

INSTITUTO FEDERAL

Paraíba

Campus João Pessoa

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

MARTHON JONAS SALES CARDOSO

**ESTUDO E ANÁLISE DAS PERDAS NÃO TÉCNICAS DE ENERGIA
ELÉTRICA NO TERRITÓRIO PARAIBANO**

João Pessoa
2022

MARTHON JONAS SALES CARDOSO

ESTUDO E ANÁLISE DAS PERDAS NÃO TÉCNICAS DE ENERGIA ELÉTRICA NO TERRITÓRIO
PARAIBANO

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Elétrica.*

Orientador:

Rossana Moreno Santa Cruz, Dr(a)

João Pessoa
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *campus* João Pessoa

C268e Cardoso, Marthon Jonas Sales.

Estudo e análise das perdas não técnicas de energia elétrica no território paraibano / Marthon Jonas Sales Cardoso. - 2022.

50 f. : il.

TCC (Graduação – Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação da Paraíba / Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica, 2022.

Orientação : Prof^a D.ra Rossana Moreno Santa Cruz.

1. Energia elétrica – perdas não técnicas. 2. Sistema de distribuição de energia. 3. Fraude. 4. Irregularidade. 5. Cidades paraibanas. I. Título.

CDU 621.3.05(043)

Lucrecia Camilo de Lima
Bibliotecária - CRB 15/132

ATA 55/2022 - CCSBEE/UA3/UA/DDE/DG/JP/REITORIA/IFPB

Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Elétrica
CCSBEE-JP

**ATA DE APRESENTAÇÃO PÚBLICA E AVALIAÇÃO DE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

ATA Nº: <small>(Nº / ANO)</small>	255/2022
---	-----------------

Às quatorze horas do dia onze do mês de julho do ano de dois mil e vinte e dois, de modo virtual, foi realizada a Apresentação Pública e Avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "**ESTUDO E ANÁLISE DAS PERDAS NÃO TÉCNICAS DE ENERGIA ELÉTRICA NO TERRITÓRIO PARAIBANO**", do aluno **MARTHON JONAS SALES CARDOSO**, requisito obrigatório para conclusão do CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, com os membros da Banca Examinadora **ROSSANA MORENO SANTA CRUZ, DRA.** (Orientadora, IFPB), **FRANKLIN MARTINS PEREIRA PAMPLONA, DR.** (Examinador, IFPB) e **GILVAN VIEIRA DE ANDRADE JUNIOR, DR.** (Examinador, IFPB). Após a apresentação e as considerações da Banca Examinadora, o trabalho foi considerado **APROVADO**, com nota **98** sendo esta composta pela média aritmética das seguintes avaliações parciais:

Texto:	Apresentação:	Defesa oral:
95	100	100

Eu, **ROSSANA MORENO SANTA CRUZ, DRA.** (Orientadora, IFPB), lavrei a presente Ata, que segue assinada por mim e pelos demais membros da Banca Examinadora.

Observações:

Documento assinado eletronicamente por:

- Rossana Moreno Santa Cruz, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/07/2022 15:20:51.
- Franklin Martins Pereira Pamplona, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/07/2022 15:31:12.
- Gilvan Vieira de Andrade Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/07/2022 15:41:26.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 04/07/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 311362

Código de Autenticação: a8c941cfd4



Dedico este trabalho a todos os meus familiares, os meus amigos e meus professores que acreditaram no meu potencial e que contribuíram de forma direta ou indireta para a conclusão do mesmo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me concedido fé e determinação para concluir este trabalho e o curso de engenharia elétrica.

Aos meus pais que sempre me incentivaram a jamais desistir e a sempre colocar os estudos em primeiro lugar.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, por todo o companheirismo e por todas as ajudas e os conselhos dados.

E a minha orientadora, Rossana Moreno, por toda paciência, compreensão, cuidado e dedicação durante a confecção deste trabalho.

RESUMO

Neste trabalho, é realizada uma análise das perdas de energia elétrica dentro do território paraibano, tendo como foco principal, as perdas não técnicas. Esta análise tem como motivação principal a apresentação das principais irregularidades presentes no sistema elétrico e quais cidades paraibanas apresentaram maiores incidências de fraudes no período de três anos. Para tanto, foi realizada a extração das irregularidades detectadas por meio dos termos de ocorrência e inspeção (TOI), do período de 2019 a 2021, de todos os municípios do estado da Paraíba. Por meio dessa extração, é possível verificar quais as cidades com mais incidências de fraudes, como também a sua respectiva quantidade de faturamento recuperado. Com isso, são mostradas as simulações de cálculos de recuperação de consumo realizadas, utilizando-se das principais irregularidades apresentadas e seguindo as normas e resoluções da ANEEL.

Palavras-chave: Perdas não técnicas, fraudes, irregularidades, cidades paraibanas.

ABSTRACT

In this work, an analysis of electrical energy losses within the territory of Paraíba is carried out, with the main focus on non-technical losses. This analysis has as main motivation the presentation of the main irregularities presents in the electrical system and which cities in Paraíba had the highest incidences of fraud in the period of three years. To this end, the irregularities detected through the terms of occurrence and inspection (TOI) were extracted from the period from 2019 to 2021, from all municipalities in the state of Paraíba. Through this extraction, it is possible to verify which cities have the most incidences of fraud, as well as their respective amount of recovered revenue. With this, the simulations of calculations of consumption recovery performed are shown, using the main irregularities presented and following the rules and resolutions of ANEEL.

Keywords: Non-technical losses, fraud, irregularities, cities in Paraíba.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Efeito Joule.....	14
Figura 2 - Desvio de energia parcial.....	16
Figura 3 - Desvio de energia total.....	16
Figura 4 - Desvio de energia no ramal de entrada.....	17
Figura 5 - Desvio de energia no ramal de ligação.....	18
Figura 6 - Desvios nos bornes do medidor.....	19
Figura 7 - Ligação direta de energia.....	19
Figura 8 - Irregularidade de neutro isolado.....	20
Figura 9 - Estrutura interna do medidor eletromecânico.....	21
Figura 10 - Manipulação do medidor eletromecânico.....	21
Figura 11 - Medidor digital.....	22
Figura 12 - Manipulação de medidor digital.....	22
Figura 13 - Ligação invertida em um medidor eletromecânico.....	23
Figura 14 - Ligação invertida em um medidor digital.....	24
Figura 15 - Ligações Clandestinas.....	24
Figura 16 - Etapas do processo de recuperação de consumo.....	25
Figura 17 - TOI manual e digital.....	26
Figura 18 - Divisão do território paraibano.....	29
Figura 19 - Irregularidades nas regiões em 2019.....	30
Figura 20 - Irregularidades nas regiões em 2020.....	31
Figura 21 - Irregularidades nas regiões em 2021.....	33
Figura 22 - Evolução da quantidade de TOIs e de energia recuperada (kWh).....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de irregularidades em 2019.....	29
Tabela 2 – Dez cidades com maiores índices de irregularidade em 2019.....	30
Tabela 3 – Quantidade de irregularidades em 2020.....	31
Tabela 4 – Dez cidades com maiores índices de irregularidade em 2020.....	32
Tabela 5 – Quantidade de irregularidades em 2021.....	32
Tabela 6 – Dez cidades com maiores índices de irregularidade em 2021.....	33
Tabela 7 – Energia recuperada em 2019..	34
Tabela 8 – Energia recuperada em 2020..	34
Tabela 9 – Energia recuperada em 2021.	35
Tabela 10 – Dez cidades com maiores incidências de TOI da região do litoral.....	37
Tabela 11 – Dez cidades com maiores incidências de TOI da região central.	38
Tabela 12 – Dez cidades com maiores incidências de TOI da região sertão.....	38
Tabela 13 – Consumo e média dos três maiores valores da unidade fraudadora.	39
Tabela 14 – Recuperação de consumo devido ao desvio no ramal de entrada.....	40
Tabela 15 – Exemplo de levantamento de carga instalada.....	41
Tabela 16 – Recuperação de consumo devido ao desvio no ramal de ligação.....	41
Tabela 17 – Média aritmética dos últimos doze faturamentos da unidade fraudadora...	42
Tabela 18 – Recuperação de consumo devido a manipulação do medidor.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
PNT	Perdas Não Técnicas
PT	Perdas Técnicas
SEP	Sistema Elétrico de Potência
TOI	Termo de Ocorrência e Inspeção

SUMÁRIO

1	Introdução	11
2	Perdas no sistema de energia elétrica	13
2.1	Perdas Técnicas	13
2.1.1	Efeito Joule	13
2.1.2	Perdas técnicas no sistema de distribuição	14
2.2	Perdas não técnicas	15
2.2.1	Desvios de Energia.....	15
2.2.2	Desvio de energia no ramal de entrada.....	17
2.2.3	Desvio de energia no ramal de ligação.....	17
2.2.4	Desvios de energia nos bornes do medidor	18
2.2.5	Ligação direta – sem medidor.....	19
2.2.6	Irregularidade de Neutro isolado.....	20
2.2.7	Manipulação do medidor	20
2.2.8	Irregularidade de ligação invertida.....	23
2.2.9	Ligações clandestinas	24
2.3	Recuperação de consumo	25
2.3.1	Termo de ocorrência e inspeção - TOI.....	25
2.3.2	Crêterios para o cãlculo da recuperaçãõ de consumo	26
3	Análise das irregularidades no território paraibano.....	28
3.1	Divisãõ do território paraibano.....	28
3.2	Índices das irregularidades nas cidades paraibanas	29
3.3	Análise da energia recuperada.....	34
4	Resultados e discussões	37
5	Considerações Finais	44
	Referências	45
	APÊNDICE A – Cidades da região do litoral	47
	APÊNDICE B – Cidades da região central.....	48
	APÊNDICE C – Cidades da região do sertãõ	49

1 INTRODUÇÃO

O sistema elétrico é formado por três etapas: a geração, a transmissão e a distribuição. Dentro dessas etapas, acontecem perdas de energia que afetam negativamente todo o sistema elétrico. Elas são classificadas em perdas técnicas (PT) e perdas não técnicas (PNT) e são um grande desperdício de potência ativa e um grande prejuízo para as distribuidoras de energia elétrica e, conseqüentemente, para os seus clientes (consumidores).

