

## ANÁLISE DA QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA: ESTUDO DE CASO EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEL

*ALMEIDA SILVEIRA, Nicole de<sup>1</sup>*  
*Centro Universitário Academia - UniAcademia*  
*ABRITTA, Camila do Carmo Almeida<sup>2</sup>*  
*Centro Universitário Academia – UniAcademia*  
*SILVA JÚNIOR, Dalmo Cardoso da<sup>3</sup>*  
*Centro Universitário Academia – UniAcademia*

Linha de pesquisa: Sistemas de Energia Elétrica

### RESUMO

O Brasil é um país de dimensão continental, cuja malha de transmissão que leva energia a todo país é proporcional a sua dimensão. Para preservar a qualidade de energia elétrica levada entre os quatro subsistemas Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Norte essa malha de transmissão deve ser regulamentada. Por essa razão, foi criado o Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Este trabalho apresentou um estudo de caso da qualidade de energia elétrica entregue pela concessionária de um sistema elétrico de um posto de combustível localizado na cidade de juiz de fora. Foram realizados cálculos e medições das grandezas elétricas de acordo com as recomendações e parâmetros estabelecidos pelo Módulo 8 (PRODIST). Buscou-se apresentar com base no referencial bibliográfico como a qualidade elétrica nos afeta diretamente e dessa forma mostrar a importância de realizar uma análise da qualidade de energia.

**Palavras-chave:** Análise de Energia. Distribuição. Medição

---

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - UniAcademia.

<sup>2</sup> Professora Mestra do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia - UniAcademia.

<sup>3</sup> Professor Mestre do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia – UniAcademia.

## 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é produzida em usinas geradoras, sendo a usina hidroelétrica a mais utilizada no Brasil. O fluxo da água gira a turbina para transformar energia potencial gravitacional em energia cinética e, por sua vez, a energia cinética é transformada pelo gerador em energia elétrica. Entretanto, existem muitos outros tipos de usinas geradoras ao redor do mundo, pois o tipo de geração utilizada depende da geografia do local. Segundo a Agência internacional de Energia (IEA, 2022), no mundo as principais fontes de energia são provindas de carvão mineral, gás natural, petróleo e derivados.

O Sistema Interligado Nacional (SIN), é um sistema hidro-termo-eólico de grande dimensão devido à extensão territorial brasileira. A interconexão dos sistemas elétricos, através da malha de transmissão, transporta a energia entre quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Norte. Nessa sistematização, quando a energia é produzida nas usinas geradoras, ela é dirigida a uma subestação que amplia a sua tensão, para diminuir perdas no transporte ao longo da linha de transmissão com destino a outra subestação. Nessa nova subestação a tensão é modificada para chegar na rede da concessionária com destino aos consumidores (ONS, 2023).

A energia elétrica provinda das linhas de transmissão, depois de ter sua tensão diminuída nas subestações abaixadoras, passam por transformadores com intuito de baixar a voltagem para que os consumidores finais possam utilizá-la de acordo com a sua necessidade.

Segundo a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia (ABRADEE), o setor privado é responsável por aproximadamente 60% da distribuição de energia no Brasil, as empresas públicas ficam com cerca de 40%. Essa distribuição se dá por duas formas: Redes aéreas que são as suportadas por postes e as subterrâneas que são as que os fios são passados por dutos sob o solo.

Apesar de ser muito comum discussões sobre fios de alta tensão, os de média tensão são os mais vistos pelas ruas das cidades, junto às de média tensão também podemos encontrar os de baixa tensão que são aqueles que levam energia até as residências e pequenos comércios. As indústrias de médio porte recebem a energia diretamente da média tensão, logo possuem transformadores para passarem para tensões menores.

De acordo com Ribeiro (2023), o Brasil possui aproximadamente 85 milhões de Unidades Consumidoras (UCs). Deste montante, 85% correspondem a residências. Com um número tão grande de UCs, pode-se perceber como é importante ter uma regulamentação.

Na década de 1990, começou uma reestruturação no setor elétrico, e em 1996 a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) foi fundada. A ANEEL é o órgão responsável por regularizar o setor elétrico hoje no Brasil e, que está entrelaçada ao governo federal. Ela é regulamentada pela Lei nº 9.427/1996 e pelo Decreto nº 2.335/1997, sendo responsável por regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica.

A ANEEL elaborou documentos responsáveis por padronizar e normatizar as atividades técnicas e relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica. Estabelecido pela Resolução Normativa nº 956, de 2021, os Procedimentos de Distribuição – PRODIST possuem 11 módulos, que contém as normas para regulamentação das atividades de distribuição de energia elétrica no Brasil.

A partir dessa reestruturação ocorrida na década de 1990, a qualidade da energia distribuída começou a ficar mais em evidência. Uma prova disso é o Módulo 8 do PRODIST, o qual trata da qualidade de energia, levando em consideração aspectos como produto, serviço e atendimento ao consumidor e estabelecendo valores bem definidos para todos os parâmetros relativos ao fornecimento ou consumo da energia elétrica. Assim, a qualidade de energia se tornou algo mensurável e não apenas um conceito. Esse módulo avalia a qualidade do produto, a qualidade do serviço e qualidade no tratamento das informações.

O presente trabalho teve como objetivo apresentar um estudo da qualidade da energia elétrica de um sistema elétrico de uma unidade consumidora, entregue pela concessionária, analisando as grandezas elétricas de acordo com cálculos, recomendações e parâmetros estabelecidos pelo Módulo 8 do Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A partir da percepção da inconstância no fornecimento de energia elétrica, começaram as demandas referentes a sua qualidade. Antes dos anos 70 não existia a exigência de se realizar muitas mudanças no fornecimento de energia, pois alguns dos distúrbios não eram perceptíveis. O Brasil vivenciou na década de 70 o período denominado como “milagre brasileiro” e foi nessa época que começou a aplicadas melhorias na qualidade do fornecimento. Desde então as primeiras normas para a melhora da qualidade de energia foram desenvolvidas (OLIVEIRA; ARAUJO, 2021).

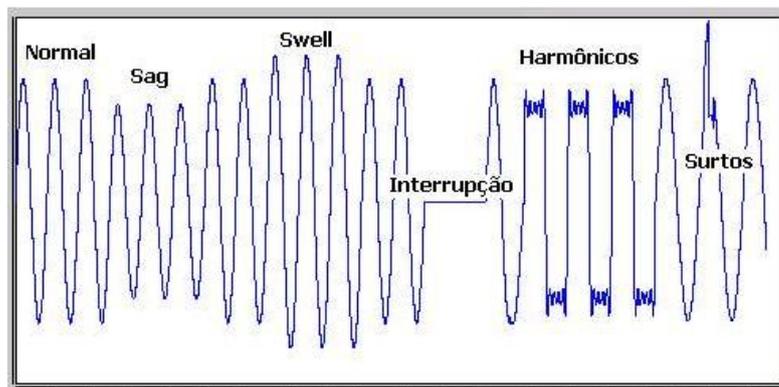
Dados históricos foram utilizados para que fossem realizadas as primeiras análises da qualidade de energia, e com base nos dados coletados melhorias eram feitas. Mas, o avanço da tecnologia impactou de forma considerável o setor elétrico e colaborou para que os parâmetros relacionados a qualidade de energia tivessem cada vez mais exigência (OLIVEIRA; ARAUJO, 2021).

### 2.1 DISTÚRBIOS QUE AFETAM A QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA

O primeiro alerta de que algo relacionado à qualidade de energia não está correto são problemas e falhas em equipamentos ligados à rede elétrica, como por exemplo, lâmpadas que piscam e aparelhos que esquentam além do que deveria. Isso pode ocorrer em razão da rede elétrica sofrer distúrbios que provocam esse mal funcionamento (DECKMANN; POMILIO, 2020).

Na Figura 1 podem ser observados os diferentes aspectos de ondas, os quais, de acordo com os distúrbios, geralmente ligados a sistemas elétricos, afetam a qualidade de energia.

**Figura 1** – Principais distúrbios relacionados à qualidade de energia



Fonte: Fernandes, 2007

Existem vários distúrbios que afetam a qualidade de energia elétrica e se enquadram nas seguintes categorias: transitórios, variações de curta duração, variações de longa duração, desequilíbrio de tensão, distorções na forma de onda, flutuações de tensão e variação de frequência (MARQUES, 2007).

