe dois métodos de medição de tensão, um através de um transformador de potencial e outro através de um divisor de tensão, no caso de um medidor para o grupo B, seria inviável trabalhar com um transformador de potencias, sendo assim os medidores funcionam através de um divisor de tensão.

A figura 4 representa um diagrama genérico de como é feito a ligação de um divisor de tensão para os medidores de energia, tendo em vista que o mesmo pode sofrer alterações (principalmente nos valores de R1 e R2 mostrados na figura abaixo) de acordo com o microcontrolador utilizado no projeto para fazer a aferição do consumo de energia elétrica.

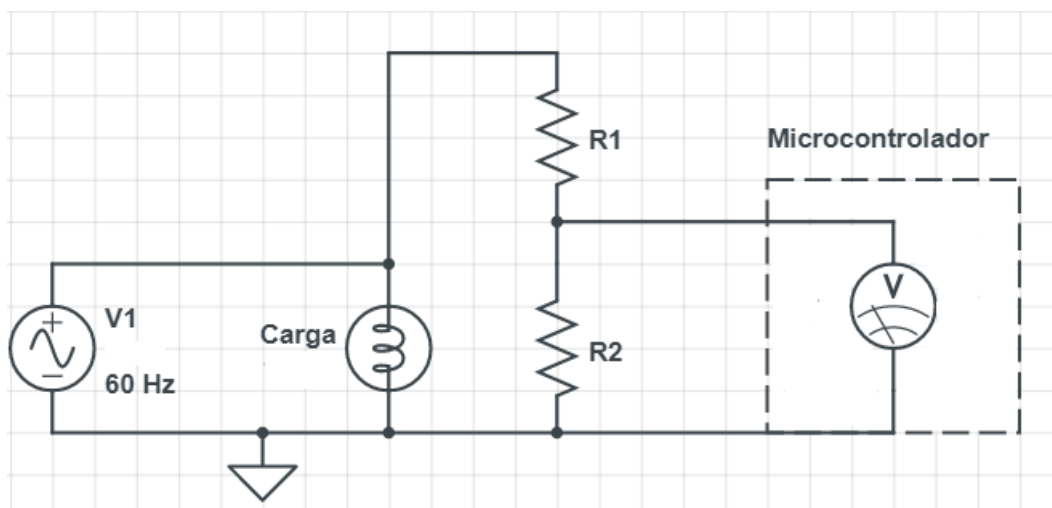


Figura 4 Diagrama genérico de um circuito divisor de tensão de um medidor de energia digital

Fonte: Autor

Podemos observar que o circuito de medição de tensão é ligado em paralelo com o circuito onde é ligada a carga do consumidor. Existe um medidor de tensão para cada fase utilizada pelo consumidor.

7 ESTUDO DE FRAUDES E FURTOS NOS DISPOSITIVOS

O problema das perdas comerciais é combatido em todo o mundo, uma “guerra” que envolve países independentemente de sua riqueza ou cultura. As empresas de eletricidade da Inglaterra têm utilizado várias tecnologias para reduzir o furto de energia, como, por exemplo, a substituição dos tradicionais medidores eletromecânicos por eletrônicos. Também têm sido aplicados medidores pré-pagos, cuja utilização se dá por meio de um cartão de crédito ou de uma chave eletrônica de transferência de crédito. Porém, essa técnica apresentou várias formas de tentativa de fraude, como o uso de cartões falsificados, ou até mesmo a colocação de materiais elétricos no lugar da chave eletrônica (DICK; MACEY, 1999).

Tewari e Shah (2003) analisaram a política de implantação de medidores pré-pagos na África do Sul. Segundo os autores, o sistema traz benefícios para a concessionária, pois reduz o custo de leitura, de postagem das faturas e de corte de energia dos clientes inadimplentes. Para o cliente também é interessante, pois ele tem um maior controle sobre o seu consumo de energia, como também o valor da tarifa é reduzido e não há o transtorno do corte e religação, caso a conta de energia não seja paga. Porém, segundo administradores da empresa, o custo dos medidores pré-pagos ainda é alto e não reduz de forma significativa o furto de energia (CRUZ; RAMOS, 2015).

E aqui no Brasil o cenário não é diferente, apesar de não termos essas políticas de melhoria com medidores pré-pagos, ainda buscamos formas de solucionar as fraudes e furtos nos medidores presentes no sistema brasileiro. Hoje em dia toda nova instalação ou alteração do faturamento de energia é instalado um modelo de medidor de energia digital (como vimos no crescimento de medidores digitais no gráfico 5, representando a área de serviço da concessionária Light), o que aos poucos vão substituindo os modelos eletromecânicos, que por sua vez ainda contam como uma grande parcela dos medidores utilizados na tarifação de energia.

Sendo assim, o principal foco de nossa pesquisa são os estudos sobre as fraudes realizadas nesses tipos de medidores, os eletromecânicos e digitais, que é onde se encontra a maior parte das fraudes e furtos de energia na atualidade.

7.1 Fraudes e furtos mais utilizados

Todas as formas de fraude e furto serão representadas por medidores monofásicos, uma vez que qualquer prática feita em um medidor monofásico pode ser feita da mesma forma em um medidor trifásico, apenas replicando o método utilizado.

Dentre as fraudes e furtos de energia mais utilizados, presente em qualquer equipamento de medição, está a fraude da “sangria”, onde uma ligação clandestina funciona em paralelo com o dispositivo de medição e drena energia da fonte antes de poder ser medido pelo equipamento, é uma das mais utilizadas e também uma das mais difíceis de detecção.

A figura 5 mostra a forma ideal de uma ligação residencial.

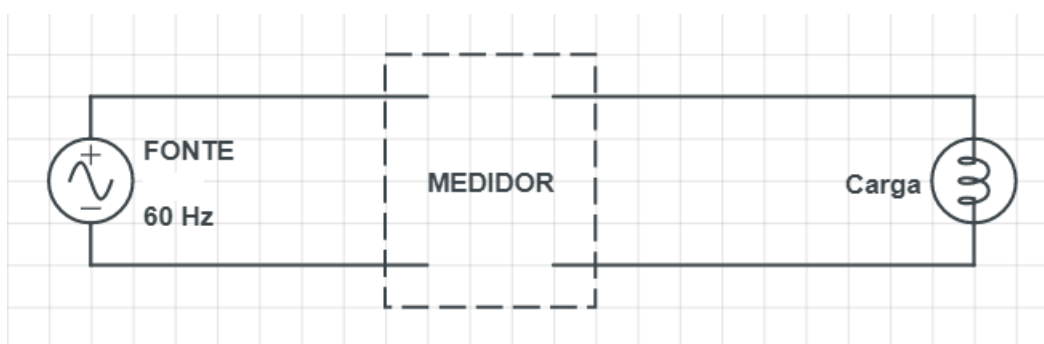


Figura 5 Exemplo genérico de ligação de um medidor de energia

Fonte: Autor

A carga representa todo e qualquer equipamento que exista nas residências após o dispositivo de medição. A figura 6 mostra a ligação, da forma mais básica, feita com a sangria no cabo de alimentação, onde toda e qualquer carga ligada a esse ramal funciona sem qualquer tarifação da energia consumida e a figura 7 representa o mesmo tipo de furto de energia porém com uma “tecnologia” que dificulta a detecção por parte da concessionária, uma vez que o acionamento desse ramal clandestino fica inteiramente dependente do fornecimento de energia do ramal que passa pelo dispositivo de tarifação.