Toda a energia elétrica que é gerada e passa pelas linhas de transmissão e pelas redes de distribuição, mas que não é comercializada, é considerada uma perda elétrica (ANEEL, 2019). Ao passo que as PT estão relacionadas aos fenômenos físicos integrados à operação do sistema, as PNT estão associadas às fraudes e furtos na rede elétrica e que são enfrentados e combatidos pelas distribuidoras de energia.

As PT sempre existirão dentro do sistema elétrico, pois são resultantes das transformações de energia e seguem as regras das leis da física. Por outro lado, as PNT são referentes às ações humanas para a diminuição do consumo, através de fraudes, e, conseqüentemente, para a diminuição do valor da fatura de energia elétrica.

As perdas estão atreladas, muitas vezes, aos fatores sociais e econômicos do país. Estes, por sua vez, podem variar, significativamente, afetando o consumo, devido a estarem relacionados a situações de extrema pobreza. Outros fatores também contribuem para as perdas de energia, como, por exemplo, as pandemias que assolam o mundo inteiro e diminuem o poder aquisitivo da população e também diminuem os investimentos no setor elétrico (PIOTROWSKI; FRANCHI; MEDEIROS; KAMINSKI; LAZARI; ABAIDE, 2021).

Segundo Costa (2020), a análise e o combate a tais tipos de perdas se mostram relevantes, pois aumentam o faturamento das empresas do setor elétrico e, conseqüentemente, melhoram seus resultados financeiros. Com isso, tais melhorias podem ser repassadas aos consumidores em forma de redução na tarifa de energia, pois, parte do valor dessas perdas é cobrada do consumidor final, ou seja, seu combate é benéfico para toda a sociedade.

O Brasil, por ser um país de grandes dimensões territoriais, possui um enorme e complexo sistema elétrico de potência, que o torna bastante propício aos altos índices de perdas. A Paraíba, um dos estados do nordeste do Brasil que possui diversos problemas

socioeconômicos e ambientais, também tem a sua contribuição nos indicadores de perdas do país.

Este trabalho tem como objetivo trazer uma revisão bibliográfica dos principais tipos de perdas elétricas, dando um destaque nas perdas não técnicas, visando as principais fraudes encontradas no território paraibano, além de trazer análises e simulações de cálculos da recuperação de consumo aplicados pela concessionária de energia, atuante dentro do estado da Paraíba, levando em consideração a resolução normativa da ANEEL.

Além disso, o tema proposto foi baseado no trabalho elaborado por um aluno de engenharia elétrica da Universidade Federal de Viçosa (COSTA, 2020) e, também, de um artigo elaborado por alunos do programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM (PIOTROWSKI; FRANCHI; MEDEIROS; KAMINSKI; LAZARI; ABAIDE, 2021), com o diferencial de centralizar as análises das perdas de energia dentro do território paraibano e considerando as análises dos termos de ocorrência e inspeção mapeados no período de 2019 a 2021.

2 PERDAS NO SISTEMA DE ENERGIA ELÉTRICA

2.1 PERDAS TÉCNICAS

As perdas técnicas são inevitáveis dentro do sistema elétrico de potência – SEP, pois elas são provenientes das transformações de energia elétrica em energia térmica, nos condutores de eletricidade, através do efeito Joule.

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 (RELATÓRIO ANEEL, 2019).

Ou seja, quando um fio ou um equipamento elétrico aquece durante a condução de corrente elétrica, está ocorrendo uma transformação de energia e, conseqüentemente, uma perda elétrica através das leis da física. Como não existe nenhum equipamento ideal, todos os equipamentos existentes vão gerar perdas, mesmo sendo o mínimo possível.

2.1.1 EFEITO JOULE

O efeito Joule consiste na transformação de energia elétrica em energia térmica. Essa transformação acontece quando uma corrente elétrica atravessa um material gerando calor.

A corrente elétrica é resultado de movimentação de ânions, cátions ou elétrons livres. Ao existir corrente elétrica as partículas que estão em movimento acabam colidindo com as outras partes do condutor que se encontra em repouso, causando uma excitação que por sua vez irá gerar um efeito de aquecimento. A este efeito dá-se o nome efeito Joule (Só Física, 2017).

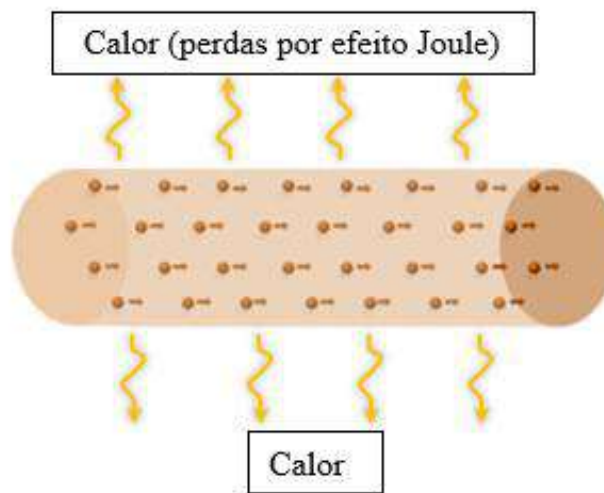
Esse efeito está associado à Lei de Joule que é descrita da seguinte forma: “A energia elétrica dissipada em um resistor, num dado intervalo de tempo Δt , é diretamente proporcional ao quadrado da intensidade de corrente que o percorre.” Ou seja, matematicamente, é representada pela Equação (1).

$$Q = i^2 R \Delta t, \quad (1)$$

em que, Q é o calor dissipado em *Joule*, i é a corrente elétrica em *Ampere*, R é a resistência elétrica em *Ohm* e Δt é o intervalo de tempo em segundos.

A Figura 1, representa-se o efeito Joule em um condutor, com os elétrons se movendo no material e liberando calor.

Figura 1 – Efeito Joule.



Fonte: (QUORA, 2021).

2.1.2 PERDAS TÉCNICAS NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

Grande parte das PT dentro do sistema de distribuição está relacionada ao transporte e transformação de energia elétrica por condutores e transformadores. Essas perdas podem ser encontradas em medidores, ramais de ligação, reguladores de tensão ou qualquer outro equipamento elétrico conectado à rede primária ou secundária. Porém, por serem bastante pequenas se comparadas ao montante, elas são muitas vezes desprezadas.

Segundo Bernardon (2012), para as PT serem analisadas é necessário dividi-las em ativas e reativas. Os cálculos relacionados às PT são mostrados nas Equações (2) e (3).

$$\Delta W_{TT} = \sum_t^{T/\Delta t} (\Delta P_{RPt} + \Delta P_{TDt} + \Delta P_{RSt}) \times \Delta t , \quad (2)$$

$$\Delta W_{TQT} = \sum_t^{T/\Delta t} (\Delta Q_{RPt} + \Delta Q_{TDt} + \Delta Q_{RSt}) \times \Delta t , \quad (3)$$

em que, ΔW_{TT} e ΔW_{TQT} são as perdas técnicas de energia ativa e reativa na rede para um período de tempo T; ΔP_{RPt} e ΔQ_{RPt} são as perdas de potência ativa e reativa na rede primária; ΔP_{TDt} e ΔQ_{TDt} são as perdas ativas e reativas dos transformadores; ΔP_{RSt} e ΔQ_{RSt} são as perdas de potência ativa e reativa da rede secundária e Δt é o intervalo de tempo (BERNARDON, 2012).

2.2 PERDAS NÃO TÉCNICAS

As perdas não técnicas, também chamadas de perdas comerciais, são resultantes da diferença das perdas totais com as perdas técnicas (RELATÓRIO ANEEL, 2019). Elas são provenientes, principalmente, dos desvios de energia, manipulações de medidores e ligações clandestinas existentes, propositalmente, para alterar e diminuir o real consumo de energia.

Os furtos de energia são chamados popularmente de “gatos” e ocorrem, em sua grande maioria, nos clientes de baixa tensão, principalmente, devido a fatores socioeconômicos e a falta de princípios éticos.