## 2.2 DISTÚRBIOS TRANSITÓRIOS

Transitórios são definidos como episódios prejudiciais no sistema, tem curta duração, porém são capazes de provocar tensões e correntes nos equipamentos que excedem o estado nominal de funcionamento (REIS, 2018).

Os distúrbios transitórios são os transitórios impulsivos e os transitórios oscilatórios, como principal característica de ambos, estão as altas frequências existentes em seus espectros de frequência (MARQUES, 2007).

### 2.2.1 Distúrbios transitórios impulsivos

Os distúrbios transitórios impulsivos são provocados por descargas atmosféricas. Por definição, são alterações instantâneas no estado de regime permanente de tensão ou corrente ou em ambos. Eles exibem impulsos em um único sentido de polaridade, positiva ou negativa (REIS, 2018).

### 2.2.2 Distúrbios transitórios oscilatórios

Os distúrbios transitórios oscilatórios são mudanças em alta frequência que mostram uma diminuição ao longo do tempo, exibindo espectros de frequência com uma frequência predominante bem definida. Essas ocorrências são provocadas por vários tipos de chaveamento de dispositivos, energização de capacitores e transformadores e efeito de transitórios impulsivos (MARQUES, 2007).

## 2.3 VARIAÇÕES DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO

As variações de tensão de curta duração são ocorrências aleatórias e definidas pelo desvio considerável por rápido intervalo de tempo, do valor eficaz da tensão (ONS, 2010).

Esse distúrbio é normalmente ocasionado por circunstâncias de falhas no sistema elétrico e pela energização de grandes blocos de carga. De acordo com a localização de falta e das condições operacionais do sistema, a falta pode provocar,

afundamento de tensão (*Sag*), elevação de tensão (*Swell*), ou a perda completa da tensão (interrupção) (REIS, 2018).

### 2.3.1 *Sag*

No afundamento de tensão acontece uma deformidade ou um achatamento da onda de tensão, que ocorre por poucos ciclos e em seguida volta ao normal. Geralmente relacionadas com situações de curto-circuito, energização de grandes cargas, a *sag* é causada por faltas no Sistema Elétrico de Potência, partidas de grandes motores, e mais comumente os curtos-circuitos nas redes de distribuição. O alto valor da corrente de curto-circuito faz com que ocorra o afundamento da tensão no barramento, em que a barra do curto-circuito está ligada (SANTOS, 2021).

### 2.3.2 *Swell*

Conhecido também como elevação de tensão, *swell* é quando ocorre uma elevação da amplitude da tensão que, geralmente, é ocasionada por curtos-circuitos monofásicos. Isto é, na fase-terra do sistema elétrico, no qual a tensão na fase em curto é diminuída, ao mesmo tempo em que nas outras fases ocorrem elevações de tensão. Essas elevações podem ocasionar avarias nos supressores de sobretensão, visto que eles são projetados para drenar por microssegundos, porém a elevação de tensão acontece por dezenas de milissegundos (ROCHA, 2016).

### 2.3.3 Interrupção

A interrupção é determinada quando a tensão eficaz do sistema, frequência de 60Hz, diminui para um valor abaixo a 10% por tempo, acordado por norma, de até 1 minuto. Geralmente, é provocada por faltas no sistema de energia, panes nos aparelhos e mau desempenho do sistema de controle. O período interrupção é definido pela duração de operação dos dispositivos de proteção, que variam conforme a abordagem adotada (KEMPNER, 2016).

## 2.4 DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO

O desequilíbrio de tensão, igualmente intitulado de desbalanceamento de tensão, aborda o insatisfatório arranjo das fases em um sistema, de maneira que contenha excesso de carga em uma ou mais fases, em relação à média do sistema (DUGAN, 2002. p. 24).

## 2.5 DISTORÇÃO NA FORMA DE ONDA

De acordo com Dugan (2002), a distorção de forma de onda pode ser determinada como sendo o desvio, em regime permanente, da forma da corrente ou tensão no que se refere ao sinal senoidal.

Há 5 tipos notáveis de distorções: desvio do nível CC, harmônicos, interharmônico, corte (Notch) e ruídos. Porém nesse trabalho iremos abordar os harmônicos.

### 2.5.1 Harmônicos

Os harmônicos são determinados como tensões ou correntes de forma senoidal que possui frequências múltiplas na frequência fundamental. Acrescidos aos componentes fundamentais de tensão e corrente, tais harmônicos deformam as formas de onda e são provenientes de aparelhos e cargas com aspectos não-lineares estabelecidos no sistema de energia (REIS, 2018).

## 2.6 FLUTUAÇÃO DE TENSÃO

Também conhecida como *flicker* ou cintilação, é oriunda do efeito que a flutuação de tensão, situada na origem de alimentação das lâmpadas, causa nos nossos olhos. Em teoria, a flutuação de tensão é um evento eletromagnético. É uma consequência provocada por esse evento em algumas cargas, isto é, a impressão de instabilidade visual, impelida por um estímulo luminoso, da qual, luminância ou distribuição espectral flutuam com o tempo (DUGAN, 2003).

## 2.7 VARIAÇÃO DE FREQUÊNCIA

Por definição as variações na frequência são alterações no valor da frequência do sistema. No Brasil, adota-se frequência de 60 Hz (DUGAN, 2002).

Variações de frequência que excedam os limiares de operação podem ser provocadas por faltas em sistemas de transmissão, saída de um grande bloco de cargas ou pela saída de operação de uma grande fonte de geração. Essas variações são capazes de acometer a operação normal de máquinas rotativas, porém, por causa da interconexão dos sistemas elétricos, essas perturbações não acontecem frequentemente (REIS, 2018).

## 2.8 NORMALIZAÇÃO E MONITORAÇÃO DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

Determinadas normas estrangeiras são aplicadas inteiramente ou de forma ajustada no Brasil. No mundo a falta de centralização de normas causa transtornos aos consumidores, uma vez que um equipamento comprado em um país pode sofrer avaria se for utilizado em outro país, em razão das normas serem diferentes em cada país (DECKMANN; POMILIO, 2020)

O PRODIST é um grupo de documentos que foi criado com o intuito de normatizar as atribuições da distribuição de energia elétrica no Brasil. Esse documento é de grande importância, dado que ele padroniza as ações de gerenciamento para ampliação dos sistemas de distribuição e determina as regras para os sistemas de medição.

O documento do PRODIST que refere de qualidade de energia chamado de módulo 8 – Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica, é dividido em 4 seções: qualidade do produto, qualidade do serviço, qualidade comercial e segurança do trabalho e instalações (ANEXO VIII DA RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 956, DE 7 DE DEZEMBRO 2021 – PRODIST).

A qualidade do produto, de acordo com a seção 8.1 do módulo 8 do PRODIST, descreve a terminologia indicadores e caracteriza os fenômenos de regime permanente e regime transitório, determina os limiares ou valores de referência, como é a metodologia de medição e a gestão das reclamações relativas à conformidade de tensão em regime permanente.

## 2.9 VARIAÇÕES DE TENSÃO EM REGIME PERMANENTE

Para avaliar a tensão em regime permanente, são realizadas leituras por meio de aparelhos de medição adequados e regulamentados. A medição é realizada no ponto de conexão com a rede de distribuição, distribuidoras e consumidores, conforme o módulo 8 – PRODIST.

Em relação às tensões contratadas junto à distribuidora, a tensão contratada na região de conexão pelos consumidores atendidos em tensão nominal maior a 2,3 kV deve ficar entre de 95% a 105% da tensão nominal de funcionamento do sistema no ponto de conexão. Além disso, é necessário assegurar a tensão nominal de um dos terminais de derivação antecipadamente exigido ou recomendado para o transformador da unidade consumidora. Já para consumidores atendidos em tensão

igual ou menor a 2,3 kV deve ser a tensão nominal do sistema. A Tabela 1 contém informações da faixa de variação da tensão de leitura (Volts) e sua classificação (ANEEL, 2021).