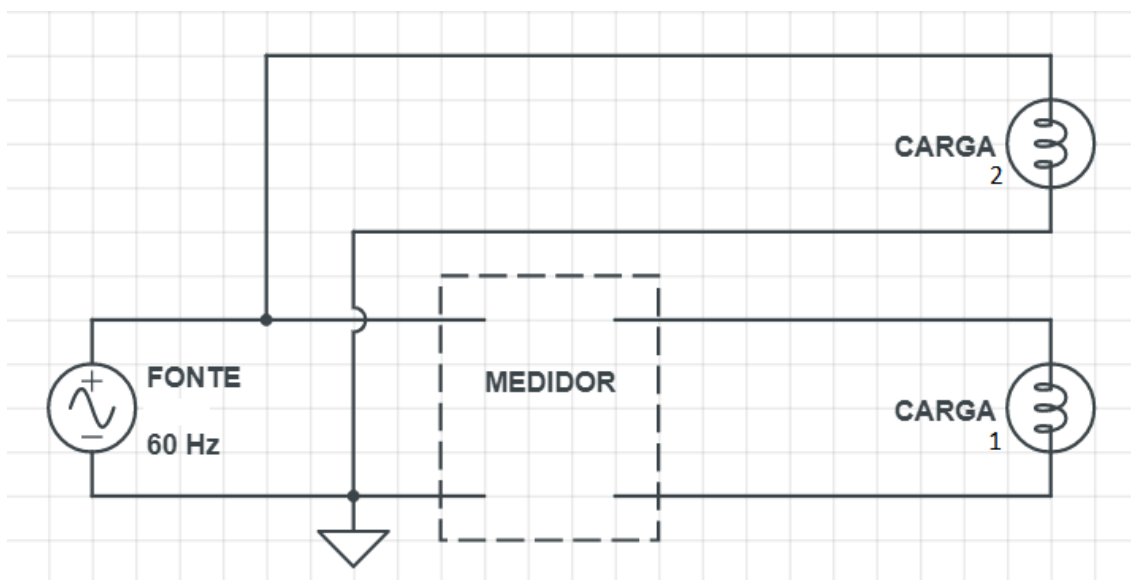


Figura 6 Furto de energia através de sangria no cabo de alimentação

Fonte: Autor

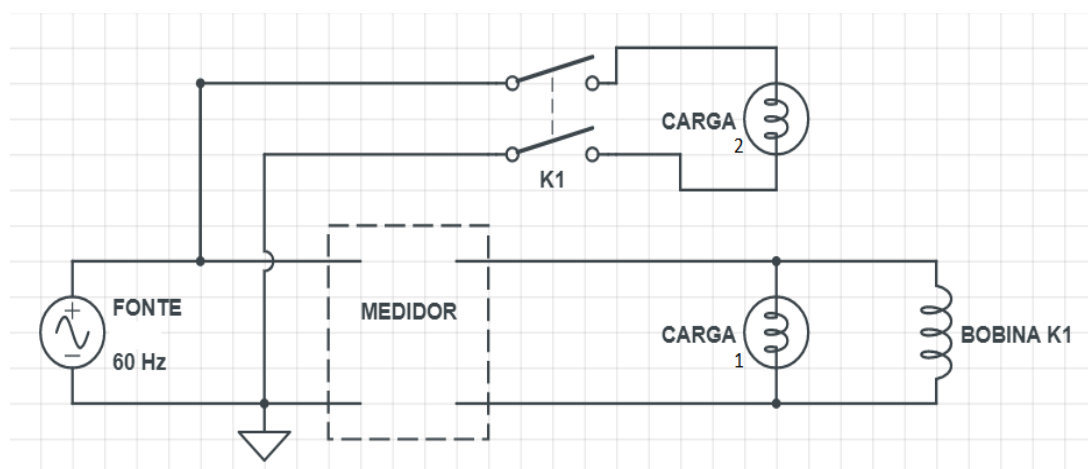


Figura 7 Sangria com contator

Fonte: Autor

Existem também fraudes mecânicas, ou seja, fraudes nos componentes dos medidores. No caso do medidor digital é mais restrito esse tipo de fraude, a única forma possível é a alteração do circuito integrado (microcontrolador) responsável pela aquisição dos dados obtidos pelo divisor de tensão e o transformador de corrente, mas no medidor eletromecânico existem mais possibilidades, como o próprio nome já diz é um medidor eletromecânico e qualquer mudança nos seus padrões de fabricação como a troca de engrenagens, mudança da angulação do disco rotor ou até mesmo a

inserção de algum dispositivo que aumente a resistência de rotação do mesmo já fazem uma grande diferença na medição final do equipamento. As figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13 a seguir mostram alguns exemplos desses tipos de fraudes.



Figura 8 Medidor vandalizado.

Fonte: www.mundodaeletrica.com.br com adaptações do autor

Como pode ser observado, o medidor apresenta um furo na parte de traz de sua carcaça, o que possibilitou o aceso de uma ferramenta e danificou os componentes internos dele, responsáveis pela medição para a tarifação de energia.