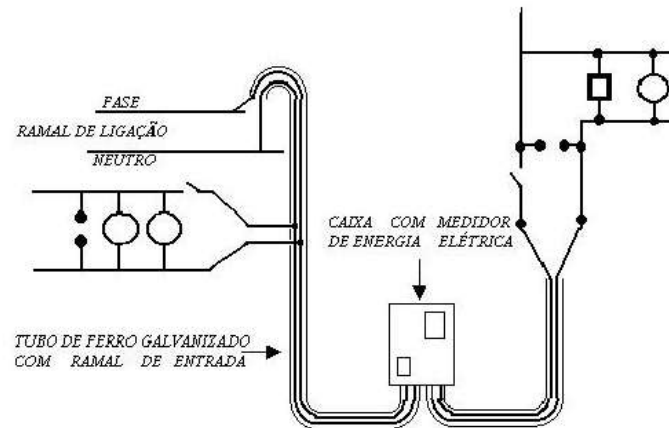
No território paraibano são identificadas diariamente várias fraudes. As mais comuns são os desvios de energia dos diversos tipos: no ramal de ligação, no ramal de entrada, nos bornes do medidor e ligações diretas. Também são encontrados outros tipos de fraudes, como neutro isolado e as manipulações de medidores, tanto nos medidores mais antigos, os eletromecânicos, como nos mais novos, os digitais.

2.2.1 DESVIOS DE ENERGIA

Os desvios de energia são as irregularidades mais comuns. Eles podem ser parciais ou totais. Os totais são quando toda a carga da unidade está recebendo eletricidade através

da irregularidade, enquanto os parciais são quando existem uma ou mais cargas sendo alimentadas pelo desvio e as demais recebendo energia através da medição. Na Figura 2, é ilustrada uma conexão com desvio de energia de forma parcial.

Figura 2 – Desvio de energia parcial.

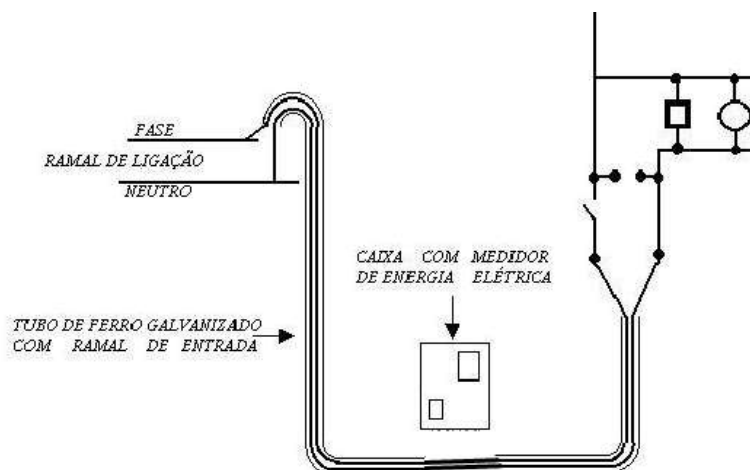


Fonte: (PUNAROBLEY, 2019).

É possível verificar que existe uma carga sendo alimentada após a medição e outra sendo alimentada antes da medição, caracterizando o desvio parcial.

Na Figura 3, ilustra-se uma conexão com desvio de energia de forma total.

Figura 3 – Desvio de energia total.



Fonte: (PUNAROBLEY ADAPTADO, 2019).

Pela Figura 3, é notório que toda a energia da carga conectada está passando totalmente por fora da medição e, com isso, não sendo faturada.

2.2.2 DESVIO DE ENERGIA NO RAMAL DE ENTRADA

O ramal de entrada é a conexão entre o pontalete da residência e o medidor. Toda ramificação existente nessa conexão que faça com que a energia elétrica seja desviada da medição é chamada de desvio de energia no ramal de entrada. Esse desvio pode ser parcial ou total.

Na Figura 4, ilustra-se um exemplo desse tipo de irregularidade. É possível verificar os fios de fase e neutro vindos do pontalete e indo para o medidor, além disso, podem ser observadas duas ramificações através de dois fios pretos, desviando energia para um outro local.

Figura 4 – Desvio de energia no ramal de entrada.



Fonte: (ENERGISA, 2021).

2.2.3 DESVIO DE ENERGIA NO RAMAL DE LIGAÇÃO

O ramal de ligação é o conjunto de cabos que conduzem a corrente elétrica entre o ponto de conexão de rede e o ponto de entrega do consumidor, ou seja, é a interligação entre o poste da concessionária e o pontalete da residência. O desvio de energia no ramal de ligação é toda a derivação existente nessa conexão. Na Figura 5 contém um exemplo de desvio de energia no ramal de ligação.

Figura 5 – Desvio de energia no ramal de ligação.



Fonte: (ENERGISA, 2021).

Na Figura 5, fica evidente a irregularidade através de uma “vara” inserida na rede para apoiar e sustentar a derivação que está saindo do ramal de ligação.

2.2.4 DESVIOS DE ENERGIA NOS BORNES DO MEDIDOR

Os bornes do medidor ficam localizados na parte inferior do equipamento de medição. São inseridos neles os fios de fase e neutro para que a corrente elétrica seja contabilizada pelo medidor. Em medidores monofásicos existem quatro cavidades, duas de entrada (fase e neutro) e duas de saída (fase e neutro). Já nos medidores trifásicos, são oito cavidades, três para as fases de entrada, três para as fases de saída, um para o neutro e o outro para o aterramento.

Os desvios de energia nos bornes são referentes à ligação existente entre o fio de fase da entrada com o fio de fase da saída do medidor, com o intuito de uma parte da corrente elétrica não passar pela medição.

Na Figura 6, ilustra-se um exemplo de desvio de energia atrelado aos bornes do medidor. O fio está destacado com traços brancos para uma melhor visualização da irregularidade.

Figura 6 – Desvios nos bornes do medidor.



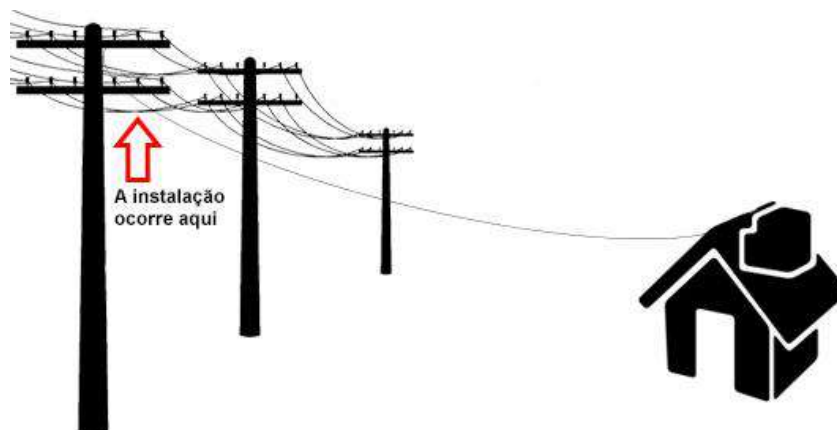
Fonte: (ENERGISA, 2021).

2.2.5 LIGAÇÃO DIRETA – SEM MEDIDOR

As ligações diretas são as irregularidades inseridas nas unidades (residências, comércios, entre outros) para desviar a energia da rede para as cargas consumidoras, ou seja, é um tipo de desvio total. Ele é muito encontrado em unidades que não possuem medidor, tanto devido a suspensões de fornecimento, como devido a extravios. Como não há medidor, não é possível mensurar a energia que está sendo consumida, pois está sendo toda desviada.

Na Figura 7, ilustra-se um tipo de ligação direta. É possível observar que a residência está conectada diretamente à rede de distribuição, sem apresentar nenhum tipo de medidor para contabilizar a energia que está sendo consumida.

Figura 7 – Ligação direta de energia.



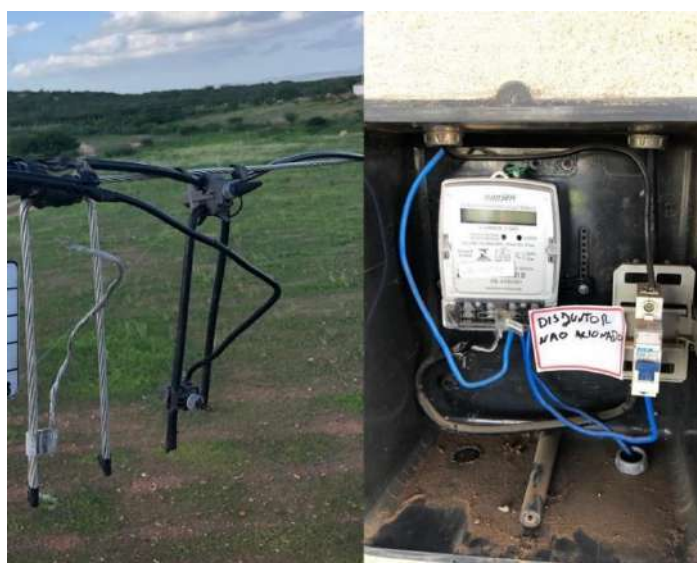
Fonte: (DIGITAIS PUC CAMPINAS, 2015).

2.2.6 IRREGULARIDADE DE NEUTRO ISOLADO

A irregularidade de neutro isolado, como o próprio nome já informa, consiste em isolar o fio do neutro, que passa pelo medidor, para que o mesmo não registre o consumo do cliente, pois sem a referência do neutro, o medidor se apaga, se for digital, ou para de girar, se for eletromecânico. Assim, a corrente elétrica passará para a carga sem a real contabilização da energia que estará sendo consumida.