**Tabela 1** – Classificação da tensão de atendimento e faixa de variação de leitura.

<b>Tensão de Atendimento (TA)</b>	<b>Faixa de variação da Tensão de Leitura (TL) 220/127 V</b>
Adequada	$(202 \leq TL \leq 231)/(117 \leq TL \leq 133)$
Precária	$(191 \leq TL \leq 202 \text{ ou } 231 \leq TL \leq 233)/(110 \leq TL \leq 117 \text{ ou } 133 \leq TL \leq 135)$
Crítica Inferior	$(TL < 191 \text{ ou } TL > 233)/(TL < 110 \text{ ou } TL > 135)$

Fonte: ANEEL, 2021

De acordo com o item 26.2 do PRODIST (2021), para a elaboração dos indicadores individuais é necessário levar em conta 1.008 leituras válidas, que serão obtidas em intervalos sucessivos (período de integralização) de 10 minutos, correspondente a 168 horas, na circunstância de variações temporárias de tensão ou interrupções de longa duração. A medição ocorrida nesses 10 minutos deverá ser expurgada e trocada por uma leitura válida de acordo com o item 87 (PRODIST, 2021)

Depois de obter um total de leituras válidas, o índice de duração relativa da transgressão para tensão precária (DRP) e o índice para tensão crítica (DRC) precisa ser determinado. Primeiramente, deve-se definir a ideia de tensão de atendimento, para depois descrever as tensões precárias e críticas. O valor eficaz de tensão, encontrado por meio de medição, é classificado como adequada, precária ou crítica (VILELA, 2018).

Os indicadores DRP e DRC, tem de ser calculados, utilizando as Equações 1 e 2, respectivamente:

$$DRP = \frac{nlp}{1.008} \times 100 [\%] \quad (1)$$

$$DRC = \frac{nlc}{1.008} \times 100 [\%] \quad (2)$$

Em que:

nlp e nlc = maior valor entre as fases do número de leituras situadas na faixa precárias e críticas, nessa ordem.

Com base nos parâmetros individuais DRP e DRC registrados nas medições amostrais realizadas, a ANEEL avalia as medidas de posição (percentis) para publicar detalhadamente o desempenho da distribuidora em relação à qualidade da tensão em regime permanente. Os limiares para DRP e DRC são 3 % e 0,5 %, respectivamente (ANEEL, 2021).

## 2.10 DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO

Desequilíbrio de tensão é o episódio definido por alguma diferença analisada nas amplitudes entre as três tensões de fase de um definido sistema trifásico, ou na diferença elétrica de 120° entre as tensões de fase de um mesmo sistema (ANEEL, 2021).

O parâmetro de desequilíbrio de tensão a ser equiparado com os limiares é o FD95% que mostra o índice do fator de desequilíbrio de tensão FD%, no qual ultrapassou em 5 % das 1008 leituras válidas apenas. Pode-se calcular o indicador FD% pela Equação 3 (ANEEL, 2021).

$$FD\% = \frac{V_-}{V_+} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

FD% = fator de desequilíbrio de tensão;

V<sub>-</sub> e V<sub>+</sub> = sequência negativa e positiva na frequência, respectivamente.

Os limiares para o parâmetro de desequilíbrio de tensão FD95% estão indicados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Limiares para o parâmetro de desequilíbrio de tensão.

Indicador	Tensão nominal (Vn)	
	Vn < 2,3 kV	2,3 kV ≤ Vn < 230kV
FD95%	3,00%	2,00%

Fonte: ANEEL (2021)

## 2.11 FLUTUAÇÃO DE TENSÃO

A flutuação de tensão definida pelo Módulo 8 (PRODIST), como sendo uma inconstância que pode ser aleatória, repetitiva ou esporádica do valor da tensão.

Os parâmetros de flutuação de tensão são P<sub>st</sub>, o P<sub>lt</sub> e o P<sub>st95%</sub>. O parâmetro P<sub>st</sub> caracteriza a severidade dos níveis de cintilação luminosa relacionados à flutuação de tensão analisada em um intervalo ininterrupto de 10 minutos. O parâmetro P<sub>lt</sub>

caracteriza a severidade dos níveis de cintilação luminosa relacionados à flutuação de tensão analisada em um intervalo ininterrupto de 2 horas (ANEEL, 2021).

O parâmetro  $P_{st95\%}$  caracteriza o valor do parâmetro  $P_{st}$  que excedeu em apenas 5% das 1.008 leituras válidas. A Equação 4 é utilizada para calcular o parâmetro  $P_{st}$  (ANEEL, 2021).

$$P_{st} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,0525P_1 + 0,0657P_3 + 0,28P_{10} + 0,08P_{50}} \quad (4)$$

Em que:

$P_i$  ( $i=0,1; 1; 3; 10; 50$ ) representa o nível de flutuação de tensão que foi excedida no decorrer do tempo, adquirido com base na função de distribuição acumulada complementar, conforme a conduta estabelecida por normas.

Para obter o valor do  $P_{lt}$ , são necessárias 12 amostras seguidas de  $P_{st}$ , como determinado pela Equação 5:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (P_{sti})^3} \quad (5)$$

A Tabela 3 contém os valores limiares para a flutuação de tensão.

**Tabela 3 – Limiares para a flutuação de tensão.**

Indicador	Tensão nominal (Vn)		
	Vn < 2,3 kV	2,3 kV ≤ Vn < 69 kV	69 kV ≤ Vn < 230 kV
Pst95%	1,0 pu	1,5 pu	2,0 pu

Fonte: ANEEL (2021)

## 2.12 VARIAÇÃO DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO (VTCD)

As variações de tensão de curta duração são ocorrências de afundamento e elevação de tensão com durabilidade de meio ciclo por poucos minutos. Não há uma norma que limite os episódios de variação de tensão de curta duração, pois, em sua grande maioria, os eventos que criam essas ocorrências não podem ser prevenidos, um bom exemplo são eventualidades causadas pelo clima, no entanto existem normas que classificam esse tipo de ocorrência. A Tabela 4 apresenta a classificação de VTCD (DECKMANN; POMILIO, 2020).

Acredita-se que a maior parte das falhas no fornecimento de energia a consumidores industriais estejam ligadas às ocorrências de VTCD, provocando demasiados prejuízos, principalmente dependendo dos aparelhos afetados (BEZERRA et. al, 2003).

Os parâmetros de VTCD são Amplitude do evento de VTCD –  $V_e$ , Duração do evento de VTCD –  $\Delta t_e$ , Frequência de ocorrência de eventos de VTCD –  $f_e$ , Fator de Impacto – FI e Fator de Impacto base – FIbase. As Equações 6, 7 e 8 são utilizadas para cálculo dos parâmetros relacionados com as variações de tensão de curta duração,  $V_e$ ,  $\Delta t_e$  e  $f_e$  (ANEEL, 2021).

**Tabela 4 – Classificação de VTCD.**

<b>Classificação</b>	<b>Denominação</b>	<b>Duração da Variação</b>	<b>Amplitude da tensão (valor eficaz) em relação à tensão de referência</b>
Variação Momentânea de Tensão	Interrupção Momentânea de Tensão – IMT	Inferior ou igual a 3 segundos	Inferior a 0,1 p.u
	Afundamento Momentâneo de Tensão – AMT	Superior ou igual a 1 ciclo e inferior ou igual a 3 segundos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
	Elevação Momentânea de Tensão – EMT	Superior ou igual a 1 ciclo e inferior ou igual a 3 segundos	Superior a 1,1 p.u
Variação Temporária de Tensão	Interrupção Temporária de Tensão – ITT	Superior a 3 segundos e inferior a 3 minutos	Inferior a 0,1 p.u
	Afundamento Temporário de Tensão – ATT	Superior a 3 segundos e inferior a 3 minutos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
	Elevação Temporária de Tensão – ETT	Superior a 3 segundos e inferior a 3 minutos	Superior a 1,1 p.u

Fonte: ANEEL, 2021

Equação 6, cálculo do  $V_e$ :

$$V_e = \frac{V_{res}}{V_{ref}} \times 100 [\%] \quad (6)$$

Em que:

$V_e$  = amplitude do evento de VTCD (%);

$V_{res}$  = tensão residual do evento de VTCD (Volts);

$V_{ref}$  = tensão de referência (Volts).

Equação 7, cálculo do  $\Delta t_e$ :

$$\Delta t_e = t_f - t_i \quad (7)$$

Em que:

$\Delta t_e$  = duração do evento de VTCD (milissegundos);

$t_f$  = instante final do evento de VTCD;

$t_i$  = instante inicial do evento de VTCD.

Equação 8, cálculo do  $f_e$ :

$$f_e = n \quad (8)$$

Em que:

$f_e$  = frequência de ocorrência de eventos de VTCD;

$n$  = quantidade de eventos de VTCD registrados no período de avaliação.