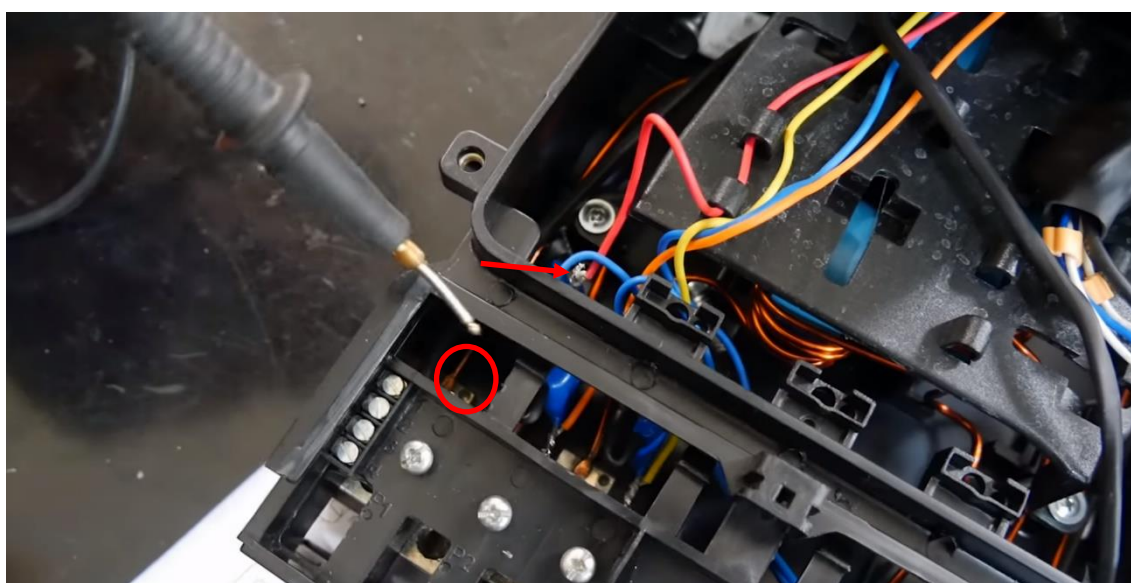


Figura 9 Amostra de referência de uma fase desconectada

Fonte: www.mundodaeletrica.com.br com adaptações do autor

Como mostra a imagem, em uma das fases, o fio de amostragem foi desconectado, deixando essa fase isenta de medição.

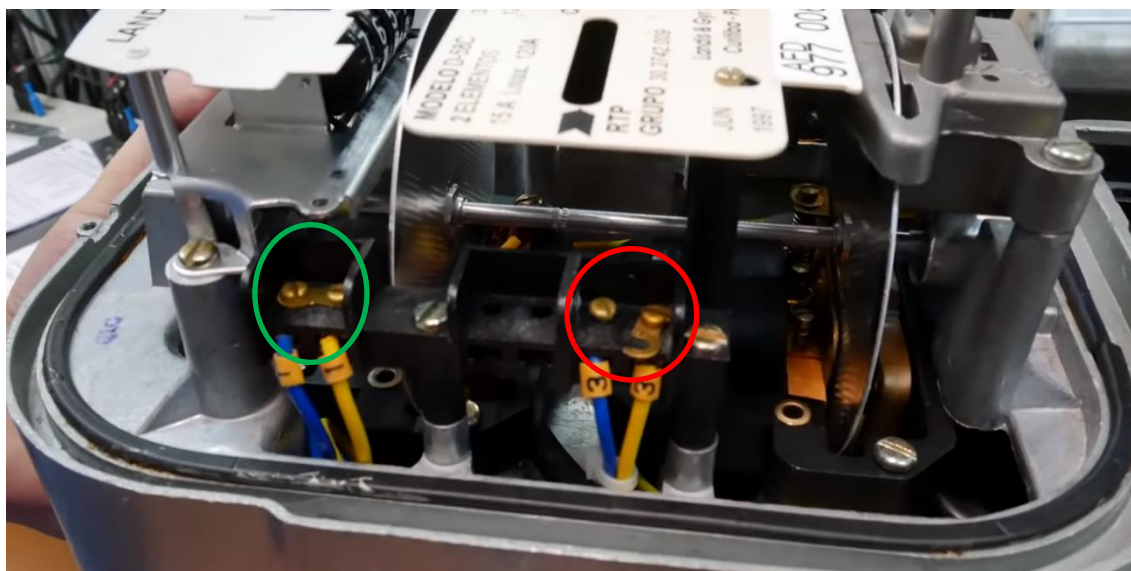


Figura 10 Borne de medição interno desconectado

Fonte: www.mundodaeletrica.com.br com adaptações do autor

Como podemos observar, no círculo verde, o borne está ligado da forma correta, a medição dessa fase está funcionando corretamente. Já o círculo vermelho vemos a ligação fraudulenta, onde foi desconectado a medição de uma das fases do medidor.



Figura 11 Fio de amostragem da fase cortado

Fonte: www.mundodaeletrica.com.br com adaptações do autor

Como podemos analisar, assim como na figura 9, o fio de amostragem de uma fase esta desconectado do circuito de medição.

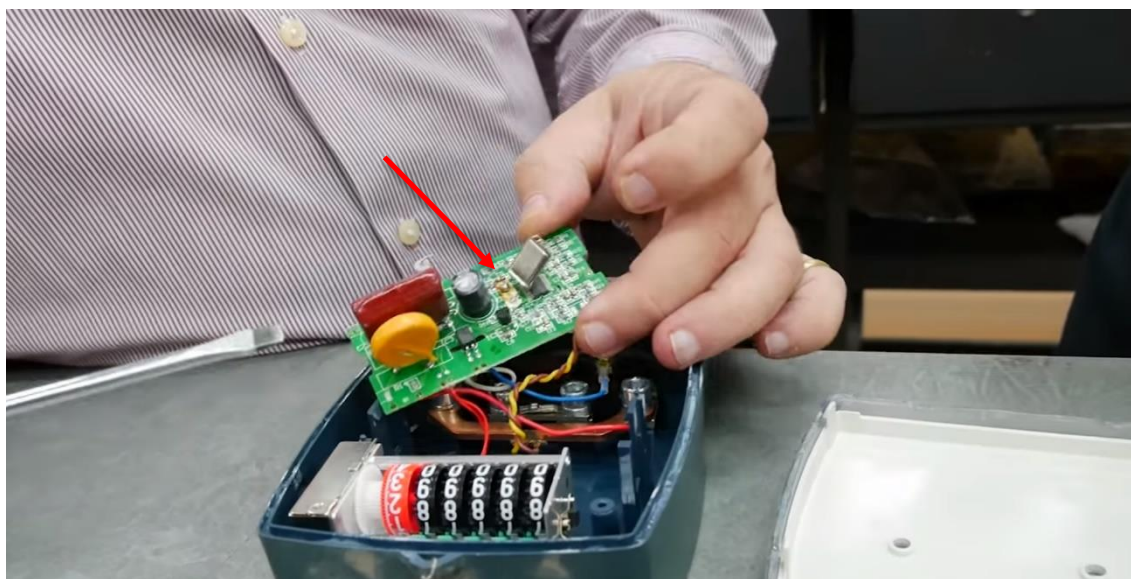


Figura 12 Substituição de componente do circuito do medidor

Fonte: www.mundodaeletrica.com.br com adaptações do autor

Na figura 12 é possível observar a mudança de um dos componentes no medidor para alterar o funcionamento do microcontrolador responsável pela medição do consumo de energia.