Na Figura 8, é mostrado um exemplo de irregularidade de neutro isolado. No lado esquerdo, estão os fios isolados e, do lado direito, se encontra o medidor apagado.

Figura 8 – Irregularidade de neutro isolado.



Fonte: (ENERGISA, 2021).

2.2.7 MANIPULAÇÃO DO MEDIDOR

Atualmente no mercado e nas unidades consumidoras, existem vários tipos e várias marcas de medidores de energia elétrica, mas de forma generalizada, pode-se considerar dois grandes tipos: os medidores eletromecânicos e os medidores digitais. Os eletromecânicos foram os primeiros medidores a serem inseridos no mercado e que hoje já estão sendo substituídos pelos medidores digitais, no intuito de dificultar os furtos de energia e também de facilitar a coleta de leitura, dentre outros fatores. Porém, mesmo com a modernização do mercado e o estudo de novas tecnologias, ainda existem muitas irregularidades que são encontradas nesses dois tipos de medidores.

Os medidores eletromecânicos são os mais suscetíveis a manipulações devido a sua estrutura mecânica e metálica. Com isso, e através da violação dos seus lacres oficiais, é

possível inserir objetos ou realizar ajustes internos no intuito de deixar o medidor sem registrar o real consumo da unidade, ocasionando perdas.

Na Figura 9, é possível observar a estrutura interna de um medidor eletromecânico. Fica evidente toda a sua estrutura eletromecânica, que o torna mais propício a possíveis manipulações.

Figura 9 – Estrutura interna do medidor eletromecânico.



Fonte: (ENERGISA, 2021).

Na Figura 10, apresenta-se um medidor eletromecânico totalmente exposto e manipulado através de um objeto que está travando o disco girante, sendo possível observar que toda a sua carcaça foi removida, causando também diversos riscos de choque elétrico.

Figura 10 – Manipulação de medidor eletromecânico.



Fonte: (ENERGISA, 2021).

Já os medidores digitais, apesar de serem mais modernos, também são alvos de manipulações. Na Figura 11, segue-se um exemplo de um medidor digital. É notório que eles são bem mais compactos e lacrados que os medidores eletromecânicos e mais difíceis de serem abertos.

Figura 11 – Medidor digital.



Fonte: (ENERGISA, 2021).

Porém, mesmo com todos os lacres e compactação, ainda é possível a manipulação através de configurações internas das suas placas e bobinas fazendo com que o display do medidor fique apagado ou desconfigurado e sem registrar o devido consumo. Na Figura 12, mostra-se um exemplo de uma manipulação de um medidor digital.

Figura 12 – Manipulação de medidor digital.



Fonte: (ENERGISA, 2021).

2.2.8 IRREGULARIDADE DE LIGAÇÃO INVERTIDA

Um outro tipo de irregularidade que interfere no registro de consumo do medidor é o da ligação invertida, que consiste na inversão da conexão dos fios dos bornes de entrada com os fios dos bornes de saída do medidor.

Nos medidores eletromecânicos, essa irregularidade faz com que o disco metálico do medidor gire ao contrário, ocasionando na retroação dos dígitos de leitura do equipamento, ou seja, ao invés de prosseguir a leitura, ele passa a voltar. Com isso, não é registrado o consumo do cliente da concessionária.

Na Figura 13, ilustra-se uma ligação invertida em um medidor eletromecânico.

Figura 13 – Ligação invertida em um medidor eletromecânico.



Fonte: (ENERGISA, 2022).

Nos medidores digitais, essa irregularidade não causa a retroação da leitura, pois esses medidores não possuem discos mecânicos girantes, porém faz com que eles parem de registrar o consumo ou passem a registrar parcialmente.

Na Figura 14, tem-se um exemplo de ligação invertida em um medidor digital. Assim como na Figura 13, é possível verificar que o fio que deveria estar na entrada dos bornes do medidor está conectado na saída, e o que está na saída deveria estar conectado na entrada. Nesse exemplo, o medidor permaneceu ligado, porém, sem avanço de consumo.

Figura 14 – Ligação invertida em um medidor digital.



Fonte: (ENERGISA, 2022).

2.2.9 LIGAÇÕES CLANDESTINAS

As ligações clandestinas são quando os fraudadores fazem interligações na rede elétrica sem registro nenhum com as distribuidoras de energia, ou seja, são unidades que não fazem parte da base de clientes da concessionária, mas que estão conectadas clandestinamente na rede elétrica.

A grande maioria das pessoas que fazem esse tipo de interligação é da classe mais baixa da população, que não possuem condições de custearem o padrão de energia que é necessário instalar antes da solicitação da ligação nova para a concessionária.

Na Figura 15, mostra-se um exemplo de ligações clandestinas na rede de distribuição de baixa tensão.

Figura 15 – Ligações clandestinas.



Fonte: (RONDÔNIA AGORA, 2021).

2.3 RECUPERAÇÃO DE CONSUMO

A recuperação de consumo é um processo realizado pelas concessionárias de energia para recuperar o faturamento da energia não faturada que foi utilizada pelos consumidores através das irregularidades relacionadas aos desvios de energia e manipulações nas medições.

Esse processo é regulamentado pela ANEEL e se inicia com a comprovação da irregularidade, por meio de fotografias, através de uma inspeção realizada em campo. Após a comprovação, é aplicado o TOI (Termo de Ocorrência e Inspeção) que precisa ser assinado pelos inspetores (técnicos ou eletricitas) e pelo titular ou responsável da unidade consumidora. Em seguida, são feitas as análises de todas as documentações e comprovações da irregularidade e, logo após, realizado o cálculo da recuperação de consumo.

Na Figura 16, ilustra-se as etapas necessárias para o processo de recuperação de consumo em unidades fraudadoras.

Figura 16 – Etapas do processo de recuperação de consumo.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

2.3.1 TERMO DE OCORRÊNCIA E INSPEÇÃO - TOI

O termo de ocorrência e inspeção, mais conhecido como TOI, é um formulário padrão que as equipes de campo preenchem ao detectarem, através de uma inspeção, uma irregularidade na unidade consumidora. Esse termo serve para descrever as inconformidades encontradas e auxilia no cálculo da recuperação de energia.

O TOI pode ser preenchido de forma manual ou digital e ele contém todas as informações da unidade consumidora, como por exemplo, o nome do titular da unidade, endereço e o número do medidor. Esse termo, além de descrever a irregularidade, também

contém informações sobre a carga instalada e as ações implantadas pela concessionária para a regularização da unidade.

Na Figura 17 são mostrados exemplos de formulários, manual e digital, do termo de ocorrência e inspeção.

Figura 17 – TOI manual e digital.

The figure displays three versions of the TOI form. The leftmost is a scanned manual form with a grid for recording data. The middle one is another manual form with a header from 'energisa' and a table for recording meter readings. The rightmost is a digital form with a structured layout, including sections for consumer identification, connection data, and meter readings, with fields for date and time.

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

2.3.2 CRITÉRIOS PARA O CÁLCULO DA RECUPERAÇÃO DE CONSUMO

O cálculo da recuperação de consumo é baseado na resolução normativa de número 1000 da ANEEL, de 7 de dezembro de 2021. Ela estabelece as regras de prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica e revoga outras resoluções normativas da ANEEL de número 414, de 9 de setembro de 2010, a de número 470, de 13 de dezembro de 2011 e a de número 901, de 8 de dezembro de 2020 (DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 2021).

Conforme o artigo 583 da resolução 1000, existem alguns critérios que as distribuidoras de energia precisam seguir para a realização do cálculo da recuperação da energia que foi consumida, mas que não foi faturada. Essa aplicação precisa, obrigatoriamente, ser de forma sucessiva.

O primeiro critério é a utilização do consumo apurado por medição fiscalizadora, proporcionalizado em 30 (trinta) dias, desde que utilizada para caracterização da irregularidade. O segundo é a aplicação do fator de correção obtido por meio de inspeção

do medidor e apuração do erro de medição causado pelo emprego de procedimentos irregulares, desde que os selos, os lacres, a tampa e a base do medidor estejam intactas. O terceiro é a utilização da média aritmética dos créditos mensais de energia comprados nos últimos 12 (doze) meses de medição regular imediatamente anteriores ao início da irregularidade. O quarto é a determinação dos consumos de energia elétrica por meio da carga desviada, quando identificada, ou por meio da carga instalada, verificada na constatação da irregularidade e, por fim, a utilização do maior valor mensal de créditos comprados nos 3 (três) ciclos imediatamente posteriores à regularização da medição (DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 2021).

3 ANÁLISE DAS IRREGULARIDADES NO TERRITÓRIO PARAIBANO

Para a realização da análise das irregularidades nas cidades paraibanas, foi escolhido o período de 2019 a 2021 e foram verificadas, junto ao grupo Energisa, que é o responsável pela concessão da distribuição da energia elétrica da Paraíba, e também por combater e controlar as perdas de energia do território, sob a fiscalização da ANEEL, informações sobre os TOIs aplicados durante esse período. Além disso, foi necessário realizar uma pesquisa geográfica sobre o estado da Paraíba e realizar divisões estratégicas entre as cidades para uma melhor compreensão das análises das perdas não técnicas dentro do território paraibano.