De acordo com a norma, o parâmetro Fator de Impacto – FI, que define a severidade da incidência de episódios de VTCD, é calculado de acordo a equação 9.

$$FI = \frac{\sum_{i=A}^I (f_{ei} \times f_{pond_i})}{FI_{BASE}} \quad (9)$$

Em que:

$f_{ei}$  = regularidade de ocorrência de VTCD, validada por meio de medição adequada, em um intervalo de 30 dias ininterruptos, para cada parte sensível  $i$ , com  $i = A, B, C, D, E, F, G, H$  e  $I$ ;

$f_{pond_i}$  = fator de ponderação para cada parte sensível  $i$ , determinado de acordo com a relevância da ocorrência, observando a relação entre a amplitude e duração;

$FI_{BASE}$  = fator de impacto base, resultante do somatório da multiplicação dos fatores de ponderação pelas frequências máximas de ocorrência em um intervalo de 30 dias de VTCD para cada parte sensível.

Na Tabela 5 pode-se verificar os fatores de ponderação e fator de impacto base, conforme a tensão nominal ( $V_n$ ).

**Tabela 5** – Fator de ponderação e fator de impacto base, conforme a tensão nominal ( $V_n$ ).

Região de Sensibilidade	Fator de Ponderação (fpond)	Fator de Impacto Base (FIBASE)	
		$2,3 \text{ kV} \leq V_n < 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} \leq V_n < 230 \text{ kV}$
A	0,00		
B	0,04		
C	0,07		
D	0,15		
E	0,25	2,13	1,42
F	0,36		
G	0,07		
H	0,02		
I	0,04		

Fonte: ANEEL (2021)

## 2.13 VARIAÇÃO DE FREQUÊNCIA

Em condições normais de funcionamento em regime permanente os sistemas de distribuição e as instalações de geração devem atuar dentro dos limites de frequência entre 59,9 Hz e 60,1 Hz. Caso seja verificado episódios de distúrbios, deve ser assegurado o retorno da frequência em 30 segundos para a faixa limitada por norma (ANEEL, 2021).

Caso haja a necessidade pode ocorrer a interrupção de geração para que possa ser retomado o equilíbrio do sistema, todavia jamais pode ocorrer variação superior a 66Hz ou menor que 56,5 Hz em condições extrema, e o limiar de tempo tolerado para que não haja danos para o sistema em 62 Hz é de 30 segundos, em 63,5 Hz é 10 segundos. Quando se fala em baixa frequência, quando ficar menor que 58,5 Hz o tempo limite é 10 segundos e menor que 57,5 Hz limite de 5 segundos (ANEEL, 2021).

## 2.14 FATOR DE POTÊNCIA

Fator de potência pode ser definido como uma associação entre a potência ativa e a potência aparente. O fator de potência define a eficiência com que a potência ativa está sendo trasladada pela carga (ROCHA, 2016).

A obtenção do valor do fator de potência é feita considerando as informações obtidas sobre as potências ativa e reativa ou das respectivas energias, empregando as Equações 10 ou 11 (ANEEL, 2021).

$$fp = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} \quad (10)$$

$$fp = \frac{EA}{\sqrt{EA^2+ER^2}} \quad (11)$$

Em que:

fp = fator de potência;

P = potência ativa;

Q = potência reativa;

EA = energia ativa;

ER = energia reativa.

A medição permanente e obrigatória do fator de potência deve ser realizada de forma a manter o controle do fator de potência, quando as unidades consumidoras são atendidas pela média e alta tensão e nas ligações entre distribuidoras (ANEEL, 2021).

Para o grupo A de unidade consumidora ou área de conexão entre distribuidoras com tensão menor que 230 KV, o fator de potência na área de conexão deve estar situado na faixa de 0,92 e 1,00 indutivo, ou então 1,0 e 0,92 capacitivo de acordo com a norma.

## 2.15 DISTORÇÕES HARMÔNICAS

Uma corrente ou tensão é considerada harmônica quando um sinal senoidal possui a frequência como múltiplo inteiro da frequência fundamental do sinal de alimentação. Os sinais periódicos são definidos como contendo harmônicos quando exhibe uma forma de onda não senoidal, isto é, são distorcidos em relação a um sinal senoidal (Instituto do Cobre, 2001).

A Tabela 6 mostra os indicadores de distorções harmônicas.

**Tabela 6** – Descrição dos indicadores de distorções harmônicas.

<b>Descrição</b>	<b>Símbolo</b>
Distorção harmônica individual de tensão de ordem h	$DIT_h\%$
Distorção harmônica total de tensão	$DTT\%$
Distorção harmônica total de tensão para as componentes pares não múltiplas de 3	$DTT_p\%$
Distorção harmônica total de tensão para as componentes ímpares não múltiplas de 3	$DTT_i\%$
Distorção harmônica total de tensão para as componentes múltiplas de 3	$DTT_3\%$
Valor do indicador $DTT\%$ que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válidas	$DTT_{95\%}$
Valor do indicador $DTT_p\%$ que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válidas	$DTT_{p95\%}$
Valor do indicador $DTT_i\%$ que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válidas	$DTT_{i95\%}$
Valor do indicador $DTT_3\%$ que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válidas	$DTT_{395\%}$

Fonte: ANEEL (2021)

A seguir, são apresentadas as Equações 12, 13, 14, 15 e 16 utilizadas para o cálculo dos indicadores  $DIT_h\%$ ,  $DTT\%$ ,  $DTT_p\%$ ,  $DTT_i\%$  e  $DTT_3\%$ , respectivamente.

$$DIT_h\% = \frac{V_h}{V_1} \times 100 \quad (12)$$

Em que:

$V_h$  = tensão harmônica de ordem h;

h = ordem harmônica individual;

$V_1$  = tensão fundamental medida.

$$DTT\% = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} V_h^2}}{V_1} \times 100 \quad (13)$$

Em que:

h = todas as ordens harmônicas de 2 até  $h_{max}$ .

$h_{max}$  = ordem harmônica máxima, segundo classe do aparelho de medição utilizado (classe A ou S);

$V_h$  = tensão harmônica de ordem h;

$V_1$  = tensão fundamental medida.

$$DTT_p\% = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_p} V_h^2}}{V_1} \times 100 [\%] \quad (14)$$

Em que:

$h$  = todas as ordens harmônicas pares, não múltiplas de 3 ( $h = 2, 4, 8, 10, 14, 16, 20, 22, 26, 28, 32, 34, 38, \dots$ );

$h_p$  = máxima ordem harmônica par, não múltipla de 3;

$V_h$  = tensão harmônica de ordem  $h$ ;

$V_1$  = tensão fundamental medida.

$$DTT_i\% = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_i} V_h^2}}{V_1} \times 100 [\%] \quad (15)$$

Em que:

$h$  = todas as ordens harmônicas ímpares, não múltiplas de 3 ( $h = 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29, 31, 35, 37, \dots$ );

$h_i$  = máxima ordem harmônica ímpar, não múltipla de 3;

$V_h$  = tensão harmônica de ordem  $h$ ;

$V_1$  = tensão fundamental medida.

$$DTT_3\% = \frac{\sqrt{\sum_{h=3}^{h_3} V_h^2}}{V_1} \times 100 [\%] \quad (16)$$

Em que:

$h$  = todas as ordens harmônicas múltiplas de 3 ( $h = 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39, \dots$ );

$h_3$  = máxima ordem harmônica múltipla de 3;

$V_h$  = tensão harmônica de ordem  $h$ ;

$V_1$  = tensão fundamental medida

Após a obtenção de dados em porcentagem da tensão fundamental, os valores referenciais para as distorções harmônicas totais são calculados. Os limiares são definidos com base no percentil de conformidade de 95%, isto é, considera-se que os

limites possam ser ultrapassados em até 5% das 1008 amostras coletadas (ANEEL, 2021)

A Tabela 7 apresenta os limites das distorções harmônicas totais em % da tensão fundamental. Os limites correspondem ao máximo valor esperado a ser verificado no sistema de distribuição (ANEEL, 2021).

