



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROJETO DE GRADUAÇÃO**

Vitor Maioli Scardua

**ESTUDO SOBRE PREVENÇÃO, DETECÇÃO E COMBATE ÀS PERDAS NÃO
TÉCNICAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Vitória
2021

Vitor Maioli Scardua

**ESTUDO SOBRE PREVENÇÃO, DETECÇÃO E COMBATE ÀS PERDAS NÃO
TÉCNICAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação do aluno Vitor Maioli Scardua, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Dr. Paulo José Mello Menegáz
Coorientador: Eng. Thiago Valfré Lecchi

Vitória
2021

VITOR MAIOLI SCARDUA

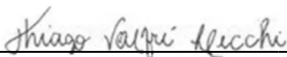
**ESTUDO SOBRE PREVENÇÃO, DETECÇÃO E COMBATE ÀS
PERDAS NÃO TÉCNICAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO
DE ENERGIA ELÉTRICA**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação do
aluno **Vitor Maioli Scardua**, apresentado ao
Departamento de Engenharia Elétrica do
Centro Tecnológico da Universidade Federal
do Espírito Santo, como requisito parcial para
obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Aprovada em 11 de outubro de 2021.


COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Paulo José Mello Menegáz
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Eng. Thiago Valfré Lecchi
EDP Escelsa
Coorientador

Prof. Dr. Walbermark Marques dos Santos
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador



Eng. Gustavo Stein Mattos Araújo dos Santos
DAITAN
Examinador



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
WALBERMARK MARQUES DOS SANTOS - SIAPE 1481843
Departamento de Engenharia Elétrica - DEE/CT
Em 19/10/2021 às 15:13

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/291533?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
PAULO JOSE MELLO MENEGAZ - SIAPE 2236444
Departamento de Engenharia Elétrica - DEE/CT
Em 19/10/2021 às 16:08

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/291630?tipoArquivo=O>

Aos meus pais e familiares. Minha base.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me dar forças para sempre ir em frente e buscar os meus objetivos. Aos meus pais, Vitório e Fatima, por sempre me incentivarem e estarem ao meu lado em todos os momentos. A minha irmã, Cinthya, que mesmo distante me proporcionou companheirismo, amor e carinho. Ao Rich, obrigado companheirinho.

Ao meu orientador, Paulo Menegáz por ter aceitado me orientar de prontidão e sempre disposto a participar do desenvolvimento dessa pesquisa. Ao meu coorientador Thiago Valfré, que apareceu de surpresa durante o desenvolvimento do projeto e aceitou também de prontidão me auxiliar durante essa jornada.

Aos professores do Departamento de Engenharia Elétrica que realmente se esforçam para transmitir aprendizado tanto técnico quando social.

Aos meus amigos de curso, também conhecido por Vingadores, pela ajuda, auxílio, perrengues e momentos inesquecíveis. Tenham certeza que vocês foram fundamentais.

A todos os amigos que fizeram parte da minha vida nessa trajetória, todos foram de alguma forma importantes para que eu chegasse nesse momento tão especial de minha vida. A lista é extensa, então, se você está lendo isso, sinta-se abraçado.

RESUMO

Este projeto de graduação tem como objetivo introduzir como as perdas não técnicas afetam um sistema de distribuição de energia elétrica, destacar a relevância do tema, tanto para consumidores, quanto para as empresas do ramo de distribuição de energia elétrica e apresentar as mais diversas soluções empregadas por empresas nacionais e internacionais para combatê-las, apresentando exemplos e dados quantitativos de projetos que já foram testados, a fim de servir como um embasamento para que outras empresas implementem as soluções apresentadas de forma eficiente de acordo com a realidade de sua área de concessão. Este projeto apresentará uma parte dos dados obtidos referentes às perdas não técnicas de algumas das maiores distribuidoras de energia elétrica do Brasil fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica, dados estes que serão tratados e analisados via *software* para obter-se uma representação visual do impacto de tais perdas para as empresas que serão analisadas para exemplificar o que está sendo apresentado. Abordar-se-á algumas das práticas utilizadas para realizar tais fraudes e também impactos gerados tanto para as concessionárias de energia elétrica quanto para as classes consumidoras que não praticam tais atos ilícitos.

Palavras chave: Perdas comerciais. Perdas não técnicas. Distribuição de energia. Concessionárias de energia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplos internacionais de perdas totais	16
Figura 2 – Visão geral de um sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica	17
Figura 3 – PNT - por distribuidora para o ano de 2020 em Wh	22
Figura 4 – Composição da Tarifa de Energia Elétrica no Brasil	23
Figura 5 – Tentativa de Ligação Clandestina	28
Figura 6 – Matriz de Iniciativas	30
Figura 7 – Projeto Viva Vôlei Terreirão Light	31
Figura 8 – Rede DAT	39
Figura 9 – Rede Invertida	41
Figura 10 – Vista Isométrica da Rede Antifurto	42
Figura 11 – Esquema completo do Sistema de Medição Centralizada	43
Figura 12 – Concentrador Secundário	44
Figura 13 – Concentrador Primário	45
Figura 14 – Detalhamento técnico da rede	46
Figura 15 – Cabo ICE - Concêntrico	48
Figura 16 – Etiquetas para detecção de campos magnéticos	49
Figura 17 – Exemplo de rede construída sem cadastro	52
Figura 18 – Imagem dos pontos de IP indicados pelo algoritmo	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução ao longo dos anos das PNT para a EDP ES	14
Gráfico 2 – Evolução das PNT ao longo dos anos	15
Gráfico 3 – Energia Injetada e Perda Total para a EDP ES	18
Gráfico 4 – Perda Técnica Real e Perda Não Técnica Real expressas em percentagem relativa à perda total em 2020	19
Gráfico 5 – Relação percentual entre PT e EI (%)	20
Gráfico 6 – Evolução das PT Por Energia Injetada (%)	21
Gráfico 7 – Evolução das PNT reais e PNT Regulatórias para a EDP ES	24
Gráfico 8 – Evolução das PNT reais e PNT Regulatórias para a LIGHT	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3G	3th Generation
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASRO	Áreas com Severas Restrições à Operação
BI	Business Intelligence
BT	Baixa Tensão
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CP	Concentrador Primário
CS	Concentrador Secundário
CadÚnico	Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal
DAT	Redes de Distribuição Aérea Transversal
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
DIC	Duração de Interrupção Individual por unidade consumidora
DICRI	Duração da Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico por unidade consumidora
DMIC	Duração máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora
EDP ES	Energias de Portugal Espírito Santo
EI	Energia Injetada
ELFSM	Empresa Luz e Força Santa Maria
EPM	Empresas Públicas de Medellín
GPRS	General Packet Radio Services
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IP	Iluminação Pública
LIGHT	Light Serviços de Eletricidade S.A

MT	Média Tensão
NBR	Norma Brasileira
PNT	Perdas Não Técnicas
PT	Perdas Técnicas
SAMP	Sistema de Acompanhamento de Informação de Mercado para Regulação Econômica
SEP	Sistema Elétrico de Potência
SMC	Sistema de Medição Centralizada
TSEE	Tarifa Social de Energia Elétrica
UC	Unidade Consumidora
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria

LISTA DE SÍMBOLOS

E_{inj}	Energia injetada na rede de distribuição para certo período
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-hora
M_{bt}	Mercado de baixa tensão medido no período
$PNT(\%)$	Porcentagem de perdas não técnicas sobre o mercado de baixa tensão
$P_{tec}(\%)$	Percentual de perdas técnicas injetada regulatória
P_{total}	Total de perdas na distribuição para certo período
Wh	Watt-hora
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	PERDAS EM UM SISTEMA DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA	17
2.1	Perdas Técnicas	19
2.2	Perdas Não Técnicas	21
2.2.1	Regulação da ANEEL	22
2.2.2	Perda por falha de equipamentos	25
2.2.3	Perda por erros de faturamento	26
2.2.4	Perda por falta de medição	26
2.2.5	Perda por ação do consumidor	27
3	MÉTODOS DE COMBATE ÀS PERDAS NÃO TÉCNICAS	29
3.1	Medidas Preventivas	30
3.1.1	Conscientização de consumidores	31
3.1.2	Valorização e conscientização de funcionários	32
3.1.3	Melhora da qualidade do serviço	32
3.1.4	Tarifa Social de Energia Elétrica	33
3.1.5	Programa de trocas	33
3.1.6	Sistema de pagamento pré-pago	34
3.1.7	Geração distribuída	36
3.2	Medidas de Combate	37
3.2.1	Delação de infratores e medidas legais	37
3.2.2	Rede de distribuição aérea transversal	38
3.2.3	Rede invertida	40
3.2.4	Rede antifurto	41
3.2.5	Sistema de medição centralizada	42
3.2.5.1	Sistema de medição centralizada BT Zero	46
3.2.6	Cabos concêntricos	47
3.2.7	Proteção contra campos eletromagnéticos	48
3.2.8	Macromedição eletromecânica	49
3.2.9	Medidores inteligentes	50
3.2.9.1	Redes inteligentes	51
3.2.10	Cadastramento de pontos de iluminação pública	51
4	CONCLUSÃO	54

REFERÊNCIAS 55

1 INTRODUÇÃO

Durante o ciclo de distribuição de energia elétrica, ocorrem perdas energéticas de variadas naturezas, que podem ser classificadas em dois tipos: perdas técnicas (PTs), que estão intrinsecamente relacionadas à distribuição de energia elétrica, seja pela dissipação de energia durante o transporte, transformação e funcionamento dos equipamentos interligados ao sistema elétrico de potência (SEP). E as perdas não técnicas (PNTs), provenientes de problemas físicos, furtos, fraudes e outras irregularidades, em outras palavras, é a energia elétrica que passa pela rede de distribuição, mas não é comercializada (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2020b).

De acordo com Ortega (2008), das duas componentes das perdas totais, as PNTs são aquelas que mais afetam o mercado de distribuição de energia elétrica, uma vez que as concessionárias de energia não possuem o controle dessa parcela. Essa ausência de controle faz com que os gastos advindos de tais práticas sejam distribuídos entre os consumidores, gerando um desconforto no cidadão que não compactua nem pratica alguns dos atos fraudulentos (NAGAMINE, 2011) .

Em Huback (2018), destaca-se que as PNTs também geram impacto financeiro nas distribuidoras, seja limitando a capacidade de realizar novos investimentos, dificultando investimentos modernos, precarizando o serviço já existente, desperdiçando recursos energéticos e por consequência, o aumentando a tarifa dos consumidores regulares, uma vez que a energia é comprada antes de ser repassada para o consumidor final. Para compreender melhor o volume de energia que não é faturado, temos os dados de que em 2015, no Brasil, cerca de 15 milhões de megawatts-hora foram apenas de PNTs, equivalente a todo o consumo do estado de Santa Catarina (ACENDE BRASIL, 2017).

Ainda em Huback (2018). mostra-se que as PNTs estão intrinsecamente atreladas à fatores sociais, culturais e financeiros, tais como a renda per capita, problemas na gestão governamental, valores impostos nas tarifas e a violência nas suas mais variadas formas, porém, também ocorrem em empresas de grande porte e condomínios de luxo (PENIN, 2008). De acordo com (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2020b), temos que a ANEEL, observando a heterogeneidade das áreas de concessões, desenvolveu um *ranking* de complexidade socioeconômica (RCS) para avaliar as perdas não técnicas em cada área de concessão. O RCS é baseado em algumas variáveis independentes, que são:

- Óbitos por agressão;
- Porcentagem de pessoas com renda baixa;
- Porcentagem de pessoas em domicílios subnormais;

- Cobertura de abastecimento de água
- Rede de Esgoto;
- Inadimplência.

Porém, o pensamento de que o furto é feito apenas em Áreas com Severas Restrições à Operação com elevado RCS está equivocado. Segundo Nagamine (2011), existe sim o consumidor de baixa renda que furta fios, porém, no Rio de Janeiro, estado que possui um dos maiores índices de PNTs justificadas pela violência, as áreas mais pobres representam apenas 37% de tais perdas. As fraudes ocorrem também em grandes clientes, como hotéis, postos de gasolina, supermercados condomínios de luxos, que já são construídos com tecnologias fraudulentas e instaladas por eletro traficantes (HUBACK, 2018; NAGAMINE, 2011).

Em Nagamine (2011) tem-se que grande parte do problema se da devido à ação deste tipo de quadrilhas, uma vez que:

“Esse tipo é mais complicado de combater, pois são ex-funcionários de empresas terceirizadas e que, por isso, sabem onde tem de cortar, sabem onde o cabo está ou não energizado”,

No Brasil, a regulação do serviço de distribuição de energia elétrica é feito pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que estabelece, para cada área de concessão, limites de perdas não técnicas, de acordo com os oito indicadores socioeconômicos supracitados. Um exemplo de uma distribuidora que presta serviço em um local com alto RCS pode ser encontrado em Huback (2018, p. 3), e diz que:

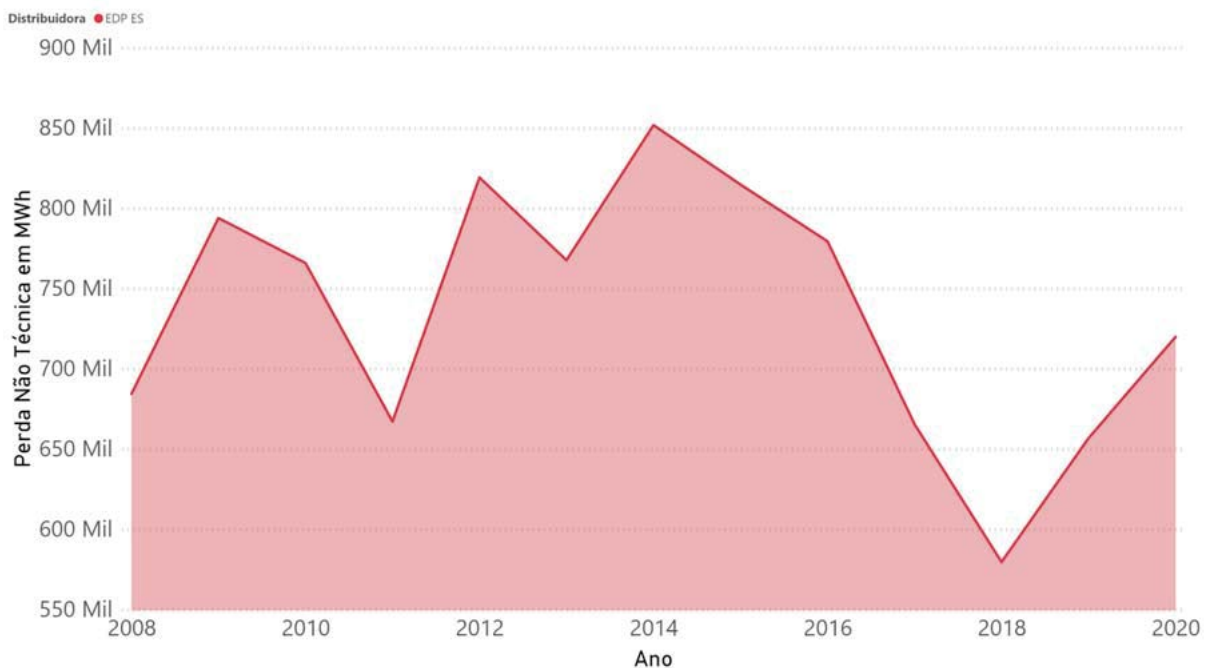
[...] a distribuidora Light, que atua no fornecimento de energia elétrica em 31 municípios do Rio de Janeiro, possui características geográficas e socioeconômicas diferenciadas na região metropolitana da sua área de concessão. Estas particularidades são responsáveis por limitar a operação e fiscalização da empresa, impossibilitando o combate adequado às perdas não técnicas. Em setembro de 2017, o nível de perdas não técnicas sobre o mercado de baixa tensão foi de 38,4%, e o de perdas totais da sobre a carga fio foi de 22%. Dessas perdas, 49,9% estão nas Áreas Possíveis, e 50,1% estão nas Áreas com Severas Restrições à Operação (ASRO) [...]

