

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA ELÉTRICA

VICTOR GUSTAVO DE OLIVEIRA BARATELA

**ESTUDO DE CASO: COMPARAÇÃO DA CURVA ITIC COM A METODOLOGIA
DO PRODIST APLICADA À VARIAÇÃO DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO
2020

VICTOR GUSTAVO DE OLIVEIRA BARATELA

ESTUDO DE CASO: COMPARAÇÃO DA CURVA ITIC COM A METODOLOGIA DO PRODIST APLICADA À VARIAÇÃO DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso 2 de graduação Engenharia Elétrica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Murilo da Silva

CORNÉLIO PROCÓPIO
2020



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Cornélio Procópio
Departamento Acadêmico de Elétrica
Curso de Engenharia Elétrica



FOLHA DE APROVAÇÃO

Victor Gustavo de Oliveira Baratela

Estudo de Caso: Comparação da curva ITIC com a metodologia do Prodist aplicada a Variação de Tensão de Curta Duração