**Tabela 7** - Limites das distorções harmônicas totais em % da tensão fundamental.

Indicador	Tensão nominal ( $V_n$ )		
	$V_n \leq 2,3 \text{ kV}$	$2,3 \text{ kV} < V_n < 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} \leq V_n < 230 \text{ kV}$
DTT <sub>95%</sub>	10,0%	8,0%	5,0%
DTT <sub>p95%</sub>	2,5%	2,0%	1,0%
DTT <sub>i95%</sub>	7,5%	6,0%	4,0%
DTT <sub>395%</sub>	6,5%	5,0%	3,0%

Fonte: ANEEL, 2021

### 3 METODOLOGIA

Para esse estudo de caso, foram realizadas medições para avaliar a energia elétrica em um posto de combustível localizado na zona nordeste da cidade de juiz de fora. Havia uma queixa recorrente no qual as bombas de gasolina desligavam constantemente. Com base nas informações obtidas as medições foram realizadas no quadro interno do cliente e não no ponto de entrega da concessionária. Foi utilizado para as medições um analisador de energia utilizado para monitoramento da qualidade de energia elétrica, modelo Embrasul RE700, como mostra a Figura 2. O equipamento foi devidamente calibrado para a coleta de dados.

**Figura 2** – Analisador Embrasul RE7000.



Fonte: EMBRASUL, 2021

O dispositivo de medição é responsável por coletar informações sobre grandezas elétricas, registrando tensão, corrente, potência, distorção harmônica de tensão e corrente, desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão, variações de tensão de curta duração e frequência.

Essas condições são as principais determinantes da qualidade, dessa forma, além dos fenômenos mencionados, os eventos transitórios (transientes) são importantes para um diagnóstico, assim como os afundamentos e elevações de tensão (EMBRASUL, 2021).

O medidor atende os parâmetros do Módulo 8 do PRODIST. Foram coletadas 128 amostras por ciclo de forma simultânea.

O analisador apresenta as características elétricas, conforme pode ser observado na Tabela 8. O dispositivo atende até níveis de 500 V<sub>ac</sub> entre fase e neutro (FN) e correntes de até 3000 A.

**Tabela 8 - Características Elétricas do Analisador.**

Grandeza	Faixa de Medição	Precisão
Tensão	50 a 500 Vac (F-N)	0,005
Correção	0,1 a 3000 A	0,5% + 0,5% do sensor
Frequência	45 a 70 Hz	+/- 0,01 Hz

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

O medidor foi instalado por meio de cabo pinça, do tipo jacaré, para os pontos de tensão das fases A, B, C e neutro, respectivamente, e espira de medição de corrente no quadro geral da instalação da UC, local da chegada dos cabos do padrão de entrada no quadro de carga do cliente (Figura 3). Estive no local no dia da instalação do medidor, e posteriormente para acompanhar as medições. A medição realizada nesse ponto é referente às partes de bombas, iluminação e câmeras.

**Figura 3 – Instalação do medidor no quadro de distribuição.**



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Todas as figuras e resultados foram obtidos por meio do *software* an17000 disponibilizado pela fabricante do medidor e utilizado para a análise.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

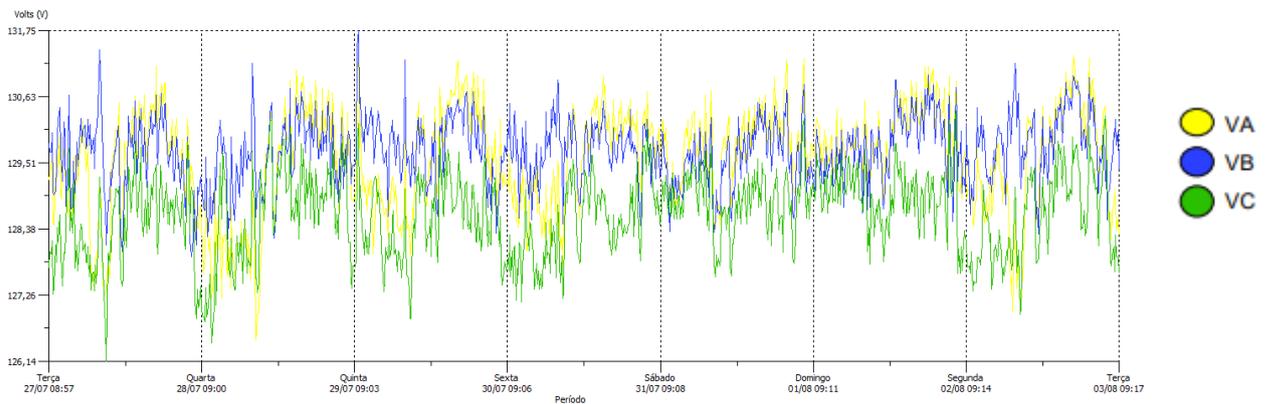
Para a medição no posto de gasolina, foram realizadas 1008 leituras válidas, as quais obtidas em intervalos sucessivos de 10 minutos, como recomenda a norma. O período de medição foi entre os dias 27 de julho de 2021 e 3 de agosto de 2021.

Nos próximos tópicos serão apresentados os registros obtidos e análises dos dados.

### 4.1 TENSÃO EM REGIME PERMANENTE

Na Figura 4 pode-se observar a medição semanal de tensão em regime permanente no quadro de distribuição do posto com 1008 leituras válidas.

**Figura 4 – Tensão em regime permanente.**



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Pode-se observar o comportamento da tensão em regime permanente (Figura 4), na qual foram obtidos os valores máximos, médios e mínimos em cada fase, como mostra a Tabela 9.

**Tabela 9 – Distribuição das tensões.**

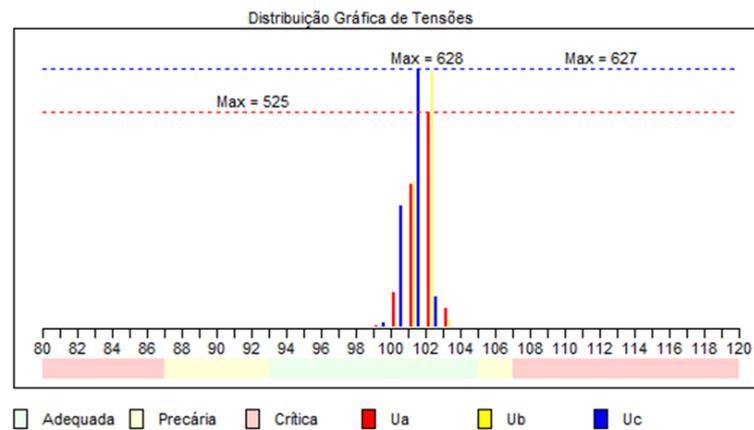
Tensão	Fase A	Fase B	Fase C
<b>Média</b>	129,57	129,7	128,62
<b>Máxima</b>	131,32	131,8	130,38
<b>Mínima</b>	126,49	127,9	126,14

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

A Figura 5 apresenta o número total de vezes em que a tensão do sistema divergiu do percentual em relação a tensão de fase referência de 127 V. Os valores extraídos situaram-se entre 99% e 104%, encontrando-se dentro dos limites de 95% a 105% estabelecidos pelo PRODIST.

A representação da tensão em regime permanente mostra o comportamento da tensão em regime permanente. Pode-se notar que as tensões medidas estiveram dentro das faixas adequadas de funcionamento. Dessa forma, os valores de tensão estão dentro dos parâmetros estabelecidos.

**Figura 5 – Histograma de tensão de regime permanente**



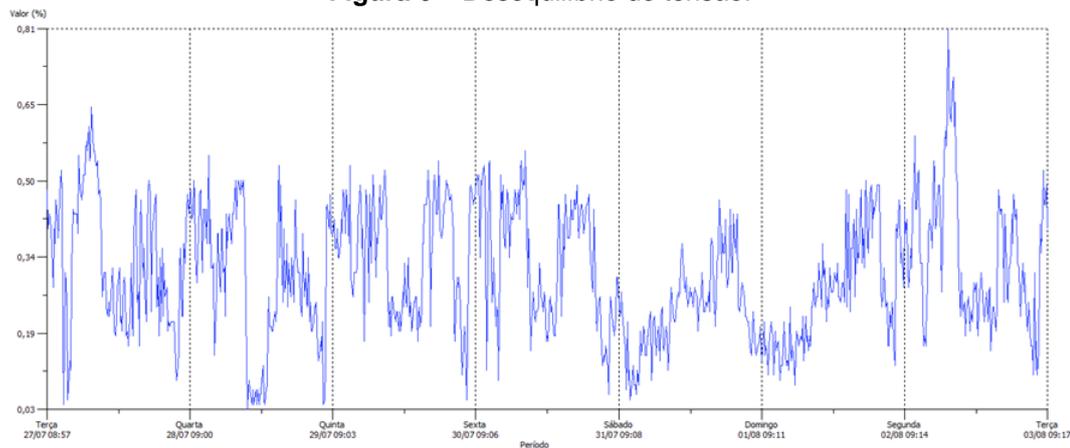
Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Uma vez que não houve variações de tensão para alcançar os valores precário e crítico, podemos concluir que os valores dos índices de duração relativa da transgressão para tensão precária (DRP) e o os valores dos índices de duração relativa da transgressão para tensão crítica (DRC) possuem valor de 0% (zero por cento), operando dentro da norma.