No Espírito Santo podemos citar os dados da empresa Energias de Portugal Espírito Santo (EDP ES), que em 2019, Injetou 11.572.304 megawatts-hora totais e desses, 656.698 megawatts-hora são apenas de perdas não técnicas, ou seja, cerca de 5,67% da energia injetada foi perdida de forma não prevista em algum momento (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2021).

Em AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2021) é disponibilizada anualmente a base de perdas das distribuidoras de energia elétrica atuantes no Brasil, com um histórico desde de 2008 de perdas e outras informações acerca da energia elétrica na distribuição. Essa base de dados foi tratada através do *software* Power BI, para que fossem gerados gráficos mais compreensíveis sobre o assunto deste projeto de graduação afim de confirmar as informações apresentadas. Os gráficos elaborados pelo próprio autor foram elaborados com base nesses dados.

No Gráfico 1 tem-se a evolução das PNTs para a EDP ES.

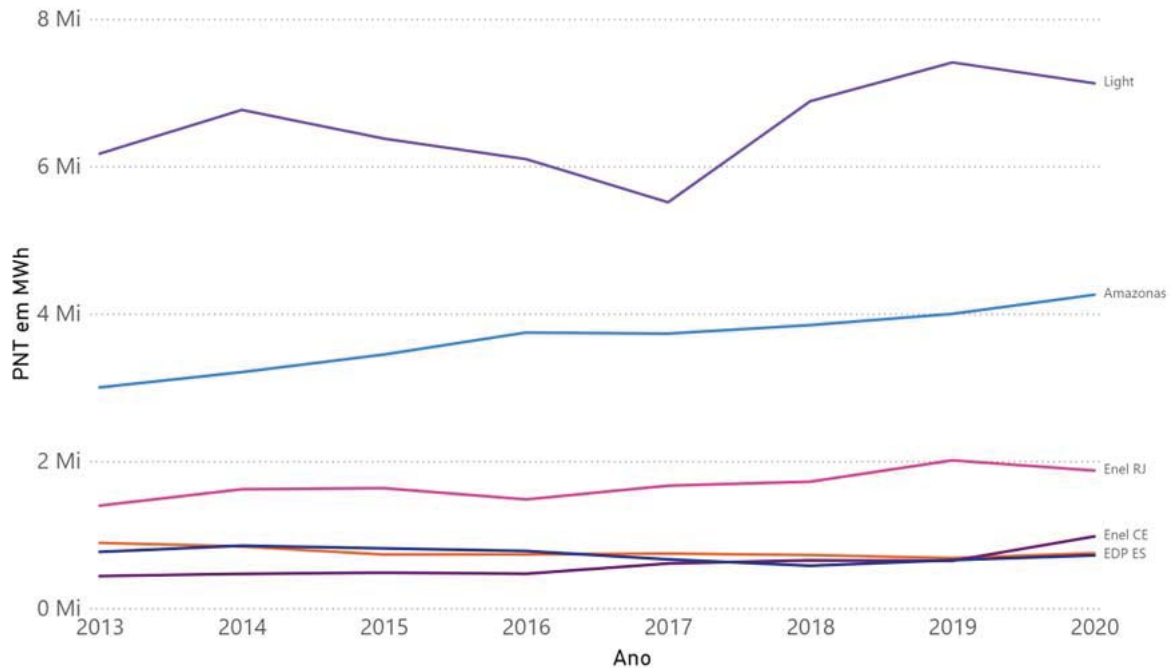
Gráfico 1 – Evolução ao longo dos anos das PNT para a EDP ES



Fonte: Elaboração do Autor

Com o passar dos anos, mesmo com todos os esforços das concessionárias de energia elétrica, não é observada uma redução considerável dessas parcelas (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2020a), como pode-se observar no gráfico 2 .

Gráfico 2 – Evolução das PNT ao longo dos anos



Fonte: Elaboração do Autor

Logo, com a ausência de métodos totalmente eficazes de controle e mitigação de tais práticas, junto ao consumidor final sendo lesado financeiramente, ocorre um intenso esforço por parte de órgãos responsáveis e das concessionárias de implementar, estudar e desenvolver métodos para prevenir, detectar e combater tais práticas (SANTOS, 2018).

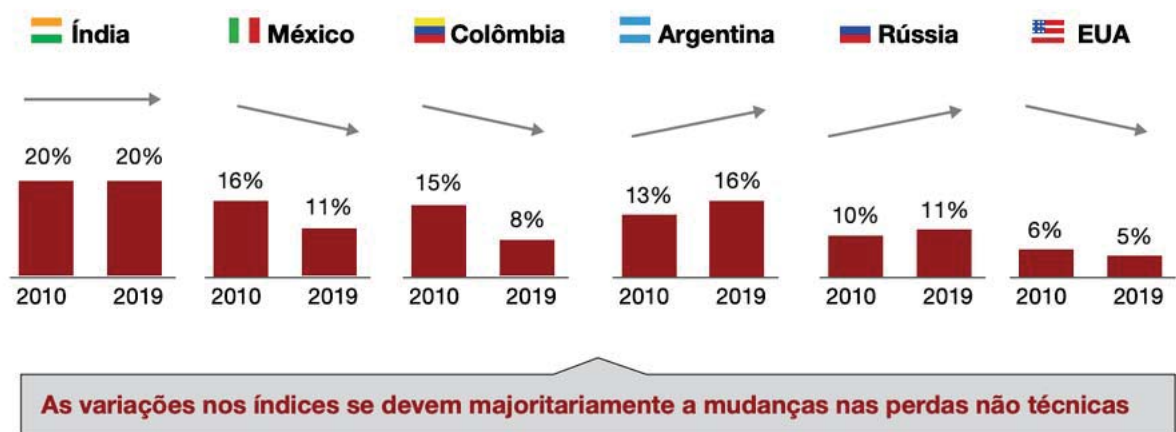
O volume de perdas devido a furtos e fraudes vem crescendo nos últimos anos, o que põe esse tema como um dos principais discutidos pelas concessionárias de energia elétrica e órgão regulamentadores (PENIN, 2008). Segundo AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2020b, p. 2) “As perdas totais representaram 14% do mercado consumidor em 2018. Essas perdas equivalem ao consumo de energia elétrica das regiões Norte e Centro-Oeste em 2016.”.

Um exemplo quantitativo pode ser encontrado em Nagamine (2011, p. 17):

Como um exemplo hipotético, podemos supor que uma concessionária de distribuição verifique uma perda de 10% de energia; isso significa que, para atender um consumidor com consumo de 100 kWh/mês, a concessionária deve comprar 110 kWh de energia. Como a compra de energia faz parte da composição dos custos de uma distribuidora de energia elétrica, tem-se que perdas elevam os custos que devem ser repassados aos consumidores.

Vale dizer que o problema de perdas não técnicas não é uma mazela exclusiva do Brasil. Segundo Santos (2018), na Inglaterra e nos Estados Unidos este problema é tão comum que as distribuidoras fazem apelos aos consumidores que denunciem qualquer atitude suspeita quanto à fraude e furto de energia, deixando bem claro que é o consumidor que paga por essa energia desviada. Como pode-se observar na Figura 1, as PNTs influenciam os países com os mais diversos desenvolvimentos econômicos.

Figura 1 – Exemplos internacionais de perdas totais



Fonte: (STRATEGY, 2020)

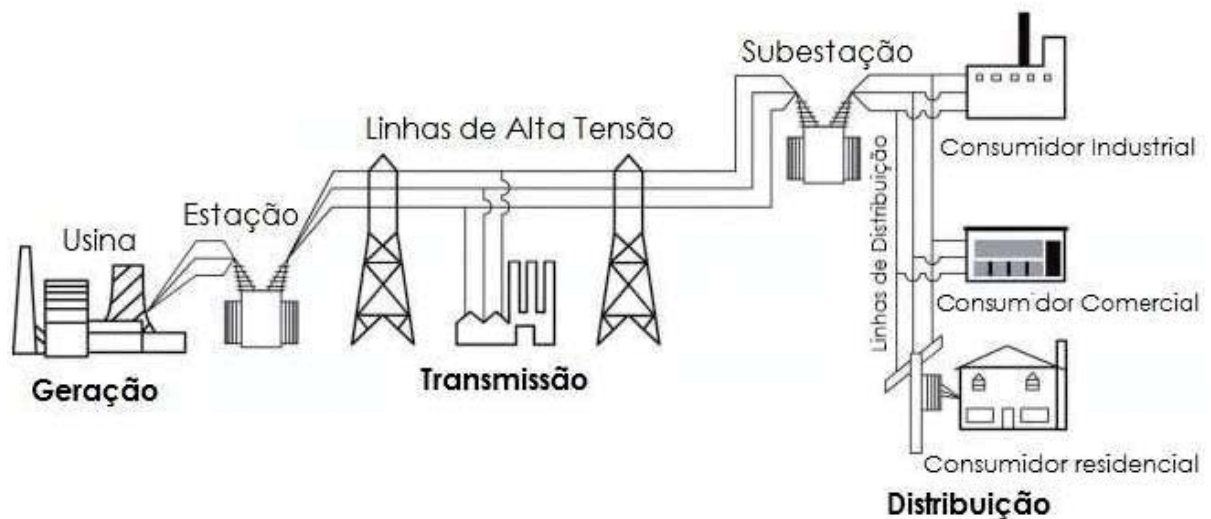
Paralelamente ao crescimento das PNTS, observa-se a crescente privatização das empresas responsáveis por todo o processo de distribuição e transmissão de energia elétrica, o que deu início a uma acirrada disputa entre as empresas e conseqüentemente, investimentos maiores para obter-se um melhor gerenciamento das PNTS (RAMOS, 2014). Dessa forma, é nítida a relevância e atualidade do tema para o atual cenário brasileiro, uma vez que é um problema que impacta não só as empresas distribuidoras de energia elétrica, mas também os consumidores, que são lesados financeiramente por tais práticas (RAMOS, 2014). No ano de 2019 no Brasil, essa parcela girou por volta de 3% do valor da tarifa de energia elétrica, no Espírito Santo temos que ela totalizou 3,1% para a EDP ES e 1,1% para a Empresa Luz e Força Santa Maria (EFLSM) (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2020b).

Outra motivação do estudo acadêmico da-se à literatura sobre o tema de perdas não técnicas no Brasil ainda ser recente, aliada à realidade de que muitas distribuidoras de energia elétrica ainda não possuem uma área dedicada exclusivamente ao combate das perdas não técnicas (HUBACK, 2018).

2 PERDAS EM UM SISTEMA DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

O trajeto percorrido pela energia elétrica até o consumidor final é extenso, e passa por três partes, sendo elas a geração, transmissão e a distribuição de energia elétrica, como pode-se observar na Figura 2. Durante cada uma dessas partes, ocorrem perdas. O montante total de todas as perdas é conhecido como “perdas globais“, e é calculada pela diferença entre energia elétrica adquirida pela distribuidora e a energia faturada (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2020a).

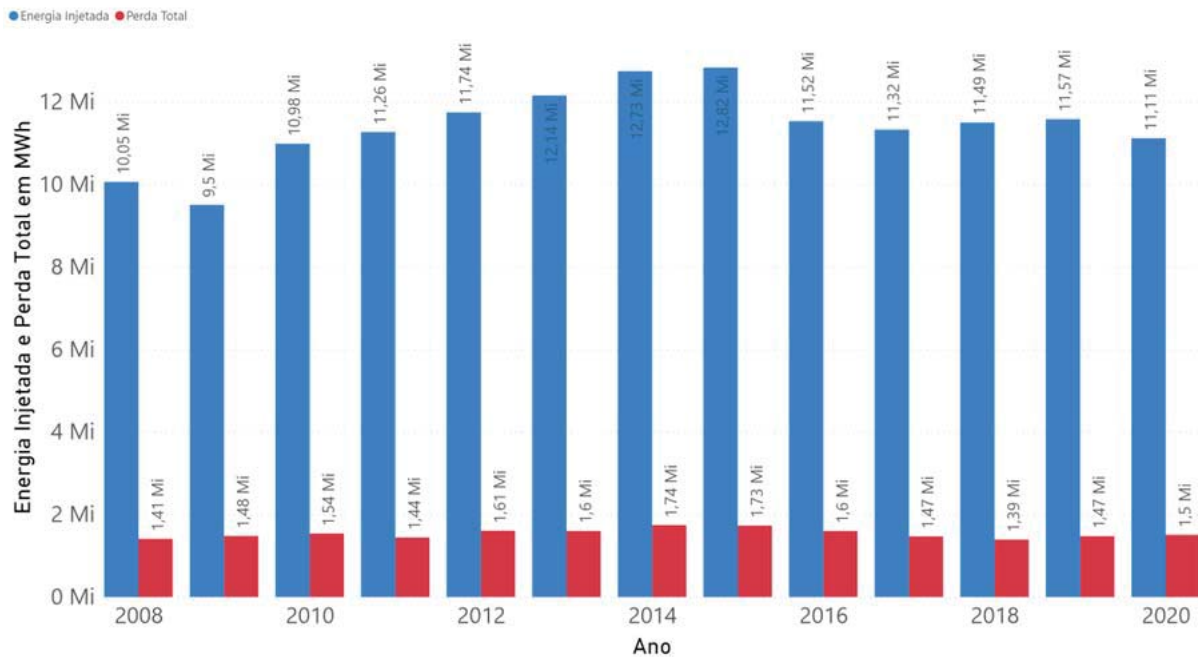
Figura 2 – Visão geral de um sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica



Fonte: (BLUME, 2007)

No gráfico 3 pode-se observar a parcela de perda total comparada com a energia injetada pela EDP ES entre os anos de 2008 e 2020.

Gráfico 3 – Energia Injetada e Perda Total para a EDP ES

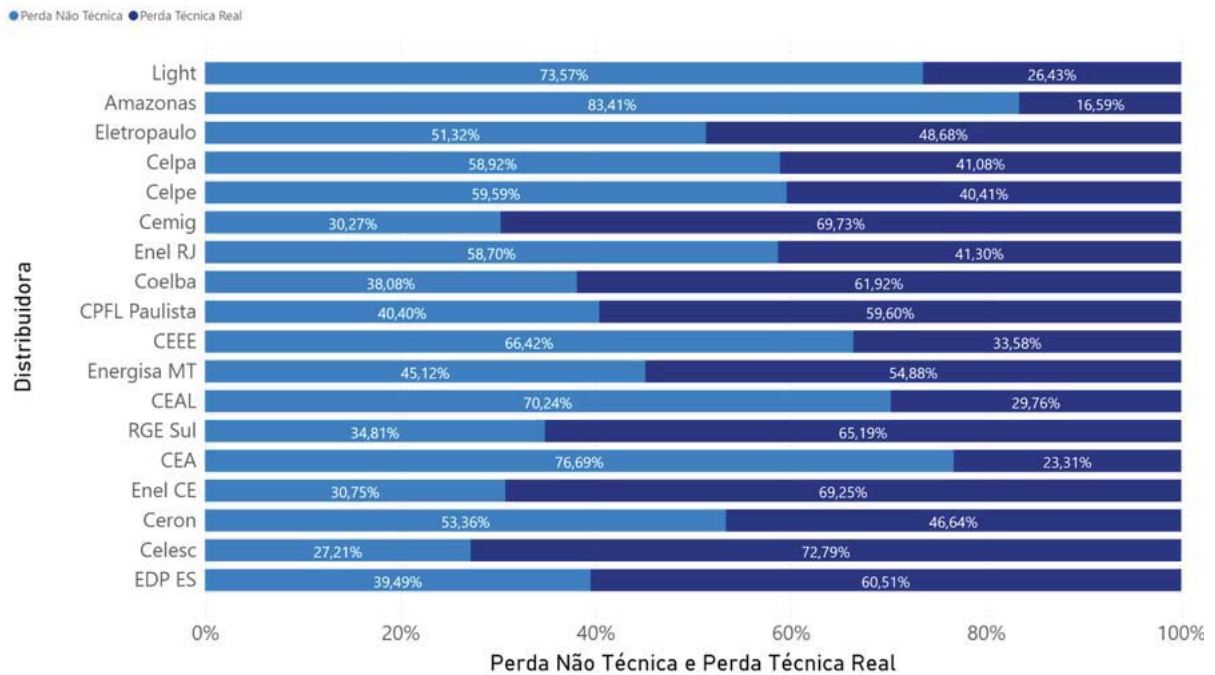


Fonte: Elaboração do Autor

Como dito anteriormente a perda total divide-se em perdas técnicas e perdas não técnicas. De acordo com Penin (2008), o valor exato das perdas técnicas é estimado através de cálculos matemáticos baseados em modelagem, sendo um valor bem definido. Já as perdas não técnicas não podem ser diretamente calculadas, uma vez que dependem de variáveis não modeláveis nem previsíveis, dessa forma, seu valor é estimado a partir da diferença entre perda global de uma empresa de distribuição de energia e as perdas técnicas. No Gráfico 4 tem-se a relação entre os valores reais de perda técnica e perda não técnica de algumas distribuidoras do Brasil para o ano de 2020¹.