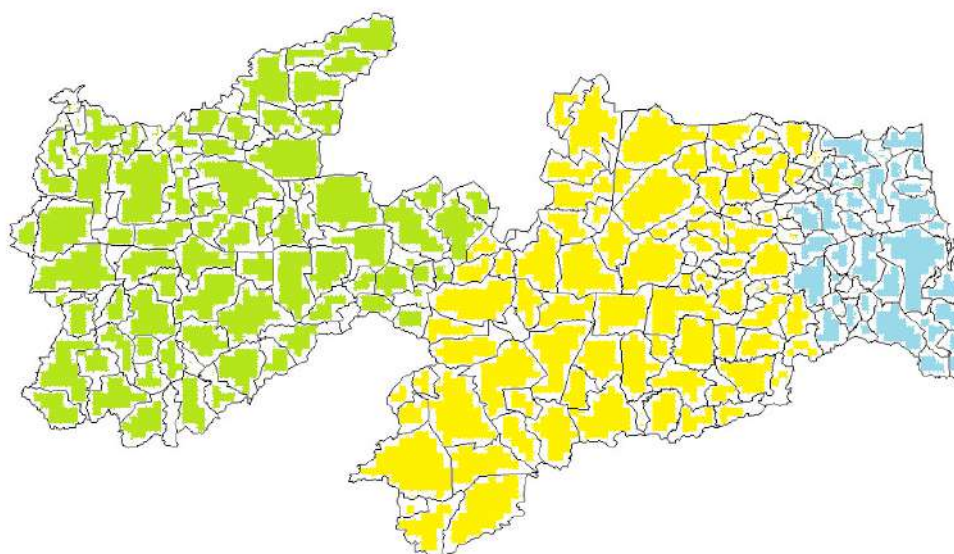
3.1 DIVISÃO DO TERRITÓRIO PARAIBANO

A Paraíba é um dos 26 estados do Brasil e fica localizada na região nordeste do país. Ela contém 223 municípios e está dividida em 4 mesorregiões: O Sertão Paraibano, o Agreste Paraibano, a Borborema e a Mata Paraibana (AESAs, 2016).

Como ela possui uma grande extensão territorial e um grande número de municípios, foi necessário, estrategicamente, dividi-la em três regiões. A primeira região compreende as cidades localizadas na mesorregião da Mata Paraibana, a que foi atribuído o nome de região do litoral (apêndice A). Já a segunda região engloba as cidades localizadas nas mesorregiões da Borborema e do Agreste Paraibano, tendo sido denominada de região central (apêndice B). Por fim, a terceira região abrange as cidades do Sertão Paraibano, e foi nomeada de região do sertão (apêndice C).

Na Figura 18, ilustra-se as divisões das regiões do estado do Paraíba para a análise das perdas não técnicas realizada neste trabalho. Em azul, são as cidades da região do litoral, em amarelo, são as cidades da região central, e em verde, são as cidades da região do sertão.

Figura 18 – Divisão do território paraibano.



Fonte: (AES A ADAPTADO, 2018).

3.2 ÍNDICES DAS IRREGULARIDADES NAS CIDADES PARAIBANAS

Conforme informações enviadas pelo grupo Energisa, em 2019, houve 12.350 termos de ocorrência aplicados em todo o território paraibano, em sua grande maioria, devido a manipulação do medidor e desvios de energia.

Na Tabela 1, mostra-se a quantidade de TOIs e o tipo de irregularidade encontrada.

Tabela 1 – Quantidade de irregularidades em 2019.

Irregularidades	Total de TOIs
MANIPULAÇÃO DO MEDIDOR	5.578
DESVIO DE ENERGIA NO RAMAL DE ENTRADA	3.222
DESVIO DE ENERGIA NO RAMAL DE LIGAÇÃO	2.243
NEUTRO ISOLADO	494
DESVIOS NOS BORNES DO MEDIDOR	431
LIGAÇÃO INVERTIDA	244
LIGAÇÃO DIRETA - SEM MEDIDOR	138
TOTAL	12.350

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Considerando esses dados em níveis de porcentagens e distribuídos nas três regiões, tem-se que 5.965 (48,3%) dos TOIs foram aplicados na região do litoral, 2.151 (17,4%) foram aplicados na região central e 4.234 (34,3%) na região do sertão.

Figura 19 – Irregularidades nas regiões em 2019.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Na Tabela 2, é possível verificar as dez cidades com maiores índices de irregularidades na Paraíba no ano de 2019. Dentre elas, está a capital João Pessoa com 19,41%, a cidade de Santa Rita, que também faz parte da região metropolitana de João Pessoa, com 5,77% e a cidade de Sousa com 5,20%.

Tabela 2 – Dez cidades com maiores índices de irregularidade em 2019.

CIDADE	QUANTIDADE DE TOIs	(%)
JOÃO PESSOA	2.397	19,41
SANTA RITA	712	5,77
SOUSA	642	5,20
SÃO BENTO	560	4,53
CAMPINA GRANDE	548	4,44
CONDE	347	2,81
BAYEUX	342	2,77
CABEDELO	324	2,62
PATOS	272	2,20
PAULISTA	270	2,19
POMBAL	213	1,72

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Em relação ao ano de 2020, houve um total de 14.854 TOIs aplicados em todo o território paraibano, onde grande parte foi devido aos desvios de energia no ramal de entrada e as manipulações do medidor. Diferentemente do ano de 2019, o ano de 2020 houve mais fraudes relacionadas aos desvios de energia no ramal de entrada do que de alterações de medidores.

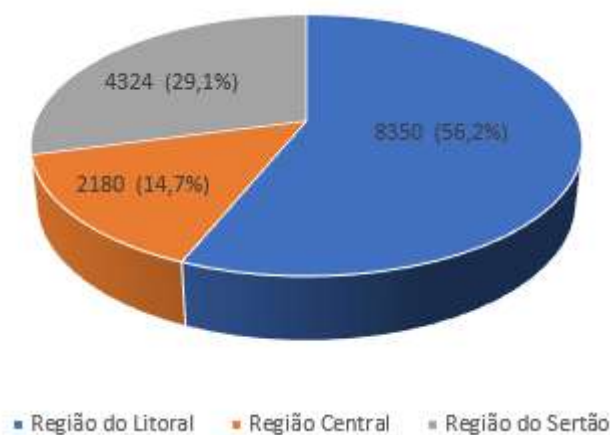
Tabela 3 – Quantidade de irregularidades em 2020.

IRREGULARIDADE	TOTAL DE TOIs
DESVIO DE ENERGIA NO RAMAL DE ENTRADA	4.680
MANIPULAÇÃO DO MEDIDOR	4.443
DESVIO DE ENERGIA NO RAMAL DE LIGAÇÃO	2.937
LIGAÇÃO DIRETA - SEM MEDIDOR	1.312
DESVIOS NOS BORNES DO MEDIDOR	769
NEUTRO ISOLADO	484
LIGAÇÃO INVERTIDA	229
TOTAL	14.854

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Levando em consideração essas informações em nível de região, é possível notar um leve aumento nas irregularidades dentro da região do litoral, como pode ser visualizado na Figura 20. Nessa região, foram aplicados 8.350 TOIs, que equivalem a 56,2% do montante. Já a região central obteve 2.180, que equivalem a 14,7% e a região do sertão teve 4.324 TOIs aplicados, que equivalem a 29,1% do total.

Figura 20 – Irregularidades nas regiões em 2020.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Em relação às cidades com maiores índices de irregularidades na Paraíba, no ano de 2020, a capital paraibana lidera a listagem com 2.987 TOIs aplicados, que equivalem a 20,11%, em seguida, vem a cidade de Santa Rita, com 1.555, que equivalem a 10,47%, e em terceiro lugar, está a cidade de Patos, com 899, que equivalem a 6,05% do montante.

Tabela 4 – Dez cidades com maiores índices de irregularidade em 2020.

CIDADE	QUANTIDADE DE TOIs	(%)
JOÃO PESSOA	2.987	20,11
SANTA RITA	1.555	10,47
PATOS	899	6,05
CONDE	516	3,47
CABEDELO	505	3,40
BAYEUX	492	3,31
CAMPINA GRANDE	445	3,00
SOUSA	382	2,57
MARCAÇÃO	314	2,11
SÃO BENTO	295	1,99

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Já no ano de 2021, houve um aumento significativo nos números dos termos de ocorrências aplicados. Esse aumento é resultante das várias ações da concessionária, como, por exemplo, o acréscimo de equipes de fiscalização atuantes dentro do estado da Paraíba, e também se deve a problemáticas territoriais, como a pandemia da COVID-19, que causou muitos desempregos e instabilidades, podendo ter contribuído para o aumento das irregularidades.

Na Tabela 5, é possível verificar que houve um total de 25.060 TOIs aplicados com sua grande maioria atribuídos a manipulações de medidores e desvios de energia no ramal de entrada e no ramal de ligação.

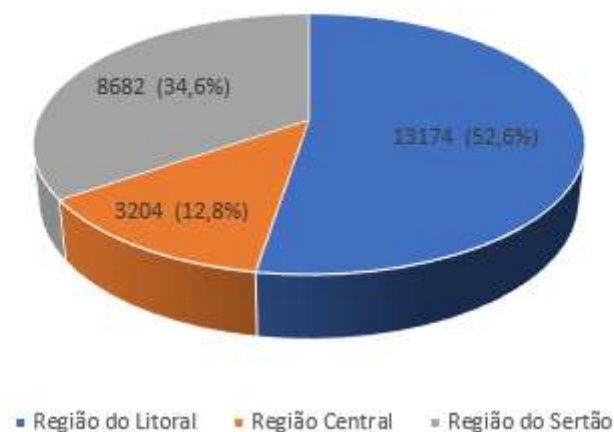
Tabela 5 – Quantidade de irregularidades em 2021.