#### 4.2 DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO

A Figura 6 mostra o desequilíbrio de tensão (em percentual) ao longo do período de medição, no dia 2 de agosto de 2021 às 16:37, foi registrado um valor de 0,81% de desequilíbrio, ou seja, dentro do limite permitido que é de 3%.

**Figura 6 – Desequilíbrio de tensão.**



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Na Tabela 10 pode-se observar os piores valores de tensão registrados, de acordo com a Figura 6.

**Tabela 10 – Piores valores de desequilíbrio de tensão.**

Data/Hora	Valor (%)
02/08/2021 16:37	0,81%
02/08/2021 17:27	0,71%
02/08/2021 17:17	0,68%
02/08/2021 17:47	0,66%
27/07/2021 16:27	0,65%

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

### 4.3 FLUTUAÇÃO DE TENSÃO

De acordo com a Tabela 11, pode-se observar que os índices não estão de acordo com os valores estabelecidos. Dessa forma, são considerados precários, segundo o módulo 8 – PRODIST.

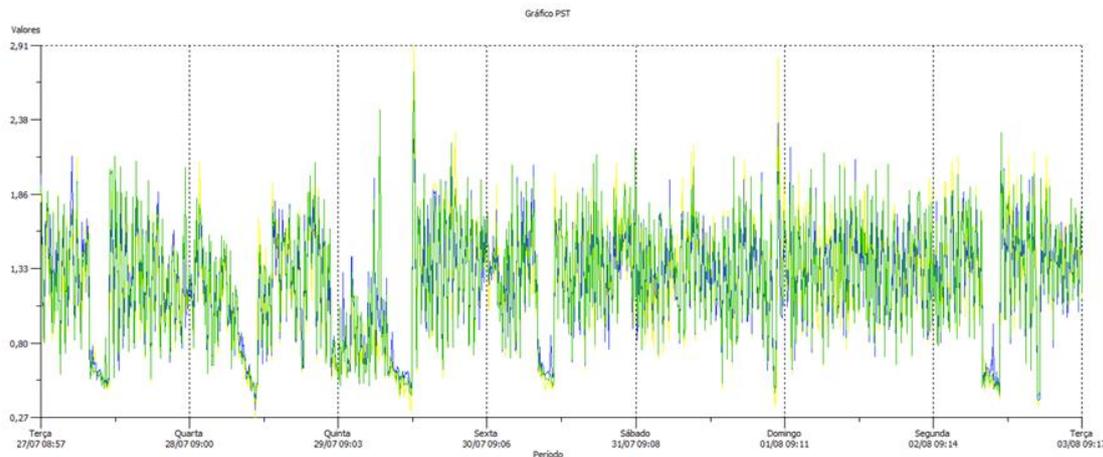
**Tabela 11 – Severidade de flutuação de tensão de curta duração.**

Data	Tabela do D95%					
	P <sub>st</sub> VA	Faixa	P <sub>st</sub> VB	Faixa	P <sub>st</sub> VC	Faixa
28/07/2021	1,73	Precário	1,82	Precário	1,95	
29/07/2021	1,75	Precário	1,74	Precário	1,77	Precário
30/07/2021	1,91	Precário	1,88	Precário	1,96	Precário
31/07/2021	1,89	Precário	1,87	Precário	1,91	Precário
01/08/2021	1,97		1,83	Precário	1,84	Precário
02/08/2021	1,88	Precário	1,83	Precário	1,94	
03/08/2021	1,97		1,86	Precário	1,91	Precário

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

A Figura 7 corresponde ao comportamento  $P_{st}$  analisado em um intervalo ininterrupto de 10 minutos.

**Figura 7 –  $P_{st}$  durante a medição.**



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

O mesmo acontece com a flutuação de tensão de longa duração, em que todos os valores se encontram precários, de acordo com a norma (Tabela 12).

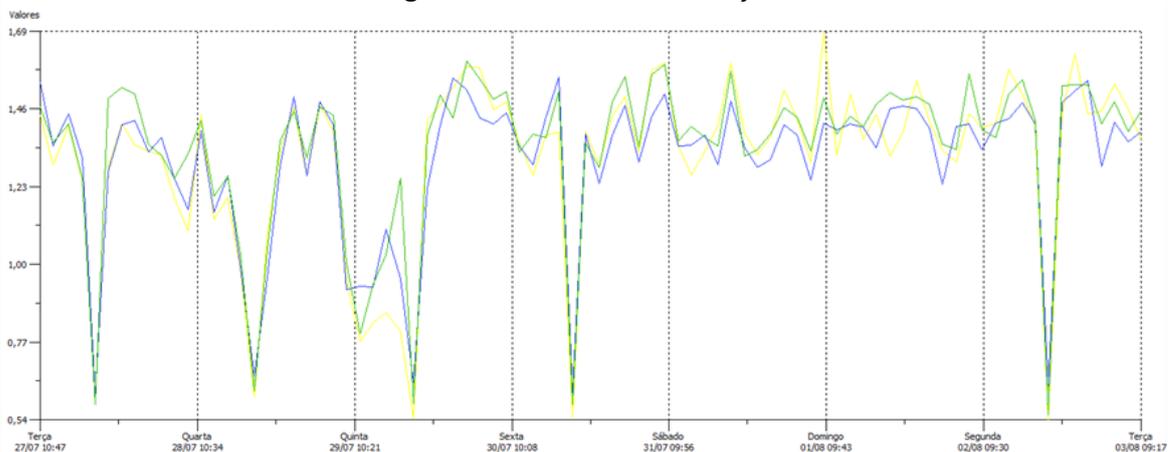
**Tabela 12 – Severidade de flutuação de tensão de longa duração.**

Data	$P_{LT} S95\%$					
	$P_{ItVA}$	Faixa	$P_{ItVB}$	Faixa	$P_{ItVC}$	Faixa
27/07 a 03/08	1,59	Precário	1,52	Precário	1,56	Precário

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

A Figura 8 corresponde ao comportamento  $P_{LT}$  analisado em um intervalo ininterrupto de 2 horas.

**Figura 8 –  $P_{LT}$  durante a medição.**



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

#### 4.4 VARIAÇÃO DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO (VTCD)

O módulo 8 somente classifica o VTCD de acordo com o período de interrupção e níveis de tensão. Na Tabela 13 pode-se verificar que não foi observado padrão de ocorrência de afundamento momentâneo.

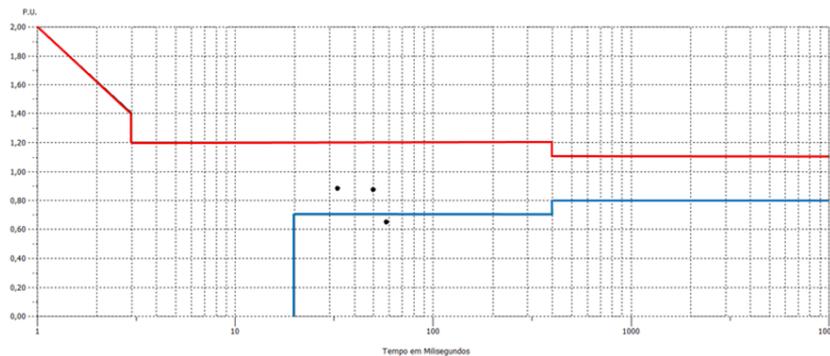
**Tabela 13 – Registros de VTCD.**

Reg	Data	Hora	Magnitude (p.u)	Ciclos	Tempo (s)	Classificação	
1	27/07/2021	13:31:41.003	0,875	3	0,05	Afundamento Momentâneo	A
2	27/07/2021	13:46:26.006	0,651	3,5	0,058	Afundamento Momentâneo	B
3	29/07/2021	15:31:36.007	0,881	2	0,033	Afundamento Momentâneo	A

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

A variação de tensão VTCD (Figura 9) mostra a aplicação da VTCD. Observe-se que um valor ultrapassou o limite estabelecido, demarcado pelas linhas azul e vermelha. Os aparelhos em sua maioria são fabricados para suportar variações de tensão de curta duração.