¹ As informações da base de dados de perdas não técnicas são fornecidas pelo Sistema de Acompanhamento de Informação de Mercado para Regulação Econômica (SAMP).

Gráfico 4 – Perda Técnica Real e Perda Não Técnica Real expressas em porcentagem relativa à perda total em 2020



Fonte: Elaboração do próprio autor

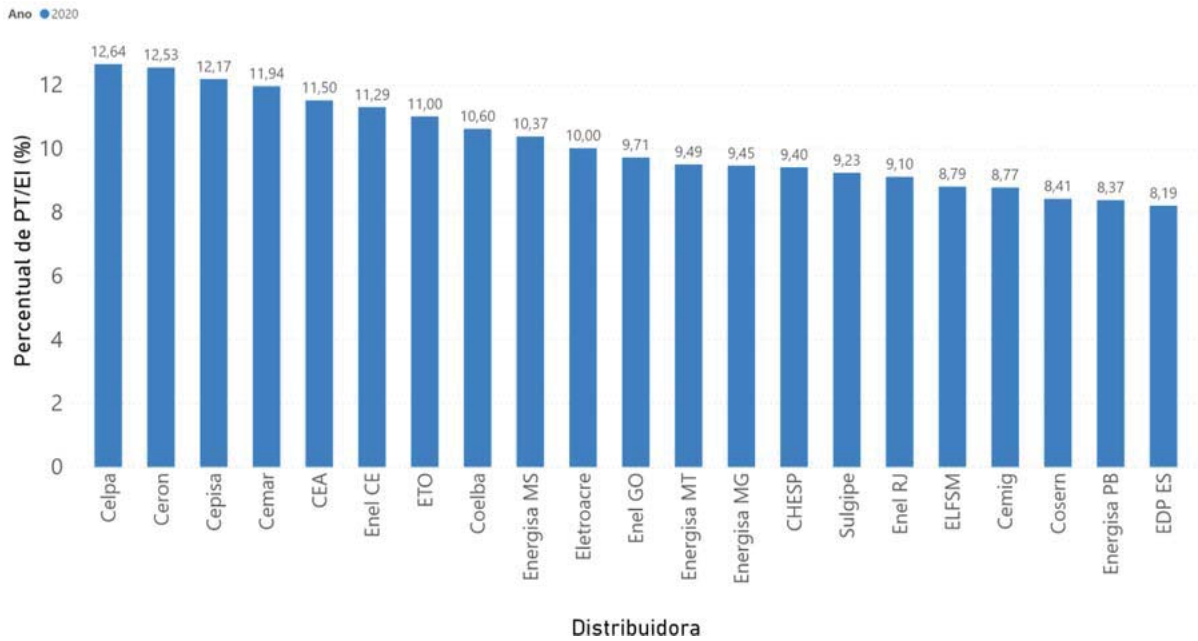
2.1 Perdas Técnicas

As perdas associadas inerentemente ao transporte da energia pelas redes de transmissão e distribuição são chamadas de perdas técnicas (NAGAMINE, 2011). São ocasionadas de forma natural devido às propriedades físicas dos materiais e consistem principalmente na dissipação de energia nos mais diversos dispositivos como transformadores e medidores (HUBACK, 2018).

Temos a perda Joule como o fenômeno mais comum, que por sua vez, é gerado pela resistência que um material condutor apresenta à passagem de corrente elétrica, transformando parte dela em calor. Todos os equipamentos do sistema possuem seu nível de perda técnica, que é medido e modelado matematicamente (PENIN, 2008).

Tais perdas podem ser previstas através de equações matemáticas, ou seja, é uma parcela bem definida quantitativamente e de conhecimento das empresas distribuidoras de energia elétrica. Segundo Penin (2008), os cálculos matemáticos para obtenção das perdas técnicas são realizados em etapas, subdivididas para cada segmento do sistema de energia elétrica, permitindo assim uma maior precisão dos resultados. Pode-se observar no Gráfico 5 a relação percentual entre PT e energia injetada (EI) em 2020, onde a Distribuidora Celpe obteve o maior índice de PT.

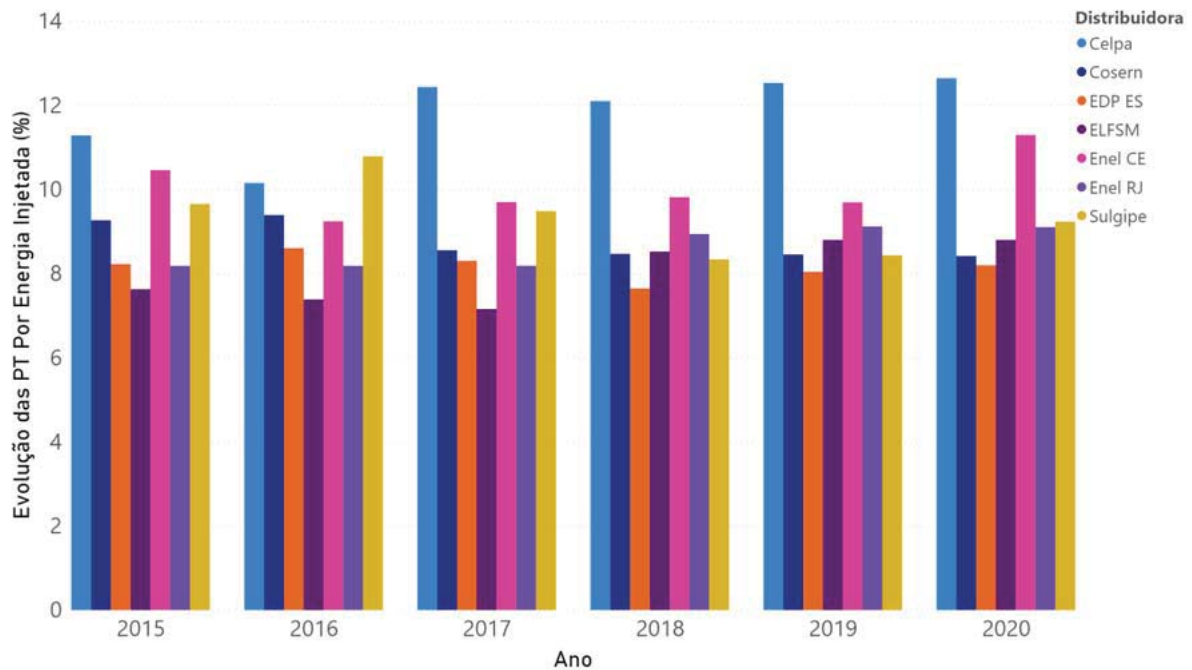
Gráfico 5 – Relação percentual entre PT e EI (%)



Fonte: Elaboração do próprio autor

É possível observar também que, uma quantia de energia elétrica distribuída maior, não implica necessariamente em PT maiores, como por exemplo, no Espírito Santo em 2020 a EDP ES teve 11.111.050,13MWh de energia injetada onde 8,19% desse valor foi PT. Já a distribuidora ELFSM teve 585.814,65 MWh de energia injetada e 8,79% de PT. Analisando o Gráfico 6, é possível observar a evolução desse percentual para mais algumas outras distribuidoras. Como tais perdas se dão sobre aspectos físicos da rede, pode-se notar uma certa constância entre valores anuais.

Gráfico 6 – Evolução das PT Por Energia Injetada (%)



Fonte: Elaboração do próprio autor

Para uma definição mais precisa, recorre-se à AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2020b, p. 2) que diz que:

As perdas técnicas são inerentes à atividade de distribuição de energia elétrica, pois parte da energia é dissipada no processo de transporte, transformação de tensão e medição em decorrência das leis da física. Essas perdas, portanto, estão associadas às características de carregamento e configuração das redes das concessionárias de distribuição.

2.2 Perdas Não Técnicas

As perdas não técnicas ou comerciais correspondem à diferença entre as perdas globais e as perdas técnicas, decorrentes de furto de energia, problemas na medição e faturamento, entre outros. Aqui se enquadram todas as perdas que não são descritas como perdas técnicas (PENIN, 2008).

De acordo com Reis (2005), além do prejuízo financeiro, essas perdas geram outros problemas, como, por exemplo, um mau dimensionamento dos parâmetros de uma rede de distribuição de energia, evoluindo para sobrecargas e deterioração de equipamentos.

A AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2020b, p. 2) diz que:

[...] as perdas não técnicas, apuradas pela diferença entre as perdas totais e as perdas técnicas, têm origem principalmente nos furtos (ligação clandestina, desvio direto da

rede), fraudes (adultrações no medidor ou desvios), erros de leitura, medição e faturamento. Essas perdas, também denominadas popularmente de “gatos”, estão em grande medida associadas à gestão da concessionária e às características socioeconômicas das áreas de concessão.

As perdas não técnicas são quantificadas sob duas óticas diferentes, regulatória e a real. A real é o valor informado pela concessionária de energia elétrica, ou seja, é o valor que a empresa aferiu em um dado período de tempo. Já a parcela regulatória é o valor calculado pela ANEEL, e são os que são reconhecidos na tarifa de energia (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2020b).

A importância desse tópico se dá, uma vez que as PNTs representam cerca de 23% das perdas totais e geram mais de R\$ 2 bilhões de prejuízo financeiro (NAGAMINE, 2011). Na Figura 3 tem-se uma relação visual entre as empresas com maiores PNTs do Brasil no ano de 2020.

Figura 3 – PNT - por distribuidora para o ano de 2020 em Wh



Fonte: Elaboração do próprio autor

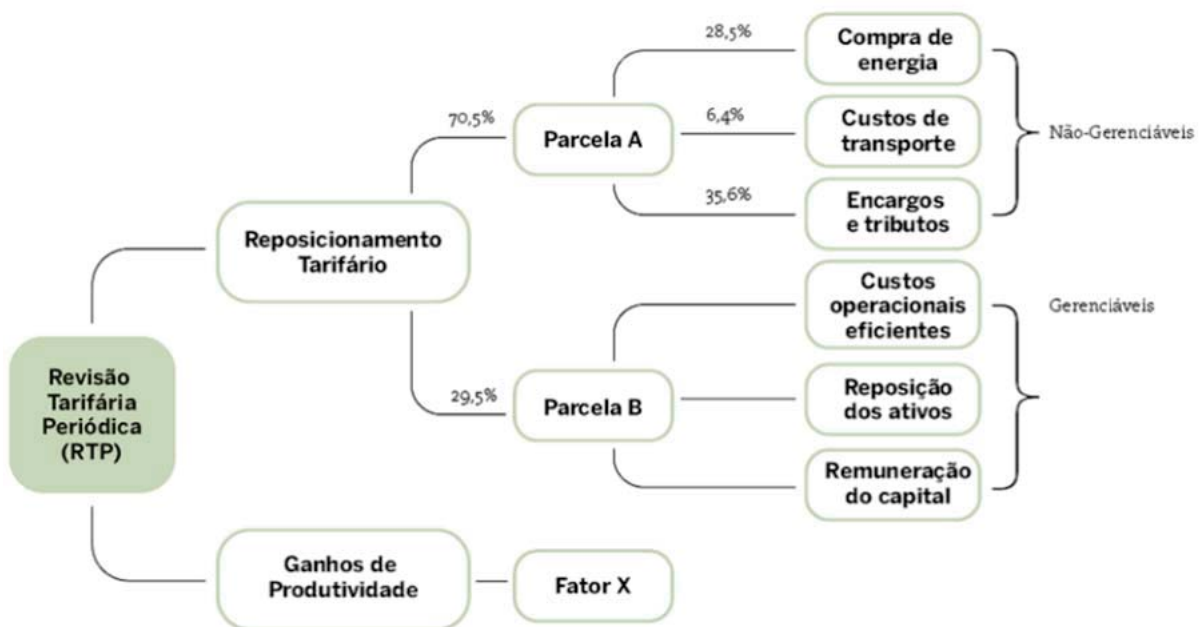
2.2.1 Regulação da ANEEL

Com o crescimento da privatização do setor elétrico, tem ocorrido uma busca dos agentes e órgãos reguladores para que o mercado cresça de uma forma equilibrada, visando benefícios tanto para consumidores quanto para as empresas (PINHEIRO, 2012). No Brasil, a tarifa de energia elétrica é definida pela ANEEL, e é utilizada a regulação por incentivo por comparação,

onde a ANEEL gera um esforço da concessionária para atingir um objetivo determinado, uma vez que há um monopólio natural, e os custos não são reduzidos por concorrência (RODRIGUES, 2018; PINDYCK; RUBINFELD, 2013; HUBACK, 2018).

No Brasil a tarifa de energia é composta pela Parcela A e Parcela B. Basicamente a Parcela A envolve despesas devido à geração e transmissão de energia e encargos setoriais, tal parcela não depende da distribuidora. Já a Parcela B se refere aos custos gerenciáveis pela distribuidora e é composta por custos operacionais, receitas irrecuperáveis, entre outros, sendo aqui incluída a PNT (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015a). Uma visão mais detalhada² da composição da tarifa pode ser vista na Figura 4.

Figura 4 – Composição da Tarifa de Energia Elétrica no Brasil



Fonte: (HUBACK, 2018)

De Huback (2018) temos a expressão 2.1 que mostra como a ANEEL calcula o percentual de perdas não técnicas sobre o mercado de baixa tensão³

$$PNT(\%) = \frac{P_{total} - E_{inj} * P_{tec}(\%)}{M_{bt}} \quad (2.1)$$

Onde

- P_{total} é o total de perdas na distribuição para certo período

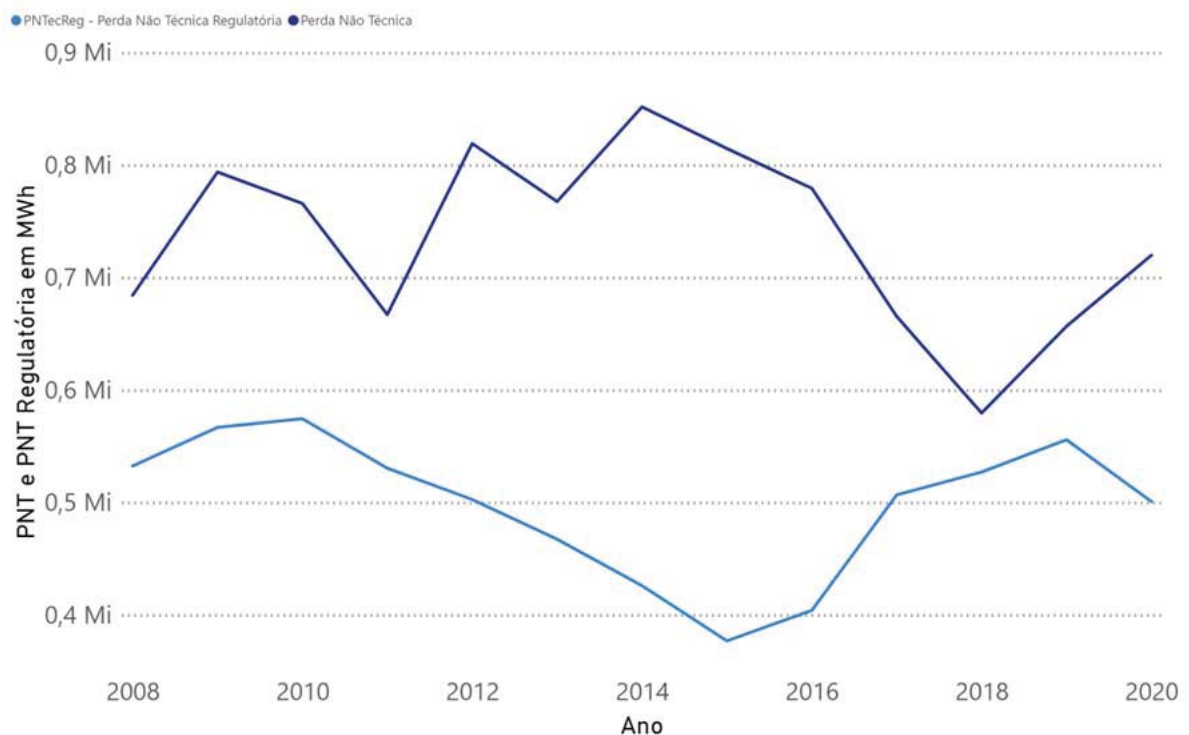
² Detalhes a cerca da tarifa total como métodos e períodos de revisão não serão abordados por não fazerem parte do escopo do presente estudo.