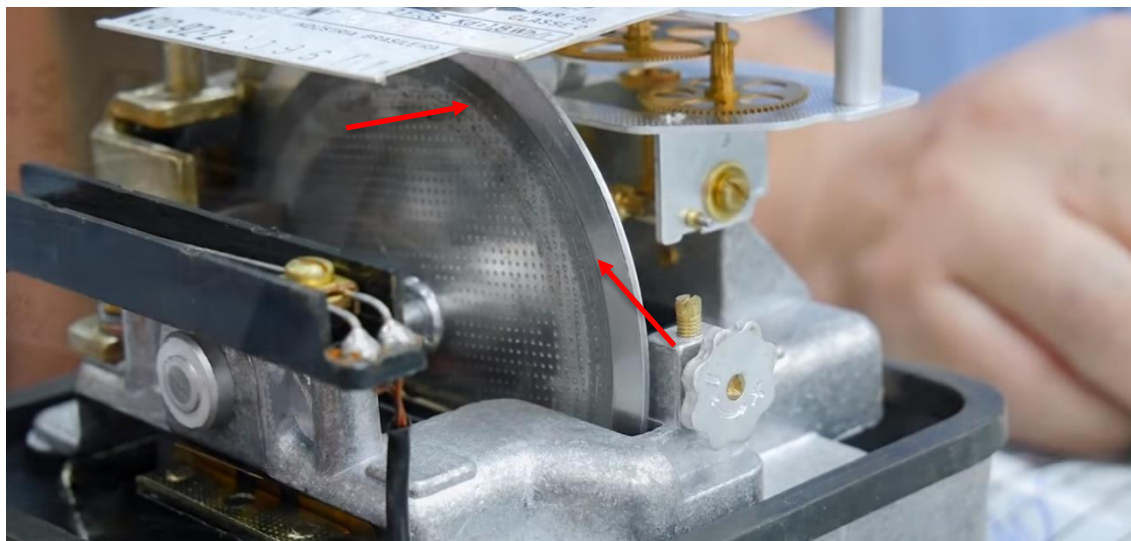


Figura 13 Disco do medidor de energia fraudado

Fonte: www.mundodaeletrica.com.br com adaptações do autor

Como pode ser observado na figura 13, o disco rotor do relógio está com diversas ranhuras na parte de baixo, algo anormal para o seu funcionamento padrão. Isso ocorreu pois houve uma alteração nas partes mecânicas dele, com o que fez com que o mesmo sofresse atrito ao girar reduzindo assim a marcação total de energia consumida.

Um outro tipo de fraude são as fraudes feitas nos ramais de ligação dos relógios medidores. A figura 14 representa a ligação de um medidor monofásico da forma correta.

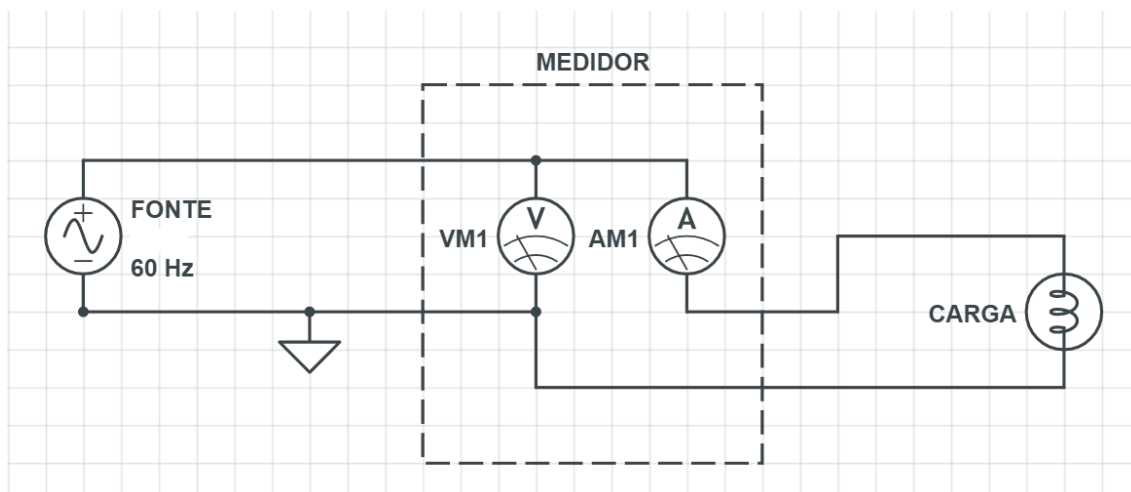


Figura 14 Ligação genérica de um medidor de energia da forma correta

Fonte: Autor

Onde VM1 representa a bobina (no caso do medidor eletromecânico) e o circuito divisor de tensão (no caso do medidor eletrônico) e AM1 representa a bobina de corrente (no caso dos medidores eletromecânicos) e o transformador de corrente (no caso dos medidores digitais).

E as formas mais comuns de se fraudar esses medidores é através da ligação direta do condutor de fase com a carga, a bobina ou transformador de corrente em curto ou em alguns casos a ligação invertida dos bornes de conexão dos medidores.

Existe também a ligação direta da fase, onde nesse tipo de fraude o conector de entrada da fase no relógio é usado também como o conector de saída, é parecido com a sangria dos cabos, porém é feita apenas no condutor de fase e nos bornes de ligação do dispositivo. A figura 15 mostra como fica, eletricamente esse tipo de fraude.