**Figura 9 – Variação de tensão VTCD.**



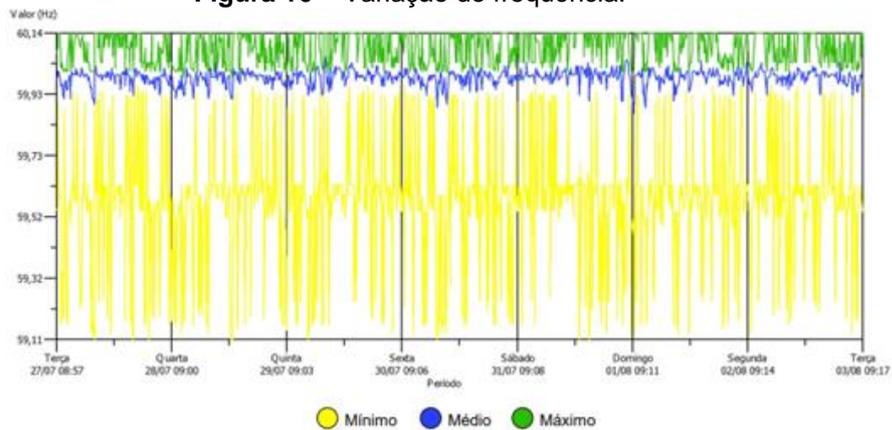
Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Quando o valor ultrapassa a linha inferior em azul, pode ser observado um mal funcionamento ou desligamento do aparelho por afundamento ou interrupção de tensão, como aconteceu nesse caso. Contudo, caso o valor ultrapassado fosse o da linha superior vermelha, os danos causados seriam por elevação de tensão.

#### 4.5 VARIAÇÃO DE FREQUÊNCIA

De acordo com a norma, a variação de frequência deve ficar entre 59,9 Hz e 60,1 Hz. A Figura 10 mostra a variação de frequência no período de medição, com valor mínimo de 59,11Hz e máximo de 60,14Hz dentro da faixa.

**Figura 10** – Variação de frequência.



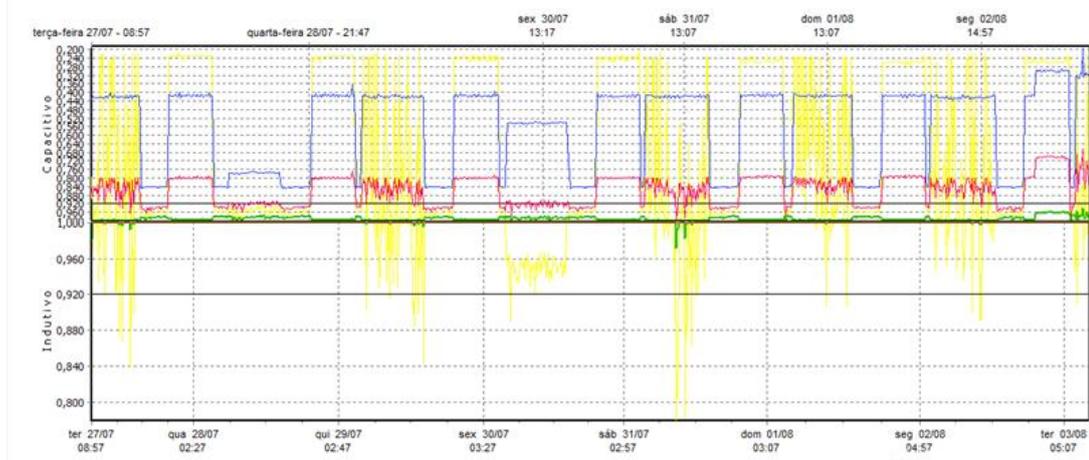
Fonte: Elaborado pela autora (2023)

A variação se deu em torno da frequência nominal que é 60 Hz. Conforme pode ser observado, existiram alguns valores que não se situaram entre os limites determinados. Contudo, conforme a norma, essas transgressões podem ocorrer por curto intervalo de tempo.

#### 4.6 FATOR DE POTÊNCIA

De acordo com as normas do módulo 8, o fator de potência deve se situar entre 0,92 (capacitivo e indutivo) e 1. Foi observado que houve ocorrências em que os valores do fator de potência ultrapassaram os limites estabelecidos pela norma (Figura 11).

**Figura 11 – Fator de potência.**

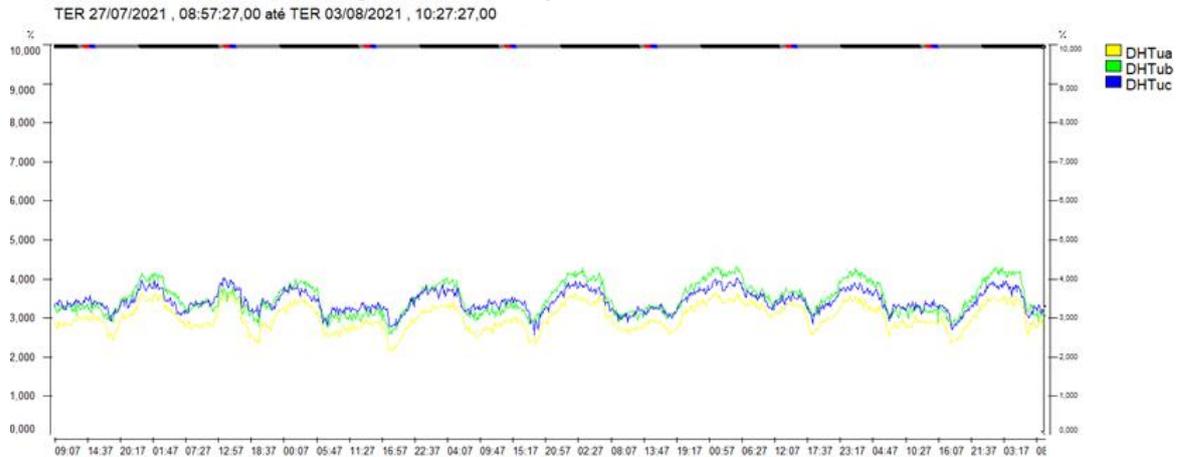


Fonte: Elaborado pela autora (2023)

#### 4.7 DISTORÇÕES HARMÔNICAS

Na Figura 12 pode-se observar os níveis de distorções harmônicas de tensão para cada uma das fases.

**Figura 12 - Distorção Harmônica de Tensão.**



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

A Tabela 14 mostra os valores máximos, mínimos e médios de DTT (%). O maior valor total registrado foi na fase C (4,19 %) e o mais alto de índice par foi de 0,88 % também na fase C. O valor mais alto registrado de índice ímpar (diferente de múltiplos de 3) foi de 4,04 % na fase C e o valor mais alto registrado de índice ímpar múltiplos de 3 foi de 1,67 % na fase A.

**Tabela 14 - Valores DTT (%) tensão.**

	<b>DTT</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>
<b>% A</b>	<b>Total</b>	3,64%	2,03%	2,94%
	<b>Par</b>	0,59%	0,36%	0,47%
	<b>Ímpar</b>	3,50%	1,81%	2,74%
	<b>Múltiplo de 3</b>	1,67%	0,50%	0,86%
<b>% B</b>	<b>Total</b>	4,16%	2,34%	3,27%
	<b>Par</b>	0,87%	0,58%	0,75%
	<b>Ímpar</b>	4,01%	2,12%	3,06%
	<b>Múltiplo de 3</b>	1,07%	0,65%	0,86%
<b>% C</b>	<b>Total</b>	4,19%	2,36%	3,30%
	<b>Par</b>	0,88%	0,59%	0,76%
	<b>Ímpar</b>	4,04%	2,14%	3,09%
	<b>Múltiplo de 3</b>	1,08%	0,65%	0,87%

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

De acordo com o módulo 8, os limites determinados são de 10 % para todas as harmônicas, 2,5 % para harmônicas de ordem par, 7,5 % para harmônicas de ordem ímpar e 6,5 % para harmônicas de ordem igual ou múltiplas de 3. Dessa forma, foi observado que os valores totais, pares, ímpares e ímpares múltiplos de 3 se encontraram dentro dos limites indicados pela norma.

A Tabela 15 mostra o percentual de 95 % para os indicadores de harmônico de tensão, de acordo com a norma. O valor determina os limites que o sistema deve atender dentro das 1008 amostras medidas em 10 minutos. Sendo assim, os valores encontrados foram de 0 %, atendendo aos requisitos do procedimento.