³ Utilizado o mercado de baixa tensão pois é onde concentra-se a parte mais relevante das PNT

- E_{inj} é o total de energia injetada na rede de distribuição no mesmo período
- $P_{tec(\%)}$ é o percentual de perdas técnicas injetada regulatória
- M_{bt} é o mercado de baixa tensão medido no período

Como já dito anteriormente, no Brasil, a regulação do serviço de distribuição de energia elétrica é feito pela ANEEL, que estabelece os limites de PNTs para cada concessionária. Pode-se ver no Gráfico 7 a diferença entre as PNTs regulatórias definidos pela ANEEL e os valores de PNTs reais obtidos pela EDP ES.

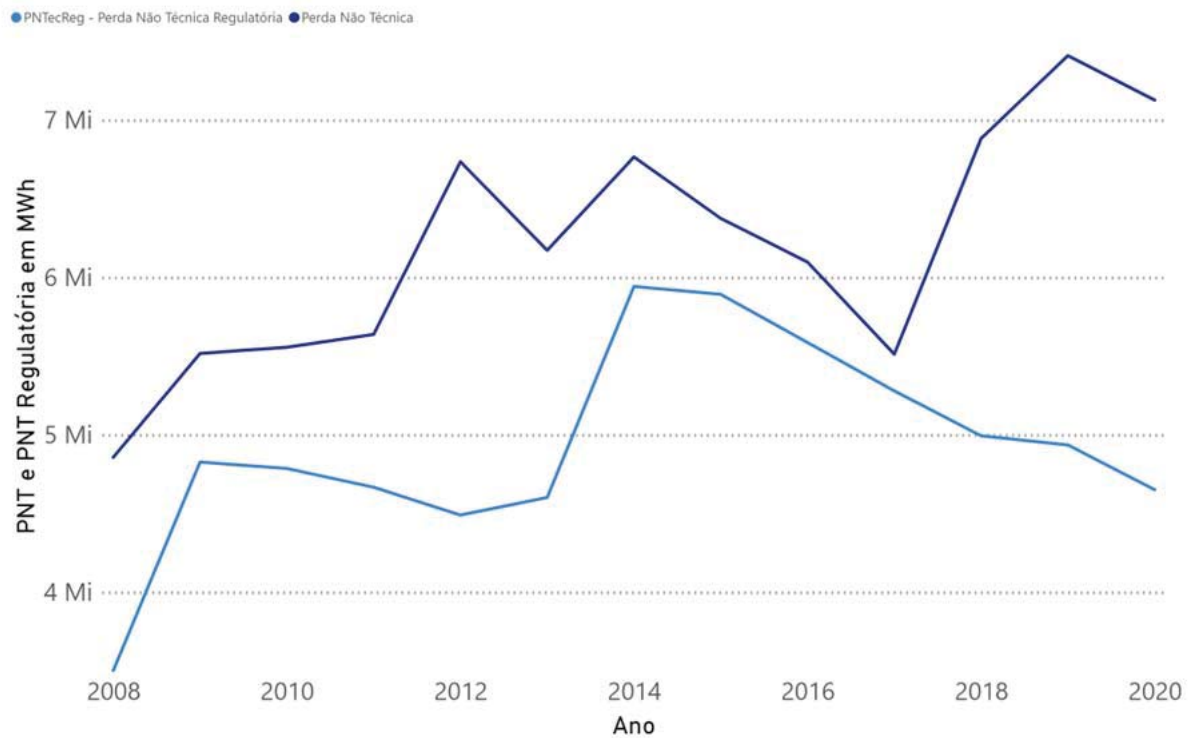
Gráfico 7 – Evolução das PNT reais e PNT Regulatórias para a EDP ES



Fonte: Elaboração do Autor

No Gráfico 8, temos as mesmas variáveis sendo analisadas, porém para a distribuidora Light Serviços de Eletricidade S.A (LIGHT), tornando nítida a diferença quantitativa de metas regulatórias para cada concessionária, meta essa que tem seus valores adequados à realidade da área de concessão em questão.

Gráfico 8 – Evolução das PNT reais e PNT Regulatórias para a LIGHT



Fonte: Elaboração do Autor

2.2.2 Perda por falha de equipamentos

Equipamentos em mau estado de conservação, defeituosos e deteriorados geram perdas não controladas ou passíveis de previsão uma vez que a modelagem de tais variáveis é praticamente inviável. Assim, essas perdas são classificadas como não técnicas (PENIN, 2008).

A manutenção e a substituição de equipamentos avariados é de fundamental importância para redução de perdas não técnicas. A manutenção e substituição são valores mensuráveis, porém a divergência que os equipamentos já instalados causam dos valores reais são os valores equadrados em PNTs. Há um esforço significativo das concessionárias para que isso aconteça, como pode-se ver em AGÊNCIA CANAL ENERGIA (2020):

Até o fim deste ano, a Cemig vai visitar cerca de 700 mil unidades consumidoras e substituir quase 300 mil medidores de energia antigos por equipamentos mais modernos. O objetivo é manter o parque de medidores renovado e atuar na prevenção de possíveis falhas técnicas [...]

2.2.3 Perda por erros de faturamento

O erro de faturamento é atribuído ao profissional que realiza a leitura do medidor quando este realiza uma leitura incorreta do valor indicado, seja por falha humana ou por intenções ilícitas. Tal profissional se dá quando a região não possui um sistema de medição remoto, necessitando a presença mensal do leiturista (SANTOS, 2018).

Aqui o erro ocasionado pelo leiturista, se classifica como perda não técnica uma vez que não é possível prever que o encarregado irá fazer uma leitura equivocada do medidor (PENIN, 2008).

Tendo em vista o lado do consumidor, tal erro pode gerar grandes desconfortos para o cliente diretamente afetado pela leitura, o que implica em ações judiciais, como se pode ver em CORREIO BRASILIENSE (2020):

A Companhia Energética de Brasília terá que indenizar um consumidor por erro na aferição de consumo de energia, causado por falha no medidor. A decisão é do juiz da 2ª Vara Cível de Brasília, que determinou o pagamento de R\$ 5 mil em danos morais, além da devolução dos valores cobrados indevidamente.

2.2.4 Perda por falta de medição

Seja por falha da distribuidora de energia elétrica ou por estar previsto na legislação, algumas unidades consumidoras (UCs) não possuem medidores de consumo. Por exemplo, bancas de jornal, iluminação pública e quiosques não possuem um dispositivo para monitorar e mensurar o seu consumo de energia elétrica. Sendo utilizado assim estimativas através da carga instalada, demanda, fator de carga, entre outros, porém, as perdas são inevitáveis (HUBACK, 2018).

Ainda segundo a autora, para casos de UCs residenciais, pode-se considerar um furto de energia, uma vez que a ausência de medição significa uma ligação direta à rede elétrica. Com o agravante do cliente sequer fazer parte da base de dados da empresa.

Existem alguns consumidores que não possuem medidor, e que são casos previstos por legislação, segundo Penin (2008, p. 13):

Vários motivos podem impedir a obtenção correta da leitura. Muitas vezes os leituristas não têm acesso a determinadas instalações do poder público por simples falta de acesso ou chave. Outras vezes existem problemas com o roteiro de leituras. Casas ou estabelecimentos fechados também são comuns. Cachorros e caixas de abelhas também são fatores que impedem o trabalho do leiturista, e consequentemente a devida cobrança. De acordo com a legislação, depois do terceiro mês sem leitura a empresa é obrigada a cobrar pelo mínimo.

2.2.5 Perda por ação do consumidor

Difere-se furto de fraude. O furto é caracterizado por ligações clandestinas na rede, à revelia da concessionária de energia elétrica, esta prática ocorre em áreas com elevado RCS e é conhecida popularmente pelo termo “gato”. A fraude por sua vez, ocorre na adulteração de medidores, desvio no ramal, na religação direta realizada pelo consumidor de sua UC que teve o fornecimento previamente cessado (HUBACK, 2018) .

Ainda segundo a autora as perdas não técnicas são responsáveis por prejudicar o equilíbrio econômico-financeiro das distribuidoras, devido à diminuição das receitas, tornando mais difícil o investimento e melhorias em seu sistema de distribuição.

Seja por falta de renda, ou apenas para evitar pagar pela energia consumida, as ações praticadas pelo consumidor também causam grandes perdas financeiras, além de dificultar o dimensionamento correto da rede, como pode-se ver em COPEL (2021):

No decorrer de 2020, a Copel identificou 10.970 situações de furto de energia no Paraná. Isso representa o equivalente a 57,1 GWh, que seria suficiente para abastecer, por um ano, um município do porte de Sertanópolis ou Cruzeiro do Oeste, por exemplo.

Em Fuchs e Amaral (2005, p. 3) é possível observar uma lista de práticas adotadas para adulterar a medição de energia elétrica consumida pela unidade e na Figura 5 tem-se dois flagrantes de como os consumidores arriscam suas vidas para realizarem ligações clandestinas.

- Ligação direta à rede secundária;
- Desvio no ramal de entrada (antes do medidor);
- Elemento móvel do medidor bloqueado por meio de perfuração da tampa de vidro ou base e introdução de objetos ou material estranho;
- Ponteiros do medidor deslocados;
- Ligações do medidor invertidas;
- Terminal de prova aberto; [. . .] .

Figura 5 – Tentativa de Ligação Clandestina



Fonte: (BAPTISTA, 2016)

3 MÉTODOS DE COMBATE ÀS PERDAS NÃO TÉCNICAS

Nesta seção serão apresentados alguns dos métodos utilizados, ou em estudo, por empresas distribuidoras de energia elétrica nos mais diversos países com seus mais variados cenários de atuação. A construção foi feita com o intuito de abranger uma diversa gama de situações, bem como suas soluções e limitações envolvidas.

Em Penin (2008), tem-se que o comba às Perdas Não-Técnicas abrange principalmente métodos que possuem o objetivo de detecctar as UCs que apresentam alguma irregularidade no seu consumo de energia elétrica.

Buscando entender um pouco mais o lado do consumidor, em STRATEGY (2020), foi exposta uma análise de perfil de consumidores com as ações mais interessantes para cada um deles. Inicialmente é feita uma relação entre a capacidade de pagar e a intenção de pagar, sendo divididos em quatro grandes grupos¹:

- 1) Bons pagadores;
- 2) Usuários que não podem pagar;
- 3) Usuários que não querem pagar;
- 4) Usuários que não podem e não querem pagar.

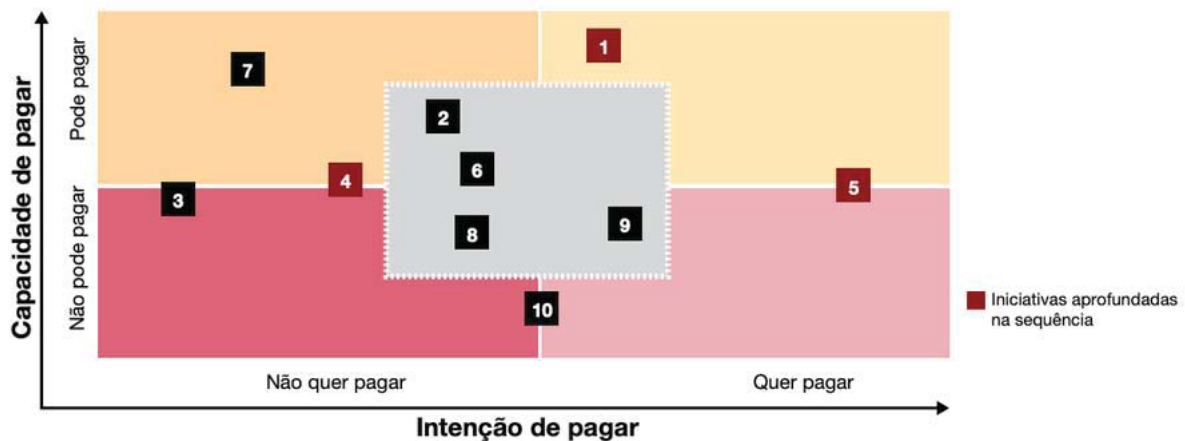
Onde os bons pagadores são aqueles que possuem dividas pontuais, seja por esquecimento, ou algum outro problema simples, consumidores onde o contato direto e acordos são suficientes para regular a situação. Em seguida tem-se os usuários que não podem pagar, ou seja, não possuem uma estrutura financeira ou não possuem endereço para o recebimento de fatura. Aqui a abordagem deve ser branda, pois esse perfil de consumidor possui a intenção de regularização. Depois, tem-se os usuários que não querem pagar, mesmo possuindo condições para tal. Para esse perfil é necessária uma fiscalização mais intensa, blindagem da rede, agilidade de corte e religação e multas. Por último, tem-se os usuários que não podem e não querem pagar, que é o grande desafio. Aqui entra a necessidade de ações conjuntas com governanças locais.

A matriz de iniciativas exposta na Figura 6, traz algumas medidas que, serão apenas listadas e não descritas².

¹ Uma descrição mais detalhada pode ser encontrada em (STRATEGY, 2020)

² Um detalhamento de cada medida pode ser encontrado em (STRATEGY, 2020)

Figura 6 – Matriz de Iniciativas



Fonte: (STRATEGY, 2020)

De STRATEGY (2020, pg. 11), tem-se:

- 1) Célula para análise de clientes prioritários[...]
- 2) Uso de *analytics* para buscas investigativas[...]
- 3) Políticas internas de corte e faturamento[...]
- 4) Distrital Franchising:[...]
- 5) Meios de pagamentos digitais[...]
- 6) Smart metering[...]
- 7) Blindagem da rede[...]
- 8) Cabeamento subterrâneo[...]
- 9) Programas de subsídios para baixa renda[...]
- 10) Medidas educativas de conscientização[...]

Uma boa segmentação de mercado conforme a capacidade e intenção de pagar permite à distribuidora de energia elétrica traçar planos e ações de forma mais eficiente. Por ser um estudo de mapeamento e segmentação de perfis de clientes, as ações sugeridas para um não necessariamente deixarão de ser eficazes contra outros, porém, esse mapeamento aliado à estratégias estruturadas e coordenadas, podem sim reduzir os índices de PNT (STRATEGY, 2020).

3.1 Medidas Preventivas

Medidas preventivas tem como objetivo antecipar que as PNTs ocorram, sendo assim, ações realizadas antes de quaisquer outra forma de combate (PENIN, 2008).