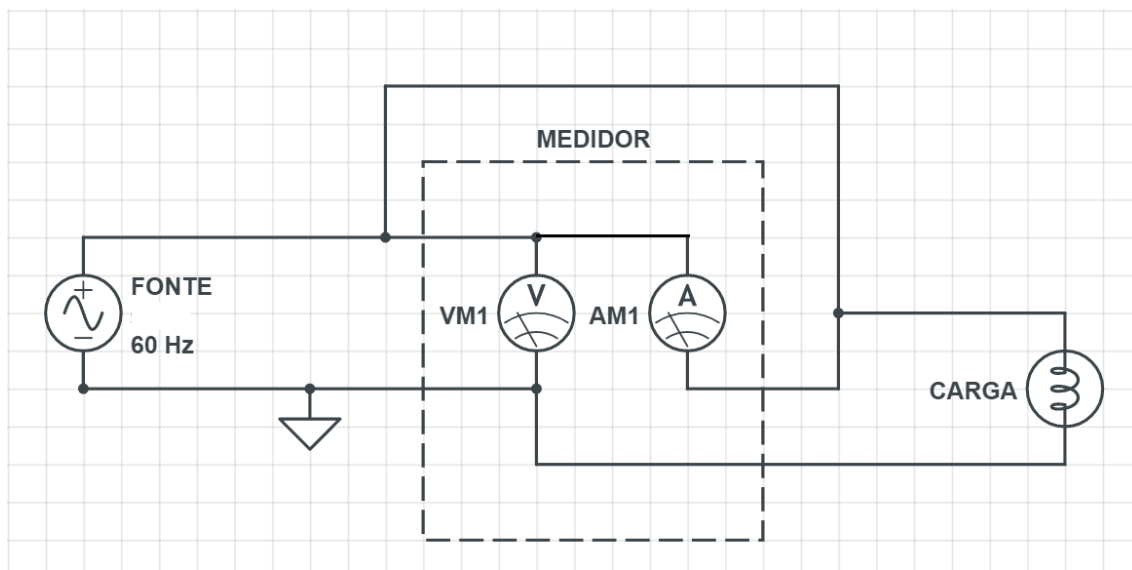


Figura 15 Ligação direta da fase

Fonte: Autor

Como pode ser observado, todo o dispositivo de medição entra em curto circuito (CC), o que impossibilita o mesmo de realizar a medição de potência consumida.

Outra forma de fraudar um medidor de energia é quando a bobina de medição de corrente fica em curto. Esse tipo de fraude é parecido com a ligação direta da fase, porém apenas a bobina de medição de corrente (no caso do medidor eletromecânico) e a bobina do transformador de corrente (no caso do medidor digital) entram em curto. Os consumidores fraudulentos queimam essas bobinas, e elas entram em curto, uma fraude quase que imperceptível uma vez que o defeito passa a ser nos componentes internos do dispositivo de medição. A figura 16 mostra como ficaria a ligação interna do medidor nesse caso.

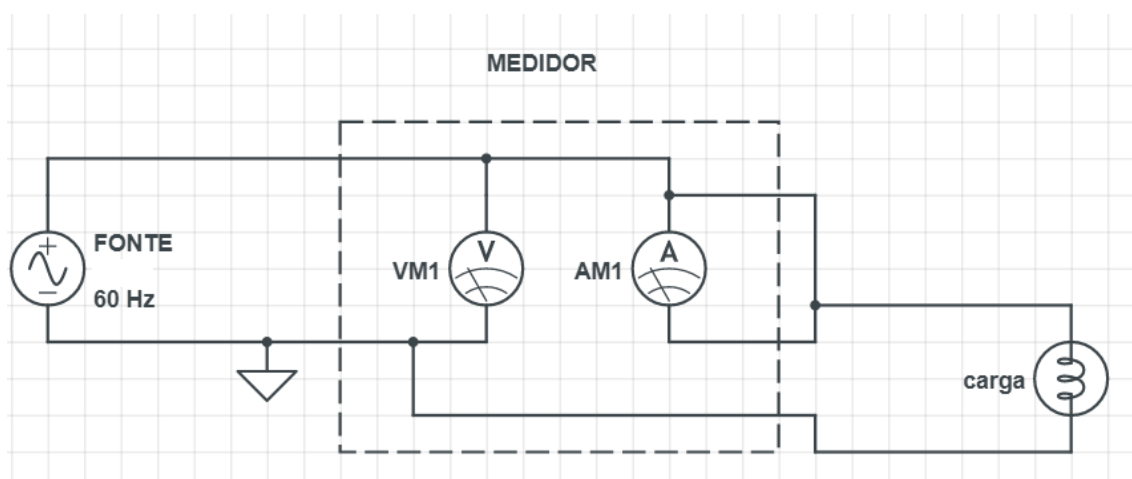


Figura 16 Bobina de medição de corrente em curto circuito

Fonte: Autor

Nesse caso, a corrente não passa pelo circuito responsável por fazer a medição da mesma, e como vimos no tópico 6, a corrente é uma variável fundamental para que seja feita a medição de potência consumida, o que nesse caso se torna inviável.

Existe também a possibilidade da ligação invertida entre a fase e o neutro. É um tipo de fraude mais simples, porém muito realizada, alguns medidores (principalmente os eletromecânicos) não são capazes de realizar a medição da forma correta quando nos bornes de ligação não é respeitado a conexão correta, fazendo assim a inversão da fase com o neutro nos circuitos de medição.

Vale a pena ressaltar que é um tipo de fraude realizável apenas em medidores monofásicos, uma vez que em medidores trifásicos não há possibilidade de inverter a ligação de todas as fases. A figura 17 mostra um exemplo de como fica essa ligação no dispositivo de medição.

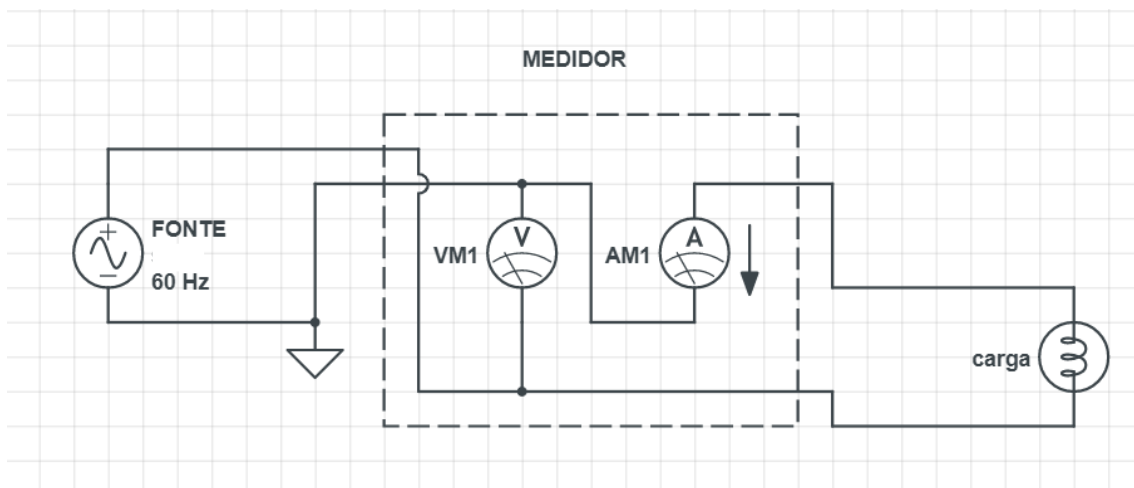


Figura 17 Ligação do neutro e fase invertido

Fonte: Autor

8 FORMAS DE PREVENÇÃO

Apesar de existir algumas ferramentas/tecnologias que auxiliam na prevenção e no combate a fraude e ao furto de energia elétrica, por si só nenhuma delas é 100% eficaz. Por isso, a minha ideia para uma rede de distribuição de baixa tensão “ideal” para o combate e prevenção ao furto e a fraude em medidores de energia, seria a junção dessas ferramentas e também o uso de um dispositivo de medição de linhas de transmissão, onde sua aplicabilidade não é necessariamente voltada ao combate de fraudes e furtos em medidores de energia.