IRREGULARIDADE	TOTAL DE TOIs
MANIPULAÇÃO DO MEDIDOR	7.660
DESVIO DE ENERGIA NO RAMAL DE ENTRADA	7.556
DESVIO DE ENERGIA NO RAMAL DE LIGAÇÃO	5.841
LIGAÇÃO DIRETA - SEM MEDIDOR	1.602
DESVIOS NOS BORNES DO MEDIDOR	1.083
NEUTRO ISOLADO	913
LIGAÇÃO INVERTIDA	405
TOTAL	25.060

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Analisando as regiões, foi possível notar que mais da metade das irregularidades detectadas foram na região do litoral (52,6%), em seguida, na região do sertão (34,6%) e, por fim, na região central (12,8%).

Figura 21 – Irregularidades nas regiões em 2021.



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Das cidades da região do litoral, a capital João Pessoa e a cidade de Santa Rita continuaram entre as primeiras das dez cidades com elevados índices de TOIs em 2021. Na região central, destaca-se a cidade de Campina Grande com 663 termos registrados e, na região do sertão, estão as cidades de São Bento com 1.046 e de Patos com 507 TOIs aplicados.

Na Tabela 6, contém-se as dez cidades com maiores quantidades de termos de ocorrência e inspeção registrados no ano de 2021.

Tabela 6 – Dez cidades com maiores índices de irregularidade em 2021.

CIDADE	QUANTIDADE DE TOIs	%
JOÃO PESSOA	3.539	14,12
SANTA RITA	1.764	7,04
SÃO BENTO	1.046	4,17
CABEDELO	724	2,89
CONDE	680	2,71
MAMANGUAPE	667	2,66
CAMPINA GRANDE	663	2,65
BAYEUX	570	2,27
PATOS	507	2,02
RIO TINTO	497	1,98

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

3.3 ANÁLISE DA ENERGIA RECUPERADA

A energia recuperada é um termo muito utilizado nas concessionárias de energia elétrica para definir a recuperação do faturamento da empresa em relação a energia que estava sendo desviada, ou seja, estava sendo consumida e não estava sendo faturada.

Levando em consideração esse conceito, e após a verificação dos termos de ocorrência e das diversas irregularidades encontradas no estado da Paraíba, foi possível extrair e analisar a quantidade de energia recuperada, entre os anos de 2019 e 2021. Essa energia recuperada, assim como a quantidade de TOI e de irregularidades, foi verificada através do banco de dados da Energisa e a análise foi quantificada através das três regiões.

Iniciando com o ano de 2019, houve um total de 31.671.540 kWh, que equivale a aproximadamente 31,7 GWh de energia recuperada, onde 16.955.324 kWh foram das cidades da região do litoral, 5.098.838 kWh foram da região central e 9.617.378 kWh foram da região do sertão.

Tabela 7 – Energia recuperada em 2019.

REGIÃO	kWh
LITORAL	16.955.324
CENTRO	5.098.838
SERTÃO	9.617.378
TOTAL	31.671.540

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

No ano de 2020, foram recuperados 31.054.842 kWh de energia, que equivalem a aproximadamente 31,1 GWh, ou seja, foram em torno de 0,6 GWh a menos se comparado com o ano de 2019. Dentre o recuperado das regiões, 20.282.339 kWh foram da região do litoral, 3.559.657 kWh foram da região central e 7.212.846 kWh foram da região do sertão.

Tabela 8 – Energia recuperada em 2020.

REGIÃO	kWh
LITORAL	20.282.339
CENTRAL	3.559.657
SERTÃO	7.212.846
TOTAL	31.054.842

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Já no ano de 2021, houve um grande aumento na energia recuperada, fato já esperado devido ao grande número de TOIs aplicados neste mesmo ano. Foram um total de 51.601.602 kWh de energia, que equivalem a aproximadamente 51,6 GWh. Desse total, 32.808.363 kWh foram da região do litoral, 5.794.045 kWh foram da região central e 12.999.194 kWh foram da região do sertão.

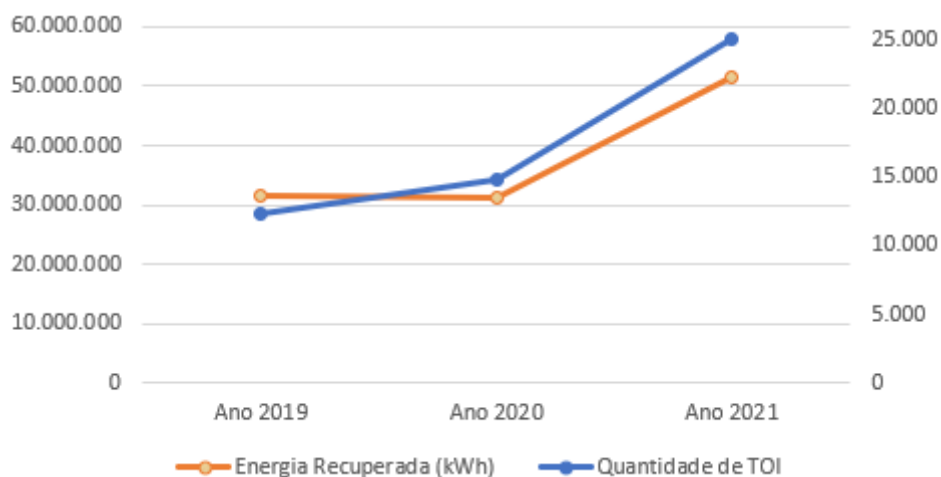
Tabela 9 – Energia recuperada em 2021.

REGIÃO	kWh
LITORAL	32.808.363
CENTRAL	5.794.045
SERTÃO	12.999.194
TOTAL	51.601.602

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Através desses dados, foi construído um gráfico comparativo para uma melhor visualização do progresso da recuperação de consumo dentro do estado da Paraíba, assim como também da evolução dos TOIs no mesmo período, o que pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 – Evolução da quantidade de TOIs e de energia recuperada (kWh).



Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Se comparado com a evolução dos TOIs, percebe-se que nem sempre os dois progressos são diretamente proporcionais. No ano de 2019, menos termos de ocorrência foram aplicados, em relação ao ano de 2020, porém, a energia recuperada foi maior. Isso

acontece porque a recuperação de consumo de cada unidade não é igual. Uma unidade consumidora de porte alto, por exemplo, poderá ter a recuperação de consumo equivalente à de várias unidades de porte menor, dependendo da quantidade de energia que está sendo desviada e não faturada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através das análises de irregularidades realizadas, foram mapeadas as dez cidades que possuem mais incidências de TOIs, ou seja, as que tiveram mais descobertas de fraudes de energia elétrica entre os anos de 2019 e 2021 e, além disso, quais os valores de energia recuperada e as maiores irregularidades encontradas por região.

Na Tabela 10, contém-se as dez cidades da região do litoral.

Tabela 10 – Dez cidades com maiores incidências de TOI da região do litoral.

Região do litoral			
Cidade	Quantidade de TOIs	Energia recuperada (kWh)	Maior irregularidade
JOÃO PESSOA	8923	26.107.102	Manipulação do medidor
SANTA RITA	4031	9.416.322	Desvio de energia no ramal de entrada
CABEDELO	1553	5.053.039	Desvio de energia no ramal de entrada
CONDE	1543	5.687.547	Desvio de energia no ramal de ligação
BAYEUX	1404	4.172.747	Desvio de energia no ramal de entrada
MAMANGUAPE	984	2.107.685	Manipulação do medidor
RIO TINTO	834	1.658.555	Desvio de energia no ramal de entrada
LUCENA	675	1.357.470	Manipulação do medidor
SAPÉ	669	971.380	Manipulação do medidor
MARCAÇÃO	536	1.404.093	Desvio de energia no ramal de entrada

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Na Tabela 11, contém-se as dez cidades da região central.

Tabela 11 – Dez cidades com maiores incidências de TOI da região central.

Região central			
Cidade	Quantidade de TOIs	Energia recuperada (kWh)	Maior irregularidade
CAMPINA GRANDE	1656	4.200.899	Manipulação do medidor
GUARABIRA	411	1.106.356	Manipulação do medidor
MONTEIRO	367	601.225	Manipulação do medidor
QUEIMADAS	239	481.911	Manipulação do medidor
ALAGOA GRANDE	170	336.377	Manipulação do medidor
ARACAGI	149	250.086	Manipulação do medidor
SUME	147	540.093	Manipulação do medidor
AROEIRAS	123	169.879	Desvio de energia no ramal de entrada
TAPEROÁ	110	172.620	Manipulação do medidor
BANANEIRAS	109	169.102	Manipulação do medidor

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Na Tabela 12, contém-se as dez cidades da região do sertão.

Tabela 12 – Dez cidades com maiores incidências de TOI da região sertão.