3.1.1 Conscientização de consumidores

De acordo com EDP (2015), campanhas educativas, palestras e ações visando o consumo consciente seguro de energia elétrica, apesar de medidas simples, são tão importantes quanto quaisquer outras medidas empregadas no combate às PNTs, uma vez que tais ações desestimulam a aceitação social de fraudes e furtos. Segundo classificação em STRATEGY (2020), tal medida seria mais eficiente entre consumidores que não podem e não querem pagar e consumidores que não podem e querem pagar.

Com apresentações realizadas por colaboradores da EDP e com conteúdo adequado a cada público alvo, a informação é levada à diversos perfis de consumidores, sobre como fazer o uso consciente, se manter seguro ao utilizar a energia elétrica e os riscos que as ligações clandestinas podem trazer (LOZER, 2021).

Outro exemplo de ação social foi implementado pela empresa LIGHT no Rio de Janeiro e consiste em patrocinar um projeto social conhecido por “Viva Vôlei” em parceria com a Confederação Brasileira de Vôlei. O projeto tem foco em crianças entre 7 a 14 anos. Tal iniciativa permitiu a aproximação dos moradores de uma ASRO com os funcionários da empresa, que agora conseguem operar na região sem restrições dos moradores (HUBACK, 2018). Em ASAS (2017) temos um registro do projeto que pode ser visto na Figura 7 .

Figura 7 – Projeto Viva Vôlei Terreirão Light



Fonte: Asas RJ

Apenas ações repressivas, como inspeção contínua ou periódica das UCs não trazem bons

resultados quando se busca a conscientização do consumidor. Por isso é necessário investir em ações sociais baseadas em educação da sociedade, buscando manter uma boa relação entre a distribuidora e o consumidor (PENIN, 2008).

A boa relação entre consumidores e empresa facilita a atuação da empresa em certa área. A empresa colombiana³ Codensa, por exemplo, atuava em uma zona onde não existiam tantas restrições operativas, dessa forma, foi realizada a troca de medidores nas residências, troca de cabos e instalação de caixas de conexões com cadeados o que permitiu reduzir a porcentagem de PNT de 27% para 10,45% em 3 anos (HUBACK, 2018). Projeto foi realizado paralelamente com a medida abordada na Seção 3.2.8.

3.1.2 Valorização e conscientização de funcionários

Os funcionários possuem grande importância no combate às perdas. Em algumas empresas os próprios funcionários estavam ligados à empresas de prestação de serviços fraudulentos (HUBACK, 2018).

Segundo Cabral, Lordelo e Cabral (2020) tais prestadores de serviço comparam os benefícios financeiros de realizar tais atos com o salário recebido por eles. Não são fatores justificáveis legalmente, porém, é a realidade da mentalidade de que pratica tais infrações.

Ter funcionários conscientes dos reais impactos das perdas não técnicas, seja através de treinamentos ou através de uma cultura de combate da empresa sendo estimulados a combatê-las por metas empresariais, é um grande aliado na mitigação das PNTs. Principalmente no caso dos profissionais que realizam as inspeções, que necessitam de conhecimento técnico, social e legal, para conseguirem realizar suas atividades da forma mais íntegra possível (PENIN, 2008).

3.1.3 Melhora da qualidade do serviço

Em Huback (2018) tem-se uma breve parte onde a autora diz que a melhora na qualidade do serviço prestado pela concessionária de energia gera engajamento positivo dos líderes comunitários, reduzindo reclamações de curtos circuitos, incêndios e explosões de transformadores, permitindo assim maior intervenção da empresa em locais que antes não era muito bem recebida.

³ A Colômbia foi escolhida como parâmetro uma vez que apresenta semelhanças nos indicadores de governança, nível de corrupção, desenvolvimento socioeconômico e violência com o Brasil (HUBACK, 2018).

3.1.4 Tarifa Social de Energia Elétrica

Instituída pela Lei 12.212 de 2010, a tarifa social já é uma realidade existente no Brasil, e oferece descontos cumulativos na conta final do consumidor da seguinte forma:

[...]

I - para a parcela do consumo de energia elétrica inferior ou igual a 30 (trinta) kWh/mês, o desconto será de 65% (sessenta e cinco por cento);

II - para a parcela do consumo compreendida entre 31 (trinta e um) kWh/mês e 100 (cem) kWh/mês, o desconto será de 40% (quarenta por cento);

III - para a parcela do consumo compreendida entre 101 (cento e um) kWh/mês e 220 (duzentos e vinte) kWh/mês, o desconto será de 10% (dez por cento);

IV - para a parcela do consumo superior a 220 (duzentos e vinte) kWh/mês, não haverá desconto.

[...]

Para receber o benefício é necessário que os moradores da UC estejam inscritos no Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal (CadÚnico) e possuam renda mensal per capita igual ou inferior a meio salário mínimo vigente entre outros pré requisitos.

Essa medida mostra-se mais eficiente para consumidores que não podem, porém, querem pagar, uma vez que a Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE) é subsidiada pelo governo com recursos da Conta de Desenvolvimento Energético (FREITAS, 2011).

Um exemplo de eficiência de tal ação social pode ser encontrado em CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO (2020, p. 37), e diz que:

[...] a CEMIG realizou um breve levantamento de dados sobre o assunto, considerando os cálculos de irregularidades registrados em seus sistemas de medição, e apontou que o volume de fraudes associados a clientes com o benefício da TSEE é baixo, representando 5,46% do total de fraudes para consumidores.[...]

Na Colômbia há uma medida parecida, onde é realizado o subsídio cruzado, onde os consumidores de zonas mais ricas financiam os consumidores de áreas subnormais que consomem baixos níveis de eletricidade. No Peru, também ocorre o subsídio cruzado, porém, as UCs são classificadas por demandas, onde clientes que consomem mais de 100kWh subsidiam os que consomem menos de 30kWh (HUBACK, 2018).

3.1.5 Programa de trocas

Já implementada por algumas distribuidoras de energia elétrica, o programa de trocas tem como objetivo beneficiar o cliente oferecendo regalias. Um sistema de troca pode ser implementado

visando a fidelização do cliente que já mantêm suas faturas em dia e também como incentivo aos clientes que possuem desejo de pagar suas contas em dia (STRATEGY, 2020).

Tem-se o exemplo da Enel Rio que ofereceu aos clientes descontos 50% na compra de eletrodomésticos novos. Este programa faz parte do Programa Luz Solidária Enel (SANTOS, 2018). Para ingressar no programa, o consumidor não pode possuir débitos vencidos com a distribuidora (ENEL, 2021).

Em Bogotá, temos a Codensa com o programa Codensa Hogar, criado em 2002. Programa cuja premissa se dá na troca de serviços e produtos pelo cliente manter seus débitos em dia. Por exemplo, o crédito acumulado pode ser utilizado para a compra de eletrodomésticos, imóveis e utensílios escolares, entre outros produtos (HUBACK, 2018).

3.1.6 Sistema de pagamento pré-pago

Aprovada pela Resolução Normativa 610/2014, a modalidade pré-paga de energia elétrica no Brasil está liberada, sendo de livre vontade e sem ônus para o consumidor (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b).

Tal sistema de pagamento permite que o próprio cliente faça seu controle de energia de forma mais eficiente, uma vez que esse sistema apresentaria mais eficiência para clientes que querem manter-se sem dívidas, evitando surpresas nas contas de energia elétrica ao final do mês (HUBACK, 2018).

Ainda de acordo com a autora, a distribuidora colombiana Empresas Públicas de Medellín (EPM) obteve um aumento do nível de adimplência com essa modalidade de pagamento, alcançando em 10 anos quase 230 mil clientes utilizando esse sistema e gerando economia de 40% em algumas comunidades.

Segundo FISCHER (2015) o sistema gera uma série de vantagens para o consumidor, como, por exemplo, escolher quanto e quando irá comprar créditos, sem custos para desligamento e religamento da rede, não há multas por atraso de pagamento da fatura e para UC cuja ocupação é sazonal, evitando cobrança de taxas mensais. E também traz vantagens para a concessionária, como, por exemplo, o corte e religamento automático, atrelados aos créditos do medidor, eliminação de custos para leitura do medidor, melhora no relacionamento entre empresa e consumidor, além da empresa receber o pagamento antecipadamente.

O autor também apresenta algumas desvantagens do sistema. Para o consumidor; os cortes

de energia serão instantâneos ao esgotamento dos créditos, apesar de um aviso emitido pelo medidor, e também o tempo e custo empregados no deslocamento para a recarga do medidor, para a concessionária; alto custo dos medidores, tanto para aquisição quanto manutenção e instalação de locais de venda de créditos de energia.

Alguns exemplos de países que utilizam esse sistema podem ser encontrados em FISCHER (2015), HIEDA (2012) e são eles:

- A Inglaterra, uma das pioneiras na utilização desse sistema, possui um retorno positivo de seus consumidores, alegando um melhor controle dos gastos. Outro ponto interessante é a existência de um botão de emergência, onde são fornecidos créditos extras;
- África do Sul, onde o sistema tem como objetivo principal eliminar a inadimplência, para isso, o governo fornece um subsídio de 50kWh;
- Irlanda, onde estão localizados um dos sistemas pré-pagos mais avançados;
- Argentina, utiliza para que o governo administre melhor o consumo de energia. Possui uma particularidade, onde é creditado 0,0008 kWh a cada 15 segundos no medidor, de forma a evitar o corte súbito de energia elétrica;
- Bélgica, possui um sistema eficaz, onde cada residência recebe o subsídio anual de 100 kWh, com idosos e deficientes recebendo 500 kWh, sendo permitida a aquisição de créditos adicionais e não há o desligamento total de energia caso os créditos acabem;
- Peru, ainda recente, porém, com o avanço do sistema a inadimplência vem caindo. Dos adeptos ao sistema, 65,7% julgaram-no como bom e apenas 2% que o sistema é ruim;
- Tasmânia, 22% da população utiliza o sistema pré-pago, com a condição de que os medidores não podem ser desligados entre 14:00 e 8:00, com crédito de emergência de pelo menos 10 dólares, descontados da próxima recarga, sendo um valor suficiente para 3 a 5 dias.

No Brasil, o objetivo principal da implementação de tal sistema está no aumento do acesso à energia elétrica pela população com maior fragilidade social, uma vez que o sistema pré-pago poderá ter uma faixa de gratuidade subsidiada pelo governo. Sendo que para o melhor aproveitamento no Brasil seria o não desligamento entre 17:00 e 8:00, com crédito de emergência de 10 reais e com promoção onde, quanto mais crédito comprado, mais desconto teria (HIEDA, 2012).

3.1.7 Geração distribuída

A Resolução Normativa ANEEL N° 482 trata de condições gerais sobre geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica. No documento a geração distribuída está subdividida em microgeração e minigeração.

Em Santos (2018, p. 47) temos:

[...] **Microgeração distribuída:** central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW e que utilize cogeração qualificada¹¹, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.[...]

Mesmo com o sistema de geração distribuída a UC continua sendo alimentada pela rede da distribuidora. Caso a geração distribuída não supra totalmente a demanda, o cliente consome energia elétrica da distribuidora e o valor faturado é referente apenas a esse consumo.

Segundo Santos (2018), quanto às PNT, a geração distribuída pode ser utilizada para reduzir inadimplência de consumidores, uma vez que a UC passaria a gerar sua própria energia elétrica e até fornecendo energia elétrica para a concessionária.

Ainda segundo a autora, uma solução possível seria o arrendamento dos telhados residenciais. Tal solução consiste no cliente cedendo seu telhado para a concessionária de energia realizar a instalação de painéis solares, recebendo em troca algum tipo de benefício, como, por exemplo, um pagamento diferenciado pela sua energia consumida. Por exemplo, o cliente tem a energia gerada aproveitada pela sua própria UC, ou ele recebe descontos em sua tarifa.

Em Santos (2017) tem-se um estudo de caso em uma região do Rio de Janeiro que apresentava perdas superiores a 50%. O estudo envolveu 100 residências e estimou um ganho total de R\$16 milhões em 25 anos, considerando a vida útil dos equipamentos.

O arrendamento de telhados já é uma realidade existente no Japão desde 2012, onde escolas públicas estão alugando os seus telhados para as empresas geradoras de energia. A partir de 2014 UC residenciais também começaram a arrendarem seus telhados (SANTOS, 2018).

Na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), a geração distribuída já é uma realidade. Com o corte previsto de cerca de R\$1,2 bilhões para universidades públicas, vem junto a preocupação

de não conseguir arcar com todas as despesas da UFES, entre elas, a energia elétrica (A GAZETA, 2021).

Porém, uma medida que ajudará a UFES quanto à energia elétrica é que no dia 16 de março de 2020 ela inaugurou o maior parque de minigeração distribuída de energia solar fotovoltaica do Espírito Santo. Ao todo, R\$18 milhões foram investidos e contam com 17 mil painéis (UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, 2020).

Segundo a reportagem, a usina servirá para abastecer os *campi* de Goiabeiras e de Maruípe, possuindo capacidade para produzir 7,7 milhões de kWh/ano. Tal ação gera uma redução de 45,5% no consumo do *campus* de Goiabeiras e de 30% na conta geral da UFES. A economia anual estimada é de R\$ 5 milhões.

3.2 Medidas de Combate

Medidas de combate tem como objetivo empregar tecnologias para detecção e mitigação de UC já identificadas como irregulares (PENIN, 2008).

3.2.1 Delação de infratores e medidas legais

Situada na segunda maior cidade da Colômbia, a distribuidora EPM abordou a delação de infratores como medida de combate às PNT. A delação era premiada e em 2017 foram realizadas 191 normalizações de adulterações na rede e 63 denúncias. Além disso, 9 funcionários foram identificados da própria EPM foram demitidos e processados, pois estavam oferecendo serviços ilegais. Apesar de uma medida simples, o faturamento da concessionária ampliou cerca de US\$204.000 ao ano (HUBACK, 2018).

De acordo com a referida autora uma distribuidora jamaicana em parceria com uma organização pacificadora conhecida por “Crime Stop Jamaica” ofereceu US\$ 100.000,00 de remuneração para que a organização descobrisse conexões ilegais, e realizasse a prisão dos infratores, principalmente os grandes consumidores. Tal medida realizou em sete meses mais de 500 prisões, porem, a penalidade para esse tipo de crime na Jamaica também é branda.

Uma legislação mais rígida se mostra uma eficaz aliada ao combate das PNT. Também tomando como exemplo a realidade colombiana, sua legislação prevê multa de 1,33 a 150 salários mínimos e 16 a 72 meses de prisão (HUBACK, 2018).

Segundo Santos (2018) no Brasil o furto de energia também é considerado um crime com pena de multa e reclusão entre um a quatro anos de acordo com o Artigo 155 do Código Penal - Decreto Lei 2848/40.

A aplicação de medidas penais se torna mais eficaz no combate a consumidores que podem e não querem pagar suas faturas, uma vez que eles possuem condições financeiras de quitarem seus débitos.

No Brasil, em termos legais, é observada uma evolução, porém, os criminosos ficam poucos dias retidos, uma vez que o crime ainda é considerado leve. Tal sensação de impunidade soa como um incentivo para os eletrotraficantes (HUBACK, 2018).

3.2.2 Rede de distribuição aérea transversal

De acordo com Santos (2018), a rede de distribuição aérea transversal, ou apenas rede DAT, começou a ser executada em 2003 pela distribuidora Enel, localizada no Rio de Janeiro. A diferença da rede DAT para uma rede de distribuição comum é que na DAT a rede de baixa tensão (BT) e o circuito de iluminação pública encontram-se no mesmo nível da rede de média tensão (MT), dentro dos limites estabelecidos pela norma NBR 15688 da ABNT (ENEL, 2018).