Para entendermos melhor como isso iria funcionar, vamos primeiramente mencionar as tecnologias/ferramentas mais conhecidas no momento e em seguida apresentar essa ferramenta capaz de medir potência na linha de transmissão.

8.1 Tecnologias/ferramentas mais conhecidas

Um desses dispositivos que dificultam a fraude em medidores é um cabo “especial”. São eles chamados de cabos concêntricos, pois possuem duas ou mais camadas de material condutor, ou seja, dois ou mais polos. Na figura 18 podemos ver como é esse tipo de condutor. Normalmente, em ligações que utilizam esses condutores a fase é conectada no condutor interno e a/as camadas externas são utilizadas para a ligação do condutor neutro.



Figura 18 Cabo concêntrico de 3 polos

Fonte: Cordeiro cabos elétricos S/A

Dificultando assim qualquer ligação paralela nos cabos fora de suas extremidades.

Existem também caixas de distribuição centralizadas instaladas nos postes da distribuidora de energia, onde é feita a ligação do ramal para os consumidores, A ideia desse dispositivo é dificultar o acesso ao relógio medidor, uma vez que apenas um display com os dados registrados fica disponível e ao alcance dos consumidores. Na figura 19 temos um exemplo de como funciona esse tipo de disposição para a medição de energia elétrica.

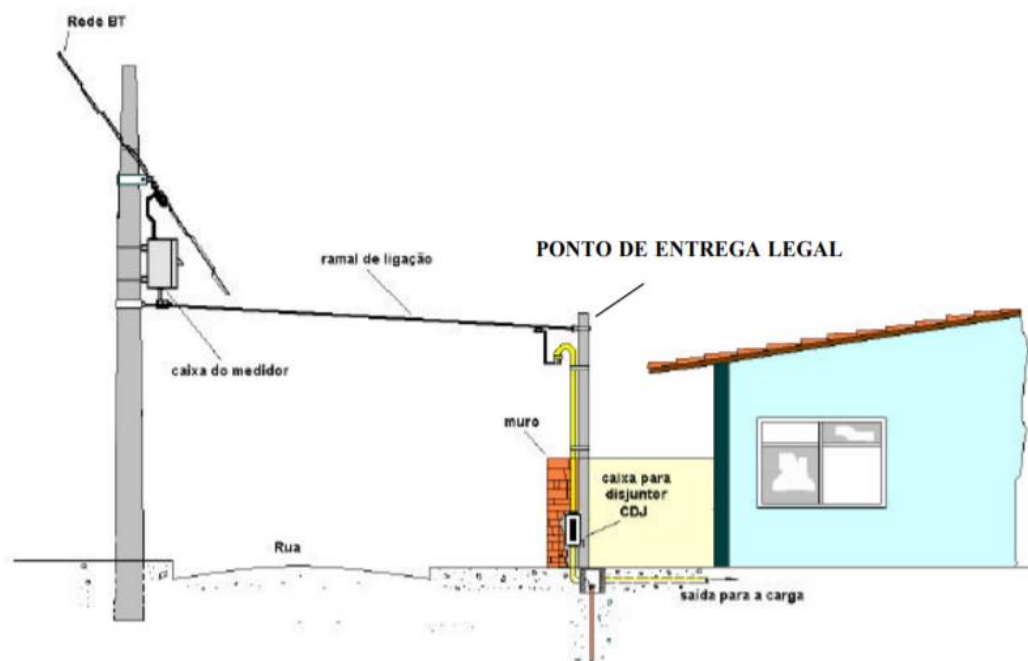


Figura 19 Caixa de medição centralizada

Fonte: ANEEL

Outra forma de prevenção são os *smart grids*, que nada mais são do que medidores eletrônicos com comunicação direta e em tempo real com o centro integrado de distribuição da concessionária, ou seja, a concessionária de energia tem acesso a todos os dados de consumo de todos os seus consumidores em tempo real, gerando assim um histórico de consumo e uma curva de comportamento padrão muito mais acertiva do que é nos dias atuais. Sendo assim, qualquer alteração de consumo ou até mesmo desligamento do equipamento fora do normal seria detectado e levaria a equipe de perdas da concessionária até o local para fazer a averiguação do que pode ter ocorrido.

8.2 Medidores de corrente na linha de transmissão

Conhecidos como *Raptors* e fabricados em dois modelos diferentes, são medidores parecidos com alicates amperímetros e podem ser instalados ou retirados do sistema em cerca de 60 segundos. O mais impressionante em relação a estes

dispositivos é o fato de já possuírem capacidade de comunicação através de rádio frequência ou através da rede telefônica (como um celular), ou seja, não precisam ser instalados cabos de comunicação além de possuírem flexibilidade quanto ao ponto de instalação necessário.

8.2.1 TGI Raptor LV2

Destinado a linha de baixa tensão, com seu range de operação em linhas de 90 a 240 volts e capacidade de medição de 0 a 400A com resolução de 0,1A e pode ser instalado em cabos de até 32mm. A figura 20 mostra um exemplo desse dispositivo.



Figura 20 TGI Raptor LV2

Fonte: www.awesense.com

8.2.2 TGI Raptor 3

Destinado a linha de média tensão, com seu range de medição de corrente que varia de 0 a 400A com resolução de 0,1A e pode ser instalado em cabos de até 17mm. A figura 21 mostra um exemplo desse dispositivo e a figura 22 sua aplicação em campo.