Região do sertão			
Cidade	Quantidade de TOIs	Energia recuperada (kWh)	Maior irregularidade
SÃO BENTO	1901	3.274.310	Desvio de energia no ramal de entrada
PATOS	1678	2.903.605	Desvio de energia no ramal de entrada
SOUSA	1505	3.633.072	Desvio de energia no ramal de ligação
POMBAL	854	1.649.180	Desvio de energia no ramal de ligação
COREMAS	811	902.306	Desvio de energia no ramal de ligação
PAULISTA	798	1.299.992	Desvio de energia no ramal de ligação
CONCEIÇÃO	506	802.108	Desvio de energia no ramal de entrada
CAJAZEIRAS	461	1.136.190	Manipulação do medidor
CATOLÉ DO ROCHA	397	579.783	Manipulação do medidor
PIANCÓ	361	825.154	Desvio de energia no ramal de entrada

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Percebe-se que na região do litoral predominam as irregularidades de desvio de energia no ramal de entrada e as de manipulações de medidor, enquanto que na região central, predomina apenas a irregularidade de manipulação de medidor. Já na região do sertão, as irregularidades de desvio de energia no ramal de entrada e desvio de energia no ramal de ligação são predominantes. Além disso, fica ainda mais evidente que nem sempre a cidade que contém mais termos de ocorrência aplicados é a que possui mais energia recuperada.

Tendo em vista as análises feitas das cidades paraibanas, foram realizadas algumas simulações de cálculo de recuperação de consumo considerando as três irregularidades mais comuns no estado da Paraíba. A primeira é referente à irregularidade de desvio de energia no ramal de entrada e foi considerado o critério da média dos três maiores valores regulados. Para dar início ao cálculo, é necessário determinar alguns parâmetros como o consumo de uma unidade fraudadora antes da irregularidade, o consumo após a irregularidade e informar a tarifa do kWh vigente. A tarifa do kWh pode variar ao longo dos meses, mas para nível de simulação, foi considerado um valor constante.

Na Tabela 13, tem-se o consumo dos últimos 12 meses da unidade fraudadora antes da irregularidade. Utilizando o critério da média aritmética dos três maiores valores (em verde), é possível obter uma média de 189 kWh.

Tabela 13 – Consumo e média dos três maiores valores da unidade fraudadora.

Mês/ano	Consumo em kWh antes da irregularidade
Janeiro/2020	183
Fevereiro/2020	184
Março/2020	176
Abril/2020	198
Maio/2020	183
Junho/2020	178
Julho/2020	185
Agosto/2020	175
Setembro/2020	174
Outubro/2020	131
Novembro/2020	117
Dezembro/2020	124
MÉDIA	189

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Após determinar a média dos três maiores valores antes da irregularidade, é possível realizar o cálculo da recuperação de consumo da energia que não foi faturada

após a irregularidade. Nesse exemplo, a unidade fraudadora teve uma grande queda de consumo a partir de janeiro de 2021, então é a partir desse mês que se inicia o cálculo da recuperação de consumo.

Na Tabela 14, tem-se os consumos faturados da unidade consumidora, o valor devido, que é justamente a média dos três maiores valores já calculados a partir do critério adotado, a diferença dos consumos devidos e faturados, a tarifa do kWh e o valor a pagar, que é a multiplicação da tarifa do kWh com a diferença dos consumos.

Tabela 14 – Recuperação de consumo devido ao desvio no ramal de entrada.

Mês e ano	Faturado (kWh)	Devido (kWh)	Diferença (kWh)	Tarifa	Valor a pagar (R\$)
Janeiro/2021	30	189	159	0,70866	112,68
Fevereiro/2021	35	189	154	0,70866	109,13
Março/2021	32	189	157	0,70866	111,26
Abril/2021	0	189	189	0,70866	133,94
Mai/2021	31	189	158	0,70866	111,97
Junho/2021	33	189	156	0,70866	110,55
TOTAIS	161	1.134	973	-	689,53

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Nesse caso, a unidade fraudadora estava com um consumo de 161 kWh, faturados devido à irregularidade, porém deveria está consumindo uma média de 1.134 kWh. Realizando a diferença dos dois consumos, tem-se que 973 kWh não foram faturados. Logo, realizando a multiplicação desse valor com o valor da tarifa vigente, o responsável pela unidade fraudadora pagará uma multa de 689,53 reais.

A segunda simulação considera a irregularidade de desvio de energia no ramal de ligação e o critério da recuperação de consumo considerado foi o da carga instalada na unidade. Para isso, também é necessário adotar alguns critérios, como o levantamento da carga instalada na unidade e os consumos faturados a partir do início da irregularidade.

Na Tabela 15, tem-se um exemplo de cargas (equipamentos) instaladas em uma unidade consumidora, com suas respectivas potências, horas e dias de utilização. Com esses dados, é possível estipular a média de consumo da unidade a ser considerada. No caso do exemplo da Tabela 15, a unidade deveria consumir uma média de 138,559 kWh.

Tabela 15 – Exemplo de levantamento de carga instalada.

Carga instalada	Quantidade	Potência (W)	Horas de utilização	Dias utilizados	Consumo (kWh)
Forno de micro-ondas	1	1500	1,07	14	22,47
Liquidificador	1	250	0,42	13	1,36
Ventilador	1	100	8	18	14,4
Lâmpada	7	11	8	30	18,48
TV LCD 47 polegadas	1	270	2	14	7,56
Tanquinho	1	667	2,18	19	27,627
Geladeira	1	110	14,14	30	46,662
TOTAL					138,559

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Após o levantamento de carga, é necessário verificar o consumo da unidade fraudadora, após a irregularidade, e realizar o cálculo da recuperação, semelhantemente como feito na primeira simulação.

Na Tabela 16, tem-se o consumo faturado dos últimos 6 meses (período considerado após a irregularidade), o consumo devido, que é o consumo da média das cargas instaladas, as diferenças do consumo faturado com o consumo devido, a tarifa do kWh e o valor, em reais, a pagar.

Tabela 16 – Recuperação de consumo devido ao desvio no ramal de ligação.

Mês e ano	Faturado (kWh)	Devido (kWh)	Diferença (kWh)	Tarifa	Valor a pagar (R\$)
Julho/2021	60	138,559	78,559	0,70866	55,67
Agosto/2021	30	138,559	108,559	0,70866	76,93
Setembro/2021	40	138,559	98,559	0,70866	69,84
Outubro/2021	35	138,559	103,559	0,70866	73,39
Novembro/2021	31	138,559	107,559	0,70866	76,22
Dezembro/2021	30	138,559	108,559	0,70866	76,93
TOTAIS	226	831,354	605,354	-	428,99

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Nesse caso, o fraudador estava consumindo 226 kWh ao invés de 831,354 kWh, gerando um consumo não faturado de 605,354 kWh que, multiplicando pela tarifa vigente, resulta em uma multa de 428,99 reais.

Na terceira simulação, foi considerada a irregularidade de manipulação do medidor. Para este caso, foi utilizado o critério da média aritmética dos últimos doze faturamentos.

Na Tabela 17, tem-se a média dos últimos doze consumos faturados da unidade consumidora fraudadora antes da irregularidade.

Tabela 17 – Média aritmética dos últimos doze faturamentos da unidade fraudadora.

Mês e ano	Consumo em kWh antes da irregularidade
Janeiro/2020	127
Fevereiro/2020	136
Março/2020	123
Abril/2020	130
Maio/2020	144
Junho/2020	121
Julho/2020	137
Agosto/2020	121
Setembro/2020	129
Outubro/2020	136
Novembro/2020	133
Dezembro/2020	138
MÉDIA ARITMÉTICA	131

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

Após a verificação da média aritmética, é necessário realizar o cálculo das diferenças dos consumos faturados e não faturados, assim como realizado nas simulações anteriores. Nesse caso, só haverá recuperação de consumo nos últimos três meses, pois a irregularidade iniciou-se em janeiro de 2021 e foi descoberta em abril de 2021.

Na Tabela 18, tem-se o consumo da unidade fraudadora nos últimos três meses, o consumo devido, a diferença do consumo devido com o consumo faturado, o valor da tarifa e o valor a pagar, em reais.

Tabela 18 – Recuperação de consumo devido à manipulação do medidor.

Mês e ano	Faturado (kWh)	Devido (kWh)	Diferença (kWh)	Tarifa	Valor a pagar (R\$)
Janeiro/2021	30	131	101	0,70866	71,57
Fevereiro/2021	35	131	96	0,70866	68,03
Março/2021	33	131	98	0,70866	69,45
TOTAIS	98	393	295	-	209,05

Fonte: (AUTORIA PRÓPRIA, 2022).

No caso, o consumo faturado da unidade nos últimos três meses foi de 98 kWh, porém, deveria ter sido uma média de 393 kWh, resultando em uma diferença de 295

kWh que não foram faturados. Esse consumo não faturado, multiplicado pelo valor considerado da tarifa, resultou em 209,05 reais de multa a ser paga.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou as principais fraudes de energia elétrica presentes no estado da Paraíba, bem como o consumo recuperado, após a detecção das irregularidades, dos municípios com maiores índices de termo de ocorrência e inspeção, entre os anos de 2019 e 2021. Foi possível observar que nem sempre as cidades com maiores números de TOIs são as que possuem maior recuperado de energia, pois, em algumas ocasiões, apenas o cálculo de recuperação de consumo de um TOI pode ser equivalente ao cálculo de vários outros termos de ocorrência juntos.