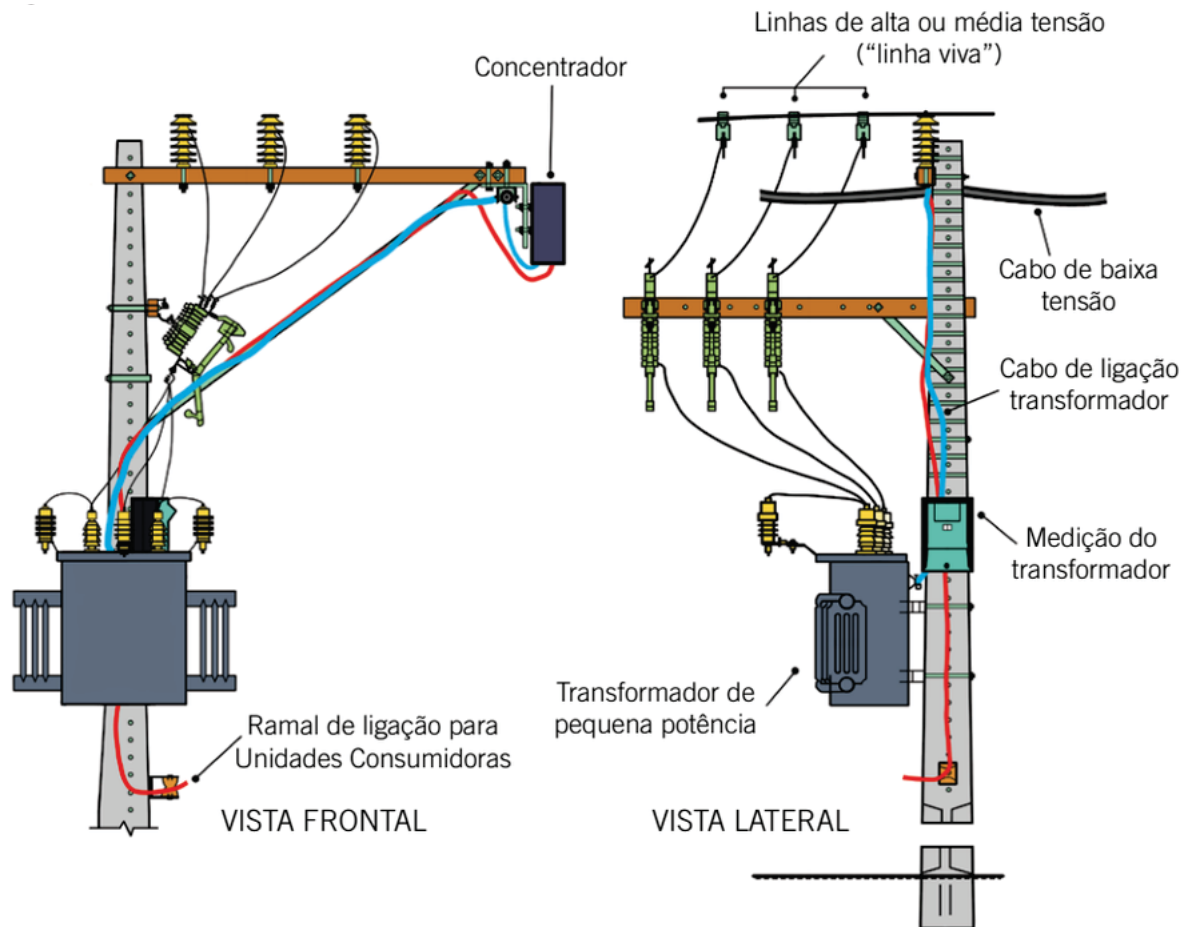
Essa disposição da rede de BT no mesmo nível da rede de MT visa dificultar novas conexões clandestinas e reconexões à revelia da distribuidora, uma vez que, no local de instalação, a forma mais utilizada para se furtar energia é a ligação clandestina à rede de BT, sendo apelidada de “rede blindada” (PERDAS. . . , 2017).

Em Perdas. . . (2017) podemos encontrar mais algumas características construtivas da Rede DAT, que são:

- Postes de 11 metros, ao invés de 6 metros;
- Transformadores de menor potência, limitando sua operação a apenas 12 unidades consumidoras;
- Medidores instalados nos transformadores, facilitando o monitoramento do balanço energético da rede de distribuição;

Pode-se observar a construção da Rede DAT na figura 8.

Figura 8 – Rede DAT



Fonte: (PERDAS. . . , 2017)

Inicialmente a Rede DAT gerou impacto positivo, reduzindo as perdas não técnicas, porém, foi burlada em pouco tempo através da adulteração dos medidores. Evoluindo assim para a implementação do Ampla Chip, que é um sistema de medição eletrônica que permite a comunicação através da rede celular, sendo possível agora a leitura de forma remota, suspensão e reestabelecimento do fornecimento de energia elétrica (SANTOS, 2018).

De acordo com a referida autora, a implementação do Ampla Chip não somente reduziu as perdas não técnicas devido ao furto, como também evitando erros de leituras, aprimorou a qualidade do serviço prestado uma vez que as informações são mais precisas e também reduziu as inadimplências, visto que a suspensão era quase que imediata.

Em 2007, dois anos após a implementação do Ampla Chip, foi necessária uma nova evolução do sistema, pois, novamente já haviam sido descobertos meios de adulterar a rede (PERDAS. . . , 2017). Evidenciando a existência de profissionais qualificados trabalhando em prol das fraudes dos medidores (MÖLLER, 2017).

Foi criado então o Projeto Sentinela, onde os medidores foram instalados em caixas blindadas na ponta da cruzeta. Em cinco anos de projeto, a Rede DAT conseguiu reduzir as PNT de 23,9% para 18,6% (PERDAS... , 2017). Também sendo mais eficiente contra clientes que podem, mas não querem pagar.

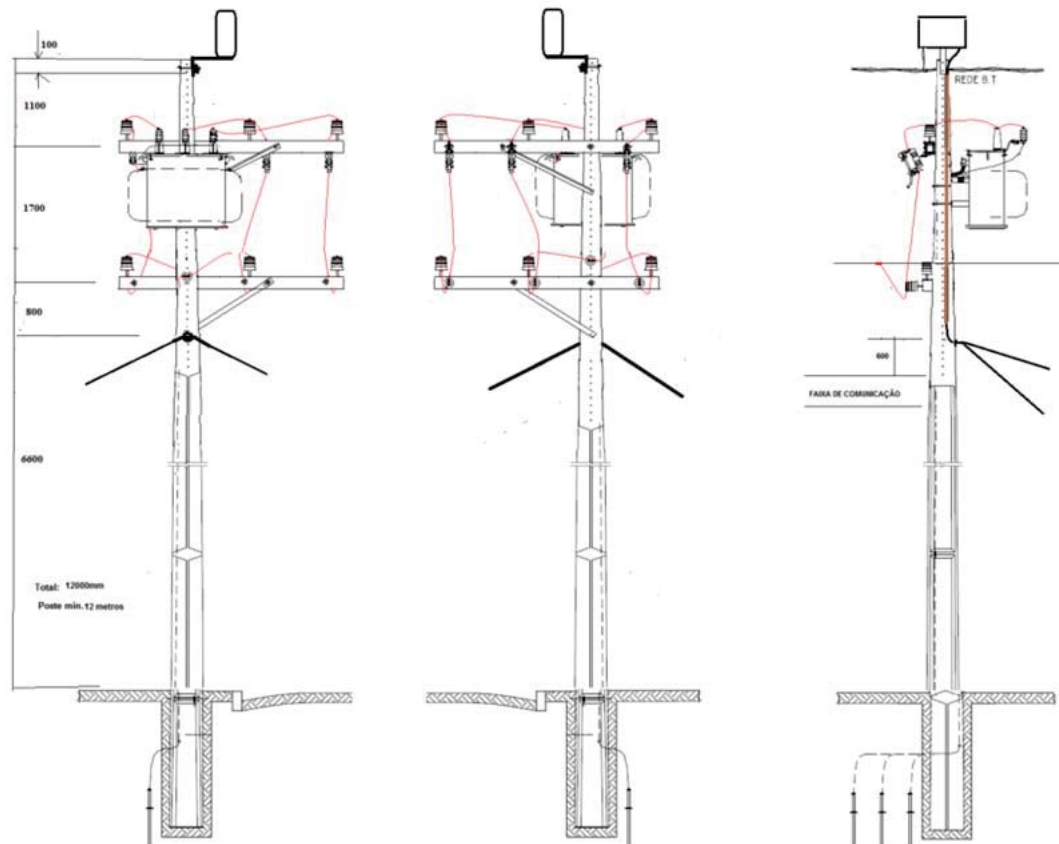
3.2.3 Rede invertida

Também desenvolvida pela Enel Rio e implementada em 2014, a rede invertida surgiu como uma evolução da Rede DAT, onde a rede de BT é colocada acima da rede de MT, para tornar o acesso à rede de BT ainda mais difícil. Tal disposição também possui o intuito de blindar a rede de BT (SANTOS, 2018).

Segundo Möller (2017) inicialmente a implementação da rede invertida foi realizada em locais onde vendedores ambulantes faziam uma ligação direta da rede para seus equipamentos de refrigeração. Mostrando que teria mais aproveitamento se usada em clientes que podem, mas não querem pagar.

A disposição adotada na rede invertida gera um ponto de debate, uma vez que, a rede de BT fica acima da rede de MT, sendo assim, uma tentativa de acesso à rede de BT oferece risco de vida para quem tente acessá-la. Apesar dessa disposição ser motivo de discussão, a distância entre os cabos estão conforme a NBR 5410:2004 e também foram realizadas reuniões com os moradores da região cuja rede seria implementada, com o intuito de alertá-los sobre os riscos de vida que a rede oferecia (SANTOS, 2018). Podemos ver a disposição física dos cabos na Figura 9.

Figura 9 – Rede Invertida



Fonte: Enel Rio

Outro ponto a se citar sobre a rede invertida é que qualquer operação que venha a intervir na rede exige que ela esteja desligada, inclusive, para que novas conexões sejam realizadas. Como o desligamento de uma rede não é um processo rotineiro nem desejável, uma vez que afeta diretamente indicadores ⁴ como a DIC, DMIC, DICRI, DEC, entre outros, temos aqui um ponto de melhoria a ser desenvolvido para a rede invertida (SANTOS, 2018).

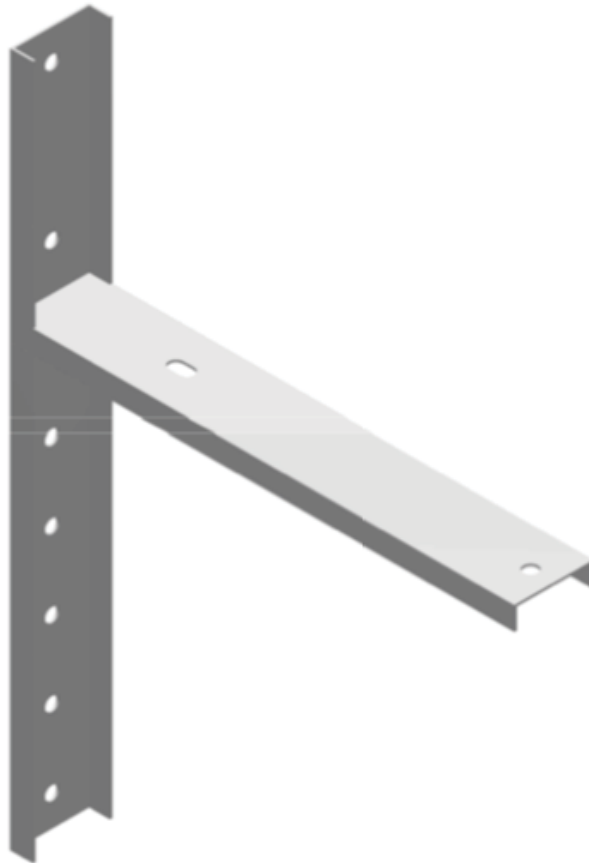
3.2.4 Rede antifurto

Desenvolvida pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), essa nova forma de se construir a rede de distribuição tem como objetivo dificultar operações de ligações clandestinas através do afastamento da baixa tensão do poste pela utilização de uma cruzeta (NAGAMINE, 2011). Também seria uma medida eficaz contra clientes que podem, mas não querem pagar.

⁴ Onde, DIC é a duração de interrupção individual por unidade consumidora, DMIC é a duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou ponto de conexão, DICRI é a duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão e DEC é a duração equivalente de interrupção por unidade consumidora.

Em COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (2011) pode-se observar a vista isométrica da construção da rede, mostrada aqui na Figura 9 .

Figura 10 – Vista Isométrica da Rede Antifurto



Fonte: (COPEL, 2011)

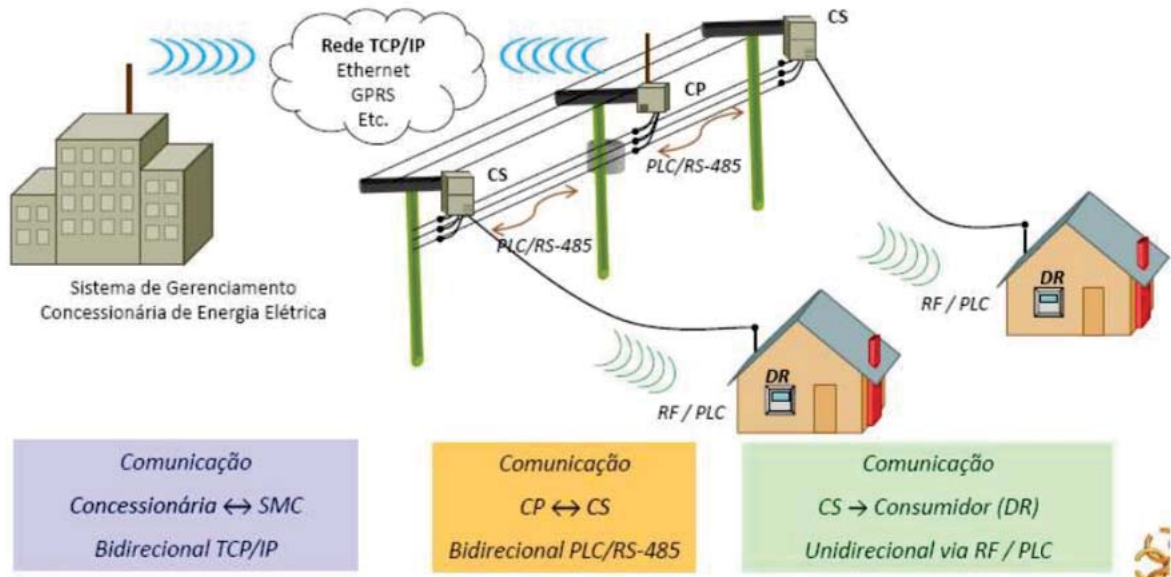
Ainda no documento da COPEL, temos que o afastamento do poste para o final da cruzeta é de 62 centímetros e todas as especificações seguem as normas vigentes.

3.2.5 Sistema de medição centralizada

Principalmente localizada no Rio de Janeiro, Ceara, Bahia, Rio Grande do Norte e Espírito Santo, esse tipo de rede já possui certo nível de inteligência. Nesse tipo de rede, os medidores possuem um relé ativado remotamente, que exerce a função do corte de energia caso o pagamento da fatura de energia elétrica não seja identificado (MOLLER, 2017).

Ainda segundo o autor, os medidores possuem comunicação entre si, sendo equipados com um dispositivo modulador e demodulador (*modem*), formando entre eles uma rede, com comunicação com o servidor da empresa realizada via tecnologia GPRS ou 3G. Tal sistema pode oferecer uma redução de 90% das perdas de energia (FINCO, 2017). Um desenho ilustrativo pode ser encontrado da Figura 11 .

Figura 11 – Esquema completo do Sistema de Medição Centralizada



Fonte: (NAGAMINE, 2011)

Em Nagamine (2011, p. 66) é listada uma série de características do sistema:

[...]