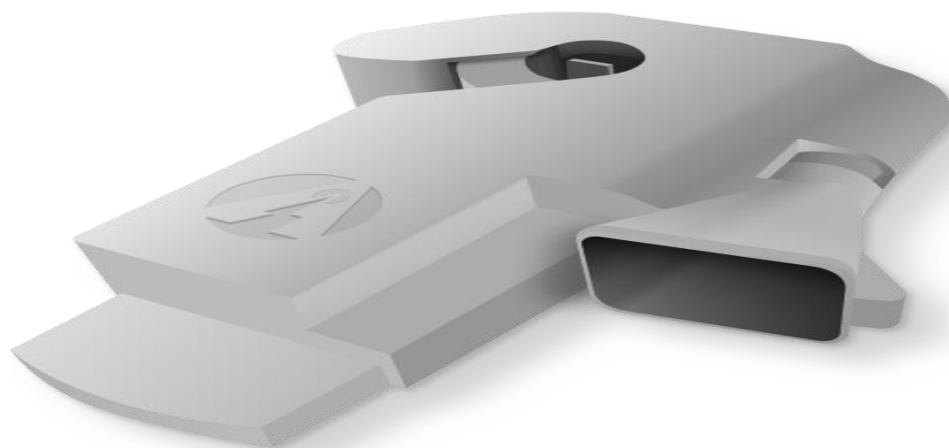


Figura 21 TGI Raptor 3

Fonte: www.awesense.com



Figura 22 TGI Raptor 3 aplicado em campo

Fonte: www.awesense.com

8.3 Rede de distribuição ideal contra fraudes e furtos

Na rede de distribuição ideal seria englobado todos os dispositivos citados acima, onde cada um teria um papel fundamental na prevenção e detecção de fraudes no sistema de energia.

Tomando como exemplo um quarteirão, no bairro São João na Cidade de Volta Redonda no estado do Rio de Janeiro, a implementação desse sistema ideal seria dada da seguinte forma:

Conforme mostra a figura 23, o quarteirão em questão compartilharia da mesma rede de baixa tensão (onde são representados pelas ruas destacadas em amarelos) e seriam instaladas 7 caixas de medição centralizadas (representada pelos triângulos em vermelho). Nessas caixas de medição centralizadas seriam instalados os medidores *smart grids* com comunicação direta e em tempo real ao centro integrado de distribuição de energia da concessionária e os mesmos, por sua vez, através dos cabos concêntricos seriam conectados aos ramais de ligação dos consumidores finais.

Para finalizar, a parte chave dessa rede de distribuição ideal, seria na instalação dos *Raptors*. O primeiro ponto de instalação seria na conexão de entrada do lado de alta do transformador (representado pelo círculo azul na figura) responsável pela transformação de média para baixa tensão desse respectivo quarteirão. Seria instalado também os *Raptors* na linha de baixa tensão, na entrada de cada caixa de distribuição centralizada, ambos com comunicação direta com o centro integrado de distribuição de energia da concessionária.

Com esses equipamentos, seria possível a medição, em tempo real, da potência fornecida para essa rede de baixa tensão (medida com os *Raptors* na entrada do transformador), a potência fornecida para cada caixa de distribuição centralizada (medida com os *Raptors* da entrada da mesma) e a potência faturada de cada consumidor, através dos medidores *smart grids* utilizados nessa instalação.

Dessa forma, qualquer divergência entre energia fornecida e energia faturada seria sinalizada em tempo real para a concessionária de energia, que por sua

vez enviaria uma equipe para fazer a averiguação em um ponto específico, sem a necessidade de verificação de todos os consumidores dessa rede, mas sim, apenas dos medidores onde a caixa de medição centralizada representa um consumo diferente do que esta sendo tarifado pelos relógios medidores de energia.



Figura 23 Rede de distribuição ideal contra fraudes e furtos

Fonte: Google Maps com adaptações do autor

A figura 24 e a figura 25 mostram, respectivamente, como seria feita a instalação dos *Raptors* no transformador e nas caixas de medição centralizadas, sendo os quadrados laranja os *Raptors* de AT e os quadrados verdes os de BT.