Percebeu-se, também, que fatores socioeconômicos contribuem diretamente para o aumento das fraudes, assim como, o aumento das equipes de fiscalização como ação de redução das perdas, por parte da concessionária de energia, aumenta o número de termos de ocorrência aplicados. Além disso, foi possível verificar que a maioria dos TOIs, assim como as maiores quantidades de energia recuperadas, estão concentrados nas cidades situadas na região metropolitana de João Pessoa e que os desvios de energia são predominantes nessa área.

Como sugestão para trabalhos futuros, está a abordagem do tema em assuntos mais específicos, como a análise das irregularidades em uma capital brasileira, focando nas ações da concessionária para a diminuição das perdas não técnicas. Uma outra proposta seria realizar um estudo sobre as novas tecnologias criadas para o combate as perdas elétricas ou ainda realizar uma análise comparativa no tratamento das perdas no Brasil com o tratamento das perdas em outros países.

REFERÊNCIAS

AESA. (2016). *Caracterização das regiões naturais*. Acesso em 07 de junho de 2022, disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE_07.pdf.

AESA. (2018). *Geoprocessamento – Mapas*. Acesso em 5 de junho de 2022, disponível em: <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html>

ANEEL. (2019). *Relatório de perdas de energia elétrica na distribuição*. Acesso em 2 de maio de 2022, disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/>

ANEEL. (2019). *Perdas de energia*. Acesso em 8 de maio de 2022, disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/distribuicao/perdas-de-energia#:~:text=As%20perdas%20referem%2Dse%20%C3%A0,por%20motivos%20%C3%A9cnicos%20ou%20comerciais.>

COSTA, Diego André. *Perdas técnicas e não técnicas de energia: uma revisão sobre o contexto atual do sistema elétrico brasileiro*. Viçosa. Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Viçosa, 2020.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. (2021). *Resolução Normativa ANEEL nº 1000 de 07 de dezembro de 2021*. Acesso em 4 de junho de 2022, disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.000-de-7-de-dezembro-de-2021-368359651>

DIGITAIS PUC CAMPINAS. (2015). *Pesquisadores da Unicamp desenvolvem aparelho que detecta fraude de energia elétrica*. Acesso em 22 de maio de 2022, disponível em: <https://digitaispuccampinas.wordpress.com/2015/04/22/pesquisadores-da-unicamp-desenvolvem-aparelho-que-detecta-fraude-de-energia-eletrica/>

BERNARDON, D. et. al. *“Perdas Técnicas e Comerciais de Energia Elétrica em Sistemas de Distribuição”*. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

Eletricidade e Magnetismo (Básico)» *Eletrodinâmica - Calor e eletricidade* Autor: Roberto A. Salmeron, 1960.

PIOTROWSKI, Leonardo. et. al. *Análise das Perdas de Energia no Sistema Elétrico de Distribuição Brasileiro*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM,, 2021.

PUNAROBLEY. (2019). *Fraudes mais comuns nas medições de energia elétrica*. Acesso em 15 de maio de 2022. Disponível em: <https://sites.google.com/site/punarobley/fraudes-mais-comuns-na-medicao-de-energia-eletrica>.

QUORA. (2020). *A fiação elétrica em uma casa mal feita pode aumentar o consumo de energia*. Acesso em 9 de maio de 2022. Disponível em: <https://pt.quora.com/A-fia%C3%A7%C3%A3o-el%C3%A9trica-em-uma-casa-mal-feita-pode-aumentar-o-consumo-de-energia>

SÓ FÍSICA. (2017). *Efeito Joule*. Acesso em 9 de maio de 2022. Disponível em: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/efeitojoule.php>

SABER ELÉTRICA. (2019). *Irregularidades na medição de energia elétrica*. Acesso em 15 de maio de 2022. Disponível em: <https://www.sabereletrica.com.br/irregularidades-na-medicao-de-energia-eletrica/>

RONDONIA AGORA. (2021). *Ligação Clandestina de energia em espaços publicas é crime*. Acesso em 22 de maio de 2022. Disponível em: <https://www.rondoniagora.com/geral/ligacao-clandestina-de-energia-em-espacos-publicos-e-crime-alerta-emdur>

ENERGISA. (2022). Acesso em 22 de maio de 2022. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/>

APÊNDICE A – CIDADES DA REGIÃO DO LITORAL

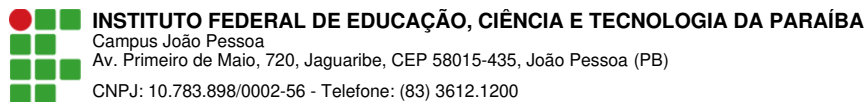
REGIÃO DO LITORAL			
Alhandra	Curral de Cima	Mamanguape	Riachão do Poço
Baía da Traição	Gurinhém	Marcação	Rio Tinto
Bayeux	Ingá	Mari	Salgado de São Félix
Caaporã	Itabaiana	Mataraca	Santa Rita
Cabedelo	Itapororoca	Mogeiro	São José dos Ramos
Caldas Brandão	Itatuba	Pedras de Fogo	São Miguel de Taipu
Capim	Jacaraú	Pedro Régis	Sapé
Conde	João Pessoa	Pilar	Serra Redonda
Cruz do Espírito Santo	Juripiranga	Pitimbu	Sobrado
Cuité de Mamanguape	Lucena	Riachão do Bacamarte	

APÊNDICE B – CIDADES DA REGIÃO CENTRAL

REGIÃO CENTRAL			
Alagoa Grande	Camalaú	Livramento	Salgadinho
Alagoa Nova	Campina Grande	Logradouro	Santa Cecília
Alagoinha	Caraúbas	Massaranduba	Santo André
Alcantil	Casserengue	Matinhas	São Domingos do Cariri
Algodão de Jandaíra	Caraúbas	Montadas	São João do Cariri
Amparo	Caturité	Monteiro	São João do Tigre
Araçagi	Congo	Mulungu	São José dos Cordeiros
Arara	Coxixola	Natuba	São Sebastião de Lagoa de Roça
Araruna	Cubati	Nova Floresta	São Sebastião do Umbuzeiro
Areia	Cuité	Nova Palmeira	São Vicente do Seridó
Areial	Cuitegi	Olivedos	Serra Branca
Aroeiras	Damião	Ouro Velho	Serra da Raiz
Assunção	Dona Inês	Parari	Serraria
Bananeiras	Duas Estradas	Pedra Lavrada	Sertãozinho
Baraúna	Esperança	Picuí	Solânea
Barra de Santa Rosa	Fagundes	Pilões	Soledade
Barra de Santana	Frei Martinho	Pilõezinhos	Sossêgo
Barra de São Miguel	Gado Bravo	Pirpirituba	Sumé
Belém	Guarabira	Pocinhos	Tacima
Boa Vista	Gurjão	Prata	Taperoá
Boqueirão	Juarez Távora	Puxinanã	Tenório
Borborema	Juazeirinho	Queimadas	Umbuzeiro
Cabaceiras	Junco do Seridó	Remígio	Zabelê
Cacimba de Dentro	Lagoa Seca	Riachão	
Caiçara	Lagoa de Dentro	Riacho de Santo Antônio	

APÊNDICE C – CIDADES DA REGIÃO DO SERTÃO

REGIÃO DO SERTÃO			
Água Branca	Condado	Nova Olinda	São Francisco
Aguiar	Coremas	Olho d'Água	São João do Rio do Peixe
Aparecida	Curral Velho	Passagem	São José da Lagoa Tapada
Areia de Baraúnas	Desterro	Patos	São José de Caiana
Aparecida	Diamante	Paulista	São José de Espinharas
Areia de Baraúnas	Emas	Pedra Branca	São José de Piranhas
Belém do Brejo do Cruz	Ibiara	Piancó	São José de Princesa
Bernardino Batista	Igaracy	Poço Dantas	São José do Bonfim
Boa Ventura	Imaculada	Poço de José de Moura	São José do Brejo do Cruz
Bom Jesus	Itaporanga	Pombal	São José do Sabugi
Bom Sucesso	Jericó	Princesa Isabel	São Mamede
Bonito de Santa Fé	Joca Claudino	Quixaba	Serra Grande
Brejo do Cruz	Juru	Riacho dos Cavalos	Sousa
Brejo dos Santos	Lagoa	Santa Cruz	Tavares
Cachoeira dos Índios	Lastro	Santa Helena	Teixeira
Cacimba de Areia	Mãe d'Água	Santa Inês	Triunfo
Cacimbas	Malta	Santa Luzia	Uiraúna
Cajazeiras	Manaíra	Santa Teresinha	Várzea
Cajazeirinhas	Marizópolis	Santana de Mangueira	Vieirópolis
Carrapateira	Mato Grosso	Santana dos Garrotes	Vista Serrana
Catingueira	Maturéia	São Bentinho	
Catolé do Rocha	Monte Horebe	São Bento	
Conceição	Nazarezinho	São Domingos	



Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)

Assunto: Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
Assinado por: Marthon Jonas
Tipo do Documento: Relatório
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Marthon Jonas Sales Cardoso, ALUNO (20161610033) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA**, em 21/07/2022 09:46:41.

Este documento foi armazenado no SUAP em 21/07/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 576340

Código de Autenticação: 18819107d9