- medição do consumo de energia das unidades consumidoras conectadas a ele;
- tornar a distribuição de energia eficiente e moderna e reduzir perdas comerciais e técnicas;
- solução integrada, desenvolvida para oferecer às distribuidoras de energia elétrica uma alternativa;
- leitura remota;
- corte/religamento remotos;
- total controle dos dados do consumidor;
- alta imunidade ao furto;
- maior segurança para os funcionários da empresa que não precisam se deslocar até o local para fazer cortes/religamentos.[...]

Mais detalhadamente, o sistema de medição centralizada (SMC) consiste no agrupamento de até 12 medidores eletrônicos monofásicos de energia elétrica, os concentradores secundários (CSs), vistos na Figura 12. No CS há o armazenamento de consumo de cada UC. O CS é responsável por enviar os dados medidos, bem como alarmes, corte e religação dos medidores. Uma característica interessante é que a tampa possui um sensor de abertura.

Figura 12 – Concentrador Secundário



Fonte: (PUCRS, 2019)

Os CSs estão conectados aos concentradores primários (CPs) e são responsáveis pelo processamento de dados provenientes do CS e comunicação com a concessionária. É através do CP que os consumidores obtêm informações sobre leitura, conexão e desconexão (NAGAMINE, 2011). Na figura 13 pode-se observar um modelo de concentrador primário.

Figura 13 – Concentrador Primário



Fonte: (NAGAMINE, 2011)

As vantagens do SMC são muitas, para as distribuidoras de energia elétrica tem-se a redução do erro de leitura, leitura remota, corte e religação remota, controle eficaz da inadimplência, facilitador para fornecimento de energia pré-paga e confiabilidade de dados. Para o consumidor, também tem-se a redução do erro de leitura, tempo de espera para religação de energia reduzido para casos de inadimplência, melhor gestão de consumo e também a segurança, uma vez que não há a necessidade de acessar a residência, pois, apesar da externalização dos medidores já ser uma realidade, ainda não representa a realidade de todas as UCs (FINCO, 2017).

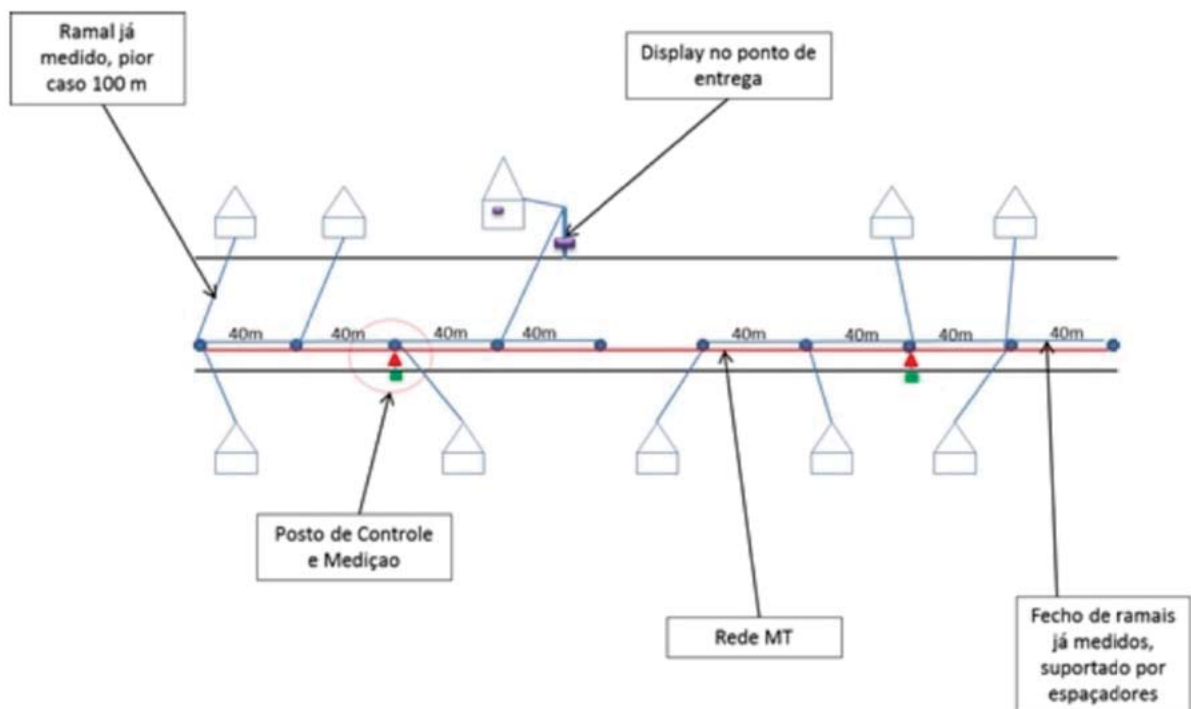
Ainda segundo o autor, apesar das várias vantagens do sistema, não é garantida a adimplência por parte de consumidores que vivem em situação de extrema dificuldade financeira, ou seja, tal medida não se mostra eficaz para consumidores em situação de fragilidade social, sendo mais eficaz contra inadimplências de consumidores que podem, e não querem pagar. Entretanto, a utilização do SMC traz vantagens para a distribuidora, visto que atualmente já não é um produto voltado exclusivamente ao combate desse tipo de PNT.

3.2.5.1 Sistema de medição centralizada BT Zero

No Espírito Santo, as PNTs são provenientes principalmente de ligações clandestinas na rede de BT e também têm por característica a predominância da rede aérea convencional de distribuição de energia elétrica, que possui vários pontos onde é possível realizar conexões irregulares. Dessa forma, a EDP ES desenvolveu o projeto BT Zero. Tal projeto é inovador tanto no Brasil quando fora do país (BAPTISTA; SOUZA, 2016).

Tal variação do SMC foi proveniente de profundas pesquisas e estudos sobre as principais soluções para combater as PNT. Nesse sistema após a transformação da energia elétrica para BT, tal energia ainda não é entregue à UC, mas sim, direcionada para o sistema de medição através de cabos blindados de um metro de comprimento, ou seja, a medição é feita antes do consumidor ter acesso à BT (BAPTISTA; SOUZA, 2016). Na figura 14 tem-se uma representação de como o sistema funciona.

Figura 14 – Detalhamento técnico da rede



Fonte: (BAPTISTA; SOUZA, 2016)

3.2.6 Cabos concêntricos

Buscando alternativas seguras e eficazes, aliado à melhoria da relação da empresa com o cliente, estão sendo utilizados os cabos concêntricos, que nada mais são que fios dispostos concêntricamente e isolados entre si por um material isolante. Medida que já vem sendo adotada em diversos países e por algumas concessionárias brasileiras (ZAMPOLLI; GARCIA JUNIOR; CAVARETTI, 2010). Podendo ser eficaz contra todos os perfis de clientes que não desejam pagar.

Os cabos concêntricos vêm demonstrando grande eficiência no combate às PNT, uma vez que qualquer perturbação em sua estrutura, como uma tentativa de perfuração, daria acesso apenas ao condutor neutro e o prosseguimento da perfuração geraria um curto circuito (ZAMPOLLI; GARCIA JUNIOR; CAVARETTI, 2010).

Ainda seguindo a autora citada, um projeto-piloto foi realizado em duas áreas de Paraisópolis, a segunda maior favela da cidade de São Paulo. Foram instalados quase 90 quilômetros de cabos concêntricos. A comunidade local aceitou sem maiores problemas a substituição dos cabos e com isso houve uma redução a taxa de inadimplência de 98% para 12%, isso tudo com um *pay-back* de 1 ano e 4 meses. Além de zerar os acidentes envolvendo a rede de distribuição de energia elétrica. Houve apenas um evento de furto em dois anos, o que mostra que cabos concêntricos possuem grande potencial no combate às PNT.

Temos duas variedades de cabos concêntricos, uma, conhecida por cabo concêntrico bifásico, é composto por duas fases e um neutro em cobre, geralmente isolado entre camadas com polietileno reticulado (ZAMPOLLI; GARCIA JUNIOR; CAVARETTI, 2010). Há também o triconcêntrico, que é o cabo concêntrico trifásico, composto por três fases e um neutro, em alumínio, intercaladas com uma camada isolante entre as fases. Nesse cabo, há uma camada semicondutora a qual em uma tentativa de violação do cabo gerará um curto circuito monofásico, o que fará com que a rede seja desenergizada e acionará a equipe de manutenção (SANTOS, 2018). Podemos ver a disposição física de um cabo biconcêntrico na Figura 15.

Figura 15 – Cabo ICE - Concêntrico



Fonte: Ice Cabos

3.2.7 Proteção contra campos eletromagnéticos

A grande maioria das técnicas de furto de energia elétrica deixam algum indício de que houve alteração no medidor, porém, com o avanço da tecnologia de combate, vem avançado também os métodos de furto. Dessas diversas técnicas, tem-se uma que não deixa nenhum vestígio, que é a utilização de ímãs de neodímio com campos magnéticos elevados, por volta de 0,5T (BERQUÓ, 2021).

Ainda segundo o autor, a técnica tem sido difundida de forma rápida através da *internet*, pois, os ímãs são de fácil acesso e possuem um campo magnético mil vezes maior que o suportado pelo medidor, de acordo com a norma NBR14520:2011, afetando tanto medidores eletromecânicos quanto digitais e inteligentes.

A ação dos intensos campos magnéticos reduzem o registro do consumo real das UC, uma vez que o ímã produz a saturação ou quase saturação dos sensores de corrente do medidor, prejudicando assim o correto funcionamento e leitura. Por ser uma ação nova e que está sendo amplamente divulgada, as distribuidoras de energia elétrica necessitam de tempo hábil para combater tais técnicas (CEPEL, 2019; BERQUÓ, 2021).

Quanto ao combate a esse tipo de técnica, em CEPEL (2019) tem-se um protótipo que possui o objetivo de detectar, identificar, registrar e informar a presença de campos magnéticos com intensidade elevada, realizando de forma imediata o corte de energia elétrica.

Outras soluções podem ser encontradas em Berquó (2021), onde temos a presença de uma etiqueta que se danifica na presença de um campo magnético, como pode-se observar na Figura 16. Tem-se também um dispositivo que detecta e marca permanentemente no medidor a tentativa de furto de energia elétrica por aproximação de um campo magnético elevado, e também, a blindagem magnética dos transdutores de correntes.

Figura 16 – Etiquetas para detecção de campos magnéticos



Fonte: (BERQUÓ, 2021)

3.2.8 Macromedição eletromecânica

Segundo Huback (2018), a macromedição em transformadores auxilia na identificação de áreas prioritárias a se combater as PNT. Tal medição pode ser realizada por medidores eletromecânicos de baixo custo, comparados aos eletrônicos.

Ainda segundo a autora, a distribuidora colombiana Codensa implementou tal medida. Foram necessários cinco anos para que fosse concluída e permitiu uma maior eficiência e agilidade na identificação de furtos, onde os casos reincidentes tinham seus medidores substituídos por medidores inteligentes.

Tal medida se mostra tão atrativa para a detecção de áreas onde possíveis furtos ocorrem que a distribuidora EPM possui esse sistema em 98% dos seus transformadores de MT para BT, o que equivale a cerca de 135 mil unidades (HUBACK, 2018).

3.2.9 Medidores inteligentes

A solução mais moderna e em crescente popularização para medidores de energia elétrica, também conhecidos por *Smart Meters*, são dispositivos inteligentes que permitem uma comunicação bi-direcional direta com a concessionária de energia elétrica e a UC através de uma rede sem fio (AHMAD, 2017).

Segundo Moller (2017), diferentemente do conceito de *Smart Grids*, que será visto posteriormente, o *Smart Metering* possui um valor de instalação menor e uma aplicação mais realista frente ao cenário brasileiro.

Nos Estados Unidos e na Europa algumas empresas possuem como meta a substituição completa de seus medidores convencionais por medidores inteligentes, ao passo que, no Brasil, esse sistema vem sendo cada vez mais rentável e implementado (PENIN, 2008).

Esse tipo de medidor também contribui facilitando a implementação do sistema de energia pré-pago e também auxilia na implementação da geração distribuída, ou seja, a utilização de medidores inteligentes traz a facilitação de outros métodos de combate às PNTs (RAMOS, 2014; ARRUDA, 2013).

Atualmente, diversas tecnologias estão sendo desenvolvidas para trabalharem junto aos medidores inteligentes, como o *Home Displays* que são mostradores digitais que permitem ao cliente acesso a todos os dados e relatórios sobre o seu consumo de energia elétrica e os *Smartplugs* que fornecem o consumo individual de cada carga além da possibilidade do controle remoto, com a tendência de virem embutidos nos eletrodomésticos futuros (SILVA, 2018).

3.2.9.1 Redes inteligentes

Segundo Nagamine (2011), uma rede inteligente, conhecida por *Smart Grid*, tem como premissa a completa automação do sistema de energia elétrica, ou seja, a tecnologia existente seria suficiente para até eliminar a necessidade de operadores, uma vez que os sistemas de medição estariam todos em constante comunicação e enviando decisões.

Porém, o custo para que tal tecnologia se torne real no Brasil ainda é muito elevado, visto que para a consolidação de uma rede inteligente seria necessária a substituição de todo o parque de medidores convencionais por medidores inteligentes, além da adaptação dos demais equipamentos, uma vez que estes também necessitariam de módulos de comunicação para que a monitoração em tempo real seja possível. O que mostra que serão necessários alguns anos para que as redes inteligentes sejam uma realidade em larga escala no território nacional (PENIN, 2008)

3.2.10 Cadastramento de pontos de iluminação pública

Outro fator que contribui para o aumento das PNTs são os postes do parque de iluminação pública (IP) que não estão cadastrados no sistema da empresa, uma vez que, os pontos de IP não estão devidamente catalogados, sua demanda é agregada às PNTs (CANDEIA; LOZZER; POLTRONIERI; WETLER; FERRO, 2010). Pode-se ver um exemplo de rede construída sem cadastro na Figura 17.

Figura 17 – Exemplo de rede construída sem cadastro



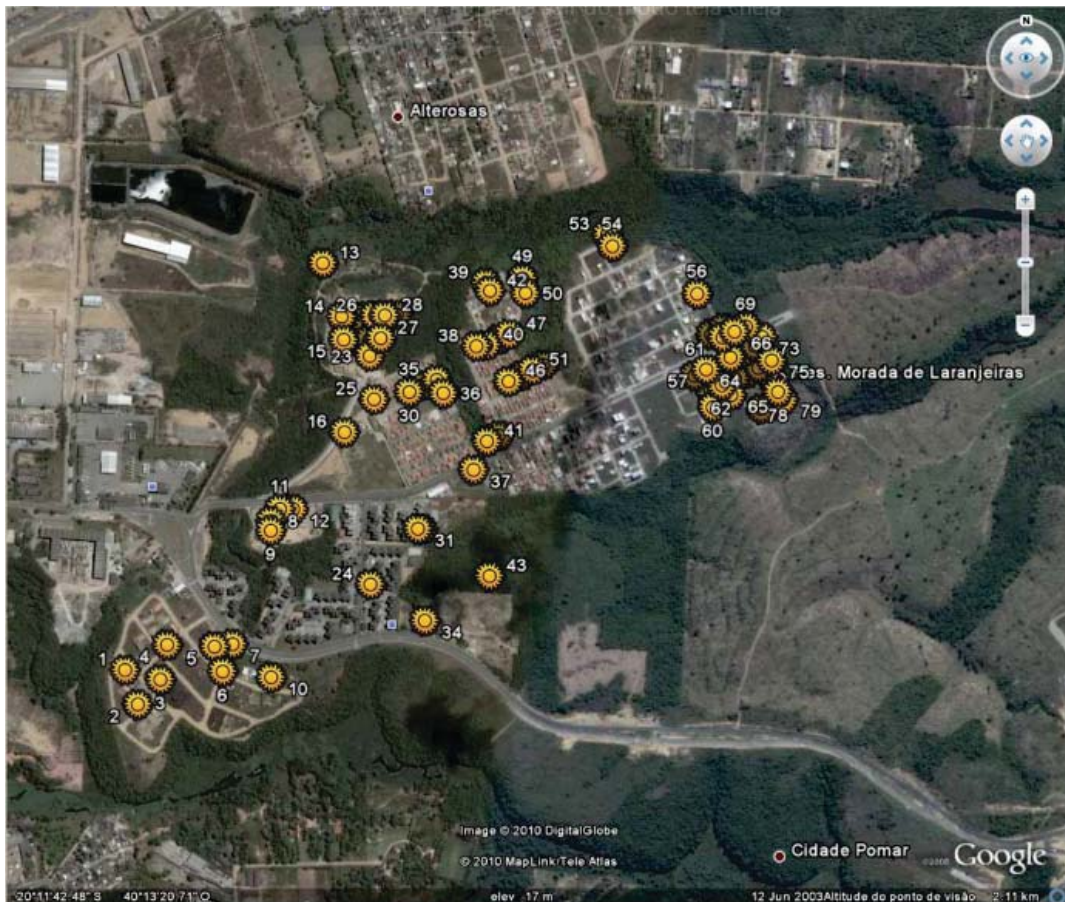
Fonte: (CANDEIA; LOZZER; POLTRONIERI; WETLER; FERRO, 2010)

Ainda segundo os autores, no caso da EDP ES, a gestão dos pontos de IP de sua área de concessão é realizada pelas prefeituras municipais. Tal gestão é permeada por acordos contratuais que estabelecem procedimentos a serem realizados em caso de quaisquer reforma ou ampliação de IP, sendo obrigatório que tais mudanças sejam informadas à distribuidora. Assim, o consumo é faturado de acordo com a base de dados dos pontos de IP cadastrados no sistema.