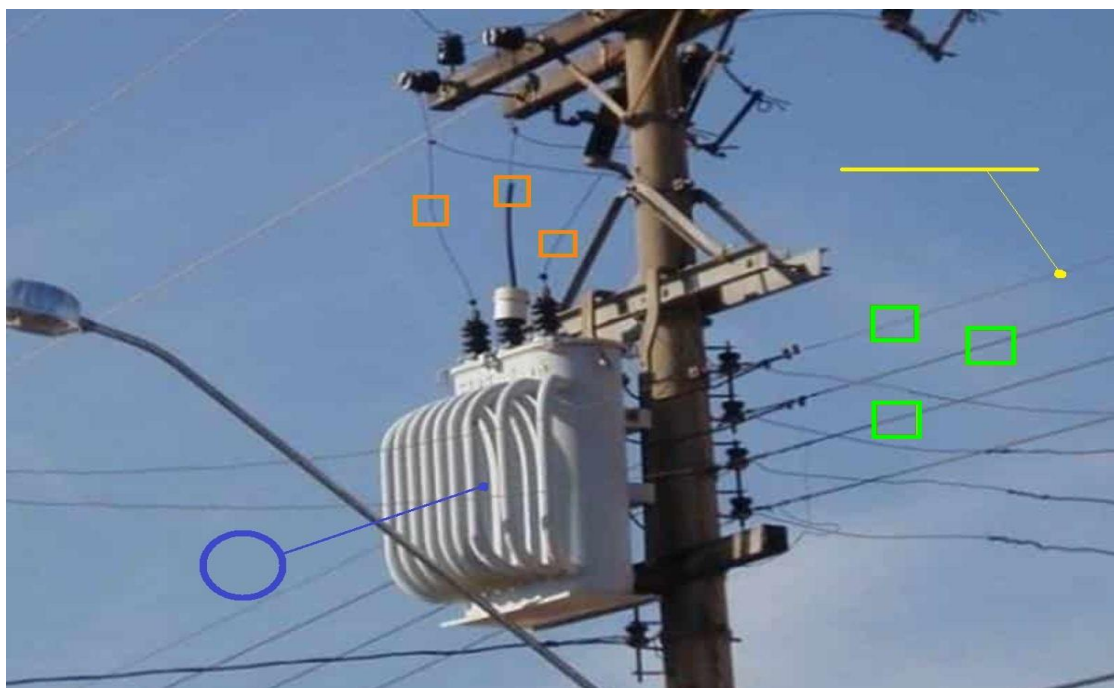


Figura 24 Exemplo de instalação dos *Raptors* no transformador

Fonte: www.tricurioso.com.br com adaptações do autor

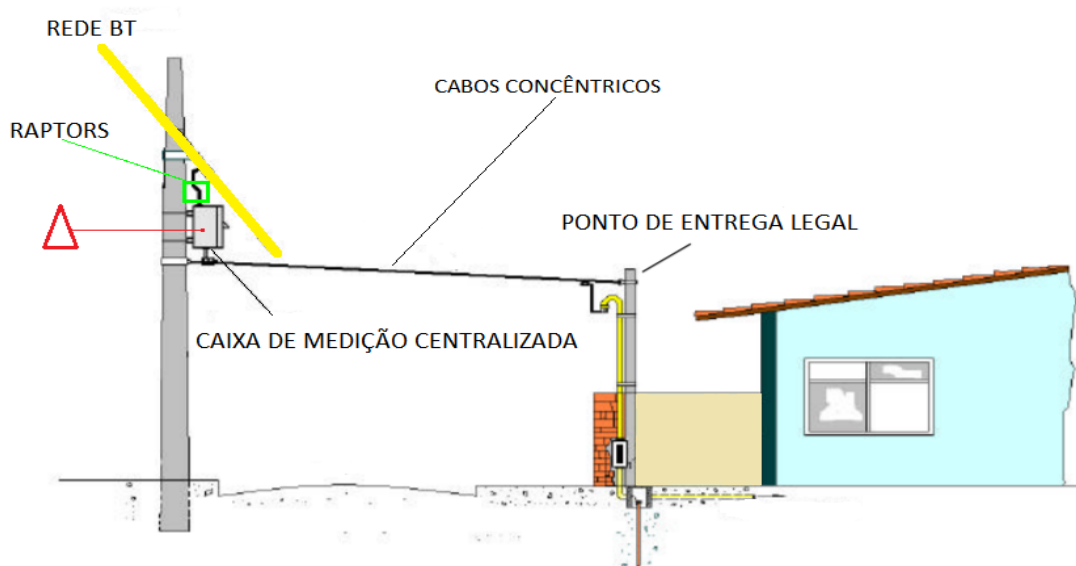


Figura 25 Exemplo de instalação dos *Raptors* nas caixas de medição

Fonte: ANEEL com adaptações do autor

A grande vantagem dessa rede de distribuição, é que sua implementação pode ser feita por partes. O primeiro equipamento a ser instalado seria exatamente a peça chave dessa rede, os *Raptors* na entrada dos transformadores. Dessa forma, mesmo não levando a equipe de perdas a averiguar um ponto específico, já seria

capaz de direcioná-los a fazer a averiguação em uma região, e aos poucos seriam implementados os outros dispositivos nessa rede de distribuição para deixá-la de forma ideal.

Outra grande vantagem da utilização dos *Raptors* é a capacidade de instalação e remoção na rede, fazendo com que a concessionária de energia possa utilizar, os mesmos equipamentos, em pontos diferentes da sua rede de distribuição em períodos de sua escolha, podendo assim verificar fraudes e furtos de energia em áreas específicas e/ou consumidores específicos.

9 CONCLUSAO

Vale a pena ressaltar, que apesar de existir diversas formas de fraudar os dispositivos de medição, nenhuma delas é indetectável. O grande problema é que a detecção de grande parte delas é feita através de inspeções laboratoriais minuciosas, onde não basta apenas uma simples análise técnica feita no local. Exatamente por isso, a ideia dessa rede de distribuição ideal funcionaria tão bem, pois além de dificultar muito o feitiço da fraude e de furto de energia elétrica, ela também é capaz de direcionar pontos de perdas para que as equipes responsáveis façam as análises necessárias nos medidores suspeitos de terem sofrido algum tipo de fraude. Sendo assim, quase que um sistema perfeito na luta constante das concessionárias contra a fraude e o furto de energia elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **Por dentro da conta de luz**: informações de utilidade pública, 2016

ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**. Módulo 5 – Sistemas de medição, Revisão 4. Jul. 2016f.

ANEEL. **Resolução normativa n. 338**, 2008.

BRASIL, Decreto-lei 2.848, de 7 de Dezembro de 1940, Código Penal, **Diário Oficial da União**: Rio de Janeiro, RJ, 31/12/1940. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decretolei/del2848compilado.htm. Acessado em 08/09/2019

CASTRO, Nivalde José; MIRANDA, Murilo de; VERDIERO, Pedro. **Perdas não técnicas na distribuição de energia elétrica: O Caso da Light**, 2019.

CRUZ, Karlos Eduardo Arcanjo da; RAMOS, Francisco de Souza. Impacto de variáveis socioeconômicas sobre as perdas comerciais de energia elétrica. **Revista Brasileira de Economia de Empresas**, vol. 14, n. 2, p. 31-52. 2015. ISSN: 1676-8000.

DICK, A.J. e MACEY, R. (1999). **Revenue protection in a competitive supply environment**. Mastering and Tariffs for Energy Supply. IEE, n. 462 . Maio, 1999.

INMETRO. **Portaria Inmetro nº 587 de 05 de novembro de 2012**: Duque de Caxias, 2012.

LEMOS, Ivan Pedrotti. **Medidor de energia para a avaliação da tarifa branca**, Smart Grids. 2017

MÍNGUEZ, Augustin. **Medidores de energia ativa**: funcionamento, práticas usuais, principais ensaios e fraudes mais comuns. 2007.

PIRES, José Claudio Linhares & PICCINI, Mauricio Serrão. **Modelos de regulação tarifária do setor elétrico**, 1998.

RIBEIRO, Regina Moniz. **Perícias e fraudes na rede elétrica**, 1^o edição. 2010

TEWARI, D. D. e SARAH, Tushar (2003). **Na assessment of South African prepaid electricity experimete, lessons learned and their policy implications for developing countries**. Energy Policy. V. 31 n. 2003 p. 911-927.

<https://www.citisystems.com.br/medidor-de-energia-eletrica/> acessado em 08/09/2019

<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/informatica/medidor-de-energia-eletrica/51126> acessado em 08/09/2019

<https://www.efeitojoule.com/2008/09/geracao-energia-eletrica.html> acessado em 10/11/2019

<http://www2.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=801&idPerfil=4> Acessado em 10/11/2019

<https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias> acessado em 01/05/2020

<https://www.cordeiro.com.br/produtos-especiais/cabo-cord-concentrico-anti-furto-1kv/> acessado em 23/04/2020

http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/Audiencia_Publica/audiencia_proton/2003/ap001/contribuicao_senge02.pdf acessado em 20/05/2020

<https://www.mundodaeletrica.com.br/> acessado em 20/05/2020

<https://www.awesense.com/hardware/#Raptor-LV> acessado em 29/05/2020

<https://www.tricurioso.com/2019/02/25/para-que-serve-o-transformador-de-energia-eletrica/> acessado em 29/05/20