**Tabela 15 – Valores DTT 95 (%) tensão.**

<b>DTT 95%</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>Total</b>	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Par</b>	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Ímpar</b>	0,00%	0,00%	0,00%
<b>M3</b>	0,00%	0,00%	0,00%

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

## 5 CONCLUSÃO

Após análise das medições realizadas nesse estudo, pôde-se concluir que os valores registrados para tensão em regime permanente, desequilíbrio de

tensão e distorção harmônica da tensão estão dentro dos limites estabelecidos pela norma (Módulo 8 da PRODIST).

Por outro lado, as variáveis flutuação de tensão, variação de tensão curta duração e fator de potência, mostraram variações que ultrapassaram os limites indicados pela norma. Existiu uma possível associação entre essas variações, a qual poderia ser atribuída ao perfil de carga demandada pelo cliente, assim como a estrutura de distribuição para o atendimento no ponto dentro da instalação.

Em relação à flutuação de tensão, as variações que transgrediram os limites podem estar ligadas ao tipo de partida de cargas maiores ou determinada variação do sistema de distribuição da concessionária que possa acometer o sistema.

No que diz respeito ao fator de potência, as transgressões podem estar relacionadas às cargas. Por exemplo, as lâmpadas do tipo LED que possuem características capacitivas. Contudo, para equipamentos que possuem comportamentos indutivos, como motores de abastecimento das bombas de gasolina, e seus funcionamentos combinados com outros equipamentos existentes na instalação, no final o fator de potência é ajustado seguindo as normas estabelecidas, por meio da união de duas características.

Quanto à frequência, as transgressões registradas podem estar relacionadas a manobras de grandes blocos de geração ou cargas, todavia, esses equipamentos nem sempre possuem amplitude para gerar oscilações na frequência da rede elétrica.

## **ABSTRACT**

Brazil is a country of continental dimensions, whose transmission network that takes energy to the whole country is proportional to its size. In order to preserve the quality of electrical energy carried between the four subsystems South, Southeast/Center-West, Northeast and North, this transmission network must be regulated. For this reason, the Electric Energy Distribution Procedure in the National Electric System (PRODIST) of the National Electric Energy Agency (ANEEL) was created. This work presents a case study of the quality of electrical energy delivered by the concessionaire of an electrical system of a gas station located in the city of Juiz de Fora. Calculations and measurements of electrical quantities were performed according to the

recommendations and parameters established by Module 8 (PRODIST). We sought to present, based on the bibliographic reference, how electrical quality affects us directly and, in this way, show the importance of carrying out an analysis of energy quality.

**Keywords:** Energy Analysis. Distribution. Measurement

## REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Histórico**. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/historico>>. Acesso em: 24 abr. 2023.

BEZERRA, U. H; GARCEZ, J. N; MOSCOSO, M.N.A; SENA, J.A.S; LEMOS, R. S. **Sistema de Monitoramento de Variações Transitórias de Tensão em Redes de Distribuição de Energia**. In: II CITENEL - CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ENERGIA ELÉTRICA, 2003. Belém, 2003.

DECKMANN, Sigmar Maurer e POMILIO, José Antenor, **IT – 012 Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica**, 2020. Disponível em: <<https://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/qualidade/a1.pdf>> Acesso em: 05 abr. 2023.

DUGAN, Roger C. et al. **Electrical Power Systems Quality**. 2. ed. New York: McGrawHill. 2002. 521p.

DUGAN, Roger C. et al. **Power Systems Quality**. 2 ed. [s.l.]: McGraw-Hill, 2003.

EMBRASUL. **Manual de Instalação e Operação RE700**. 2021. Disponível em: <<https://embrasul.com.br/produtos/re7000/>>. Acesso em: 05 abr. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. 2023. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acesso em: 13 mar. 2023.

FERNANDES, Robson de Matos. **Análise de medidas operativas para controle de harmônicos na rede elétrica: um estudo de caso**. 2007. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

KEMPNER, Thais Reggina. **Análise da Robustez e da Sensibilidade de Sistemas de Distribuição para a Alocação Otimizada de Medidores frente às Variações de Tensão de Curta Duração**. 2016. 217 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

MARQUES, Alex Fernando de Medeiros. **Estudo da qualidade da energia elétrica fornecida ao IFBA - Campus de Paulo Afonso**. 2018. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus de Paulo Afonso, Paulo Afonso, 2018.

OLIVEIRA, Aline Soares de; ARAUJO, Francisco José Costa. ANÁLISE DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC, 7., 2021, Recife. **ISSN 2358117-4, Ano 7, Volume 1**. Recife: Crea-Go e Confea, 2021. p. 1-6. Disponível em: <<https://www.confea.org.br/eventos/contecc/contecc-2021/eletricista>> Acesso em: 25 jun. 2023.

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO: **Indicadores de Qualidade de Energia Elétrica - Frequência e Tensão, Submódulo 25.6**. Procedimentos de Rede. Brasil, 2010. Disponível em: <[https://www.ons.org.br/%2FProcedimentosDeRede%2FM%C3%B3dulo%2025%2FSubm%C3%B3dulo%2025.6%2FSubm%C3%B3dulo%2025.6\\_Rev\\_1.1.pdf](https://www.ons.org.br/%2FProcedimentosDeRede%2FM%C3%B3dulo%2025%2FSubm%C3%B3dulo%2025.6%2FSubm%C3%B3dulo%2025.6_Rev_1.1.pdf)> Acesso em: 04 mai. 2023.

PROCOBRE - INSTITUTO BRASILEIRO DO COBRE. **Harmônicas nas instalações elétricas, causas, efeitos e soluções**. 2001. Disponível em: <<https://leonardo-energy.org.br/iniciativas/e-book-harmonic-nas-instalacoes-eletricas-causas-efeitos-e-solucoes/>> Acesso em: 15 mai. 2023.

PRODIST. Anexo VIII da Resolução Normativa N° 956, de 7 de dezembro de 2021. **Módulo 8 – Qualidade do fornecimento de Energia Elétrica**. Disponível em: <[https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956\\_2\\_7.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956_2_7.pdf)>. Acesso em: 15 de mar. 2023.

QUANTA. **Sistema Interligado Nacional (SIN)**. 2021. Disponível em: <<https://quantageracao.com.br/sistema-interligado-nacional-conheca-esse-conceito/>> Acesso em: 19 abr. 2023.

---

REIS, Carlos Eduardo Perira. **Análise de eficiência energética e qualidade de energia**: um estudo de caso demonstrando o papel do engenheiro eletricista como consultor analista. 2018. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2018.

RIBEIRO, Amarolina. **Distribuição de energia elétrica no Brasil**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-energia-eletrica-no-brasil.htm>> Acesso em: 07 jun. 2023.

ROCHA, Joaquim Eloir. **Qualidade da energia elétrica**. Curitiba: UTFPR, 2016. Disponível em: <[http://paginapessoal.utfpr.edu.br/joaquimrocha/qualidade-da-energia-eletrica/Qualidade%20da%20Energia%20Eletrica%20\\_%20Apostila.pdf/at\\_download/file](http://paginapessoal.utfpr.edu.br/joaquimrocha/qualidade-da-energia-eletrica/Qualidade%20da%20Energia%20Eletrica%20_%20Apostila.pdf/at_download/file)> Acesso em: 10 abr. 2023.

SANTOS, Natália Ferreira Teles dos. **Análise do potencial da tensão de sequência positiva para detectar e distinguir o rompimento do condutor em sistemas de distribuição de energia elétrica**. 2021. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Tocantins Campus de Palmas, Palmas, 2021

STAROSTA, José. **Conceitos básicos de eletrotécnica aplicada – 6ª parte Cargas das instalações e linearidade – cargas não lineares (harmônicas) e fator de potência**. 2021. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/conceitos-basicos-de-elerotecnica-aplicada-6a-parte-cargas-das-instalacoes-e-linearidade-cargas-nao-lineares-harmonicas-e-fator-de-potencia/>> Acesso em: 13 abr. 2023.

VILELA, Welliton Pereira et al. **Análise da qualidade de energia através de um estudo de caso**. 2018. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Centro Universitário do Sul de Minas- Unis, Varginha, 2018. XP EXPERT. **Setor Elétrico no Brasil**: distribuição de energia. 2021. Disponível em: <<https://conteudos.xpi.com.br/fundos-imobiliarios/relatorios/setor-eletrico-no-brasil-distribuicao-de-energia/>> Acesso em: 20 mar. 2023