Dessa forma, as redes de IP não cadastradas influenciam na parcela de PNT da distribuidora de energia elétrica impossibilitando a contabilização e faturamento corrente da energia consumida e também afeta a parcela de PT, uma vez que a IP não cadastrada influencia no cálculo também desta parcela, fazendo que seja menor que o valor real, acrescentando o valor no montante de PNT (CANDEIA; LOZZER; POLTRONIERI; WETLER; FERRO, 2010).

Como estratégia de mitigação dessa parcela a EDP ES vem trabalhando num algoritmo para indentificar pontos de IP que não estão cadastrados, aplicado em sua base de dados georeferenciada, detectando inconformidades com a base de dados da empresa. (CANDEIA; LOZZER; POLTRONIERI; WETLER; FERRO, 2010). Na Figura 18 é possível observar o resultado do algoritmo, indicando possíveis irregularidades.

Figura 18 – Imagem dos pontos de IP indicados pelo algoritmo



Fonte: (CANDEIA; LOZZER; POLTRONIERI; WETLER; FERRO, 2010)

Foi realizado pelos autores um estudo com o algoritmo desenvolvido, no bairro Morada de Laranjeiras, que é situado no município da Serra no estado do Espírito Santo. O estudo apresentou resultado satisfatório, indicando um grande número de pontos de IP possivelmente sem cadastro. Tal projeto estima uma recuperação de 13,8 GWh ao final do estudo, o que representaria 2,1% das perdas não técnicas administradas atualmente pela EDP ES no ano em que o estudo foi realizado (CANDEIA; LOZZER; POLTRONIERI; WETLER; FERRO, 2010).

4 CONCLUSÃO

Este projeto de graduação abordou uma introdução teórica sobre perdas em um sistema de energia elétrica, com aprofundamento maior nas perdas não técnicas, que não são previsíveis, expondo possíveis origens, aspectos sociais e regulamentares bem como diversas maneiras de se combatê-la.

As perdas não técnicas possuem as mais diversas e variadas fontes, o que torna a sua identificação e redução um trabalho árduo. No Brasil, temos que a diversidade entre as áreas de concessões das distribuidoras acrescentam um fator de complexidade.

Diversas medidas utilizadas para combater as perdas não técnicas por diversas distribuidoras nacionais e internacionais foram apresentadas, bem como, na maioria dos casos, exemplos reais de aplicações e seus resultados. Tal apresentação tornou nítido que não existe uma solução perfeita que atenderá todas as situações, mas sim, que cada situação deve ser analisada individualmente pela empresa com base nas características de sua área de concessão. Iniciando com uma análise de perfil de consumidor observando a realidade da área de concessão, depois aplicando medidas preventivas e por fim, medidas de combate caso as preventivas não venham a surtir efeito.

Durante o estudo e catalogação das tecnologias hoje existentes para se combater as perdas não técnicas, notou-se que, independente do nível tecnológico da solução, ou complexidade física do sistema, deve-se pensar antes de tudo que estamos lidando com outros humanos, e lembrar sempre de unir o conhecimento técnico e acadêmico que a engenharia proporciona às necessidades sociais do seres humanos envolvidos no processo.

Para o futuro da realidade brasileira no combate às perdas não técnicas cabe a implementação de forma inteligente e eficaz das tecnologias já existente para seu combate, e também no seu constante aperfeiçoamento uma vez que, também são encontradas formas de fraudes tão tecnológicas quanto as soluções. Tendo como mentalidade principal que a prevenção é a principal forma de combate às perdas não técnicas.

REFERÊNCIAS

- A GAZETA. *Com corte previsto de R\$ 1,2 bi, universidades federais temem evasão*. 2021. Disponível em: <<https://www.agazeta.com.br/brasil/com-corte-previsto-de-r-12-bi-universidades-federais-temem-evasao-0321>>. Acesso em: 10 set. 2021.
- ACENDE BRASIL. **Perdas Comerciais e Inadimplência no Setor Elétrico**. 2017.
- AGÊNCIA CANAL ENERGIA. **Cemig vai trocar 300 mil medidores até o fim do ano**. 2020. Disponível em: <https://canalenergia.com.br/noticias/53147782/cemig-vai-trocar-300-mil-medidores-ate-o-fim-do-ano>. Acesso em: 08 abr. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Entendendo a Tarifa**. 2015a. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa?p_p_id=101_INSTANCE_uQ5pCGhnyj0y&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_101_INSTANCE_uQ5pCGhnyj0y_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview. Acesso em: 31 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifas Consumidores: Pré-Pagamento**. 2015b. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/pre-pagamento/654800?inheritRedirect=false. Acesso em: 31 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Base Perdas Internet -06- 2020 (dados 2019)**. 2020a.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Perdas de Energia Elétrica na Distribuição**. [S.l.], 2020b. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/654800/18766993/Relat%C3%B3rio+Perdas+de+Energia_+Edi%C3%A7%C3%A3o+1-2019-02-07.pdf. Acesso em: 23 mar. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Perdas de Energia**. 2021. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/metodologia-distribuicao/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/perdas/654800?inheritRedirect=false. Acesso em: 10 jul. 2021.
- AHMAD, Tanveer. **Non-technical loss analysis and prevention using smart meters**. 2017.
- ARRUDA, Marcos Vinicius Nunes. Implementação de Projetos Smart Grid no Brasil. In: IFMT, 2013, Cuiabá. **Jornada de Pesquisa e Extensão**. Cuiabá, 2013. p. 1 – 9.
- ASAS. **Viva Volei Terreirão Light**. 2017. Disponível em: <http://www.asasrj.com/realizacoes/viva-volei-terreirao-light/>. Acesso em: 15 set. 2021.
- BAPTISTA, Danielo Febroni; SOUZA, Bruno Gonçalves de. Sistema de medição centralizada BT ZERO: uma alternativa viável para o combate às perdas não técnicas em áreas de complexidade social. In: TRABALHO, 2016. **XXII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica**. [S.l.], 2016. p. 1 – 10.
- BERQUÓ, Daniel Ferrer. **Influência de Campos Magnéticos de Alta Intensidade em Medidores de Energia Elétrica**. 2021. 78 p. Monografia (Pós Graduação em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal Fluminense.

CABRAL, Joilson de Assis; LORDELO, Sarah Moreira; CABRAL, Maria Viviana de Freitas. **Impactos Diretos e Indiretos das Perdas Comerciais do Setor Elétrico Brasileiro Sobre o PIB e o Consumo das Famílias**. 2020.

CANDEIA, André Bernardi; LOZZER, Valéria; POLTRONIERI, Marcelo; WETLER, Amadeu Zonzini; FERRO, Rodrigo Marin. Identificação de postes da rede secundária sem iluminação pública cadastrada. In: **XIX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica**. São Paulo: [s.n.], 2010. p. 1 – 7.

CEPEL. **Cepel desenvolve solução tecnológica para reduzir perdas comerciais de concessionárias de distribuição**. 2019. Disponível em: http://www.cepel.br/pt_br/sala-de-imprensa/noticias/cepel-desenvolve-solucao-tecnologica-para-reduzir-perdas-comerciais-de-concessionarias-de-distribuicao.htm. Acesso em: 8 set. 2021.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Suporte Afastador e Suporte L P/ Rede Antifurto**. 2011. Disponível em: [https://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/413E92C6804D80560325709000500E7F/\\$FILE/ntc813900.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/413E92C6804D80560325709000500E7F/$FILE/ntc813900.pdf). Acesso em: 31 ago. 2021.

CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO. **Relatório de Avaliação**. [S.l.], 2020.

COPEL. **Copel flagrou quase 11 mil “gatos” de energia em 2020**. 2021. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcweb/copel-flagrou-quase-11-mil-gatos-de-energia-em-2020/>. Acesso em: 11 abr. 2021.

CORREIO BRASILIENSE. **Brasiliense será indenizado por erro na leitura de consumo de energia pela CEB**. 2020. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/cidades-df/2020/12/4895160-brasiliense-sera-indenizado-por-erro-na-leitura-de-consumo-de-energia-pela-ceb.html#:~:text=A%20Companhia%20Energ%C3%A9tica%20de%20Bras%C3%ADlia%20ter%C3%A1%20que%20indenizar%20um%20consumidor,devolu%C3%A7%C3%A3o%20dos%20valores%20cobrados%20indevidamente>. Acesso em: 08 abr. 2021.

EDP. **EDP reforça segurança com rede elétrica em campanha nas redes sociais e lojas de atendimento presencial**. 2015. Disponível em: <https://www.edp.com.br/noticias/edp-reforca-seguranca-com-rede-eletrica-em-campanha-nas-redes-sociais-e-lojas-de-atendimento-presencial>. Acesso em: 26 ago. 2021.

ENEL. **Rede DAT: Especificação Técnica**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.eneldistribuicao.com.br/ce/documentos/CNS-OMBR-MAT-18-0138-EDBR.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

ENEL. **Programa Luz Solidária**. 2021. Disponível em: www.luzsolidaria.com.br. Acesso em: 7 set. 2021.

FINCO, Carlos Augusto Ferreira. **Sistema de Medição Centralizada (SMC) no Combate às Perdas de Energia**. 2017. 38 p. Monografia (Engenharia de Controle e Automação) — Centro Universitário Anhanguera.

FISCHER, DARLAN RÉGIS. **Implantação de Um Medidor Pré-Pago de Energia Elétrica com Comunicação Via Rede Móvel**. 2015. 71 p. Monografia (Engenharia Elétrica) — Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

FREITAS, Danúbia Cristina. **Tarifa de Eletricidade Para Baixa Renda: O Impacto da Lei 12.212/2010**. 2011. 45 p. Monografia (Economia) — Pontifícia Universidade Católica.

FUCHS, Célia Inês; AMARAL, Thelma Lúcia Ramos Do. Tratamento De Irregularidades Na Medição No Âmbito Administrativo. In: ELÉTRICA, Agência Nacional de Energia (Ed.). **V Ciertec - Seminário Internacional Sobre Gestão De Perdas, Eficientização Energética E Proteção Da Receita No Setor Elétrico**. Maceió, 2005. p. 2 – 6.

HIEDA, FABIO YUKIO. **Análise Técnica e Regulatória do Sistema Pré-Pago de Energia Elétrica do Brasil**. 2012. 55 p. Monografia (Engenharia Elétrica) — Universidade Federal do Paraná.

HUBACK, Vanessa Barroso da Silva. **Medidas Ao Combate A Perdas Elétricas Não Técnicas Em Áreas Com Severas Restrições À Operação De Sistemas De Distribuição De Energia Elétrica**. 2018. 180 p. Dissertação (Planejamento Energético) — Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LOZER, Fernanda. **EDP faz palestras educativas Cliente**. 2021. Disponível em: <https://jornaldaserra.com/cidade/noticia/2021/03/22/edp-faz-palestras-educativas-cliente/>. Acesso em: 26 ago. 2021.

MÖLLER, Nicholas Aldworth. **Desenvolvimento de um Sistema Para Detecção de Perdas Não Técnicas em Linhas de Distribuição de Energia Elétrica**. 2017. 40 p. Monografia (Engenharia de Controle e Automação) — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

MOLLER, Nicholas Aldworth. **Desenvolvimento de Um Sistema Para Detecção de Perdas Não Técnicas em Linhas de Distribuição de Energia Elétrica**. 2017. 40 p. Monografia (Engenharia de Controle e Automação) — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

NAGAMINE, Guilherme Key. **Estudo das Perdas Não Técnicas no Sistema Elétrico de Distribuição e as Tecnologias Utilizadas para seu Combate**. 2011. 95 p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) — Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Curitiba.

ORTEGA, Gustavo Victor Chávez. **Redes Neurais na Identificação de Perdas Comerciais do Setor Elétrico**. 2008. 184 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

PENIN, Carlos Alexandre De Sousa. **Combate, Prevenção e Otimização das Perdas Comerciais de Energia Elétrica**. 2008. 227 p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PERDAS Comerciais e Inadimplência no Setor Elétrico. São Paulo: Acende Brasil, 2017.

PINDYCK, Robert; RUBINFELD, Daniel. **Microeconomia**. 8^a. ed. [S.l.]: Pearson, 2013.

PINHEIRO, Thelma Maria Melo. **Regulação Por Incentivo À Qualidade: Comparação de Eficiência Entre Distribuidoras de Energia Elétrica no Brasil**. 2012. 177 p. Dissertação (Engenharia Elétrica) — Universidade de Brasília.

RAMOS, Caio César Oba. **Caracterização de Perdas Comerciais em Sistemas de Energia Através de Técnicas Inteligentes**. 2014. 144 p. Tese (Doutorado em Ciências) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

REIS, Claudia Zuccolotto. **Eficácia de Solução Tecnológica para Redução de Furtos de Energia Elétrica em Empresas Distribuidoras: Estudo de Caso.** 2005. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

RODRIGUES, Halisson. **Regulação Por Incentivos Funciona?** 2018. Disponível em: <https://economiasdeservicos.com/2018/12/12/regulacao-por-incentivos-funciona/#:~:text=Simplificadamente%2C%20o%20novo%20modelo%20consiste,determinados%20objetivos%20definidos%20pelo%20regulador>. Acesso em: 31 ago. 2021.

SANTOS, Bruno Enéas Santana dos. **Geração Fotovoltaica Como Auxílio no Combate às Perdas de Energia.** 2017. 100 p. Monografia (Engenharia Elétrica) — Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SANTOS, Maressa Tuponi. **Métodos de Prevenção das Perdas Comerciais de Energia.** 2018. 68 p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVA, Angélica Felipe da. **Metodologia para Análise do Balanço Energético Usando Estimador de Estados e Medição em Tempo Real.** 2018. 98 p. Dissertação (Engenharia Elétrica) — Universidade Federal de Santa Maria.

STRATEGY. **Proposições para os problemas das perdas não técnicas na distribuição de energia elétrica.** 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **Ufes inaugura usinas de energia solar fotovoltaica nesta segunda-feira, 16.** 2020. Disponível em: <https://www.ufes.br/conteudo/ufes-inaugura-usinas-de-energia-solar-fotovoltaica-nesta-segunda-feira-16>. Acesso em: 10 set. 2021.

ZAMPOLLI, Marisa; GARCIA JUNIOR, Glycon; CAVARETTI, José Luiz. Evolução Tecnológica na Redução de Perdas: Uma Experiência Prática. In: . , 2010, São Paulo. **XIX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica.** São Paulo, 2010. p. 1 – 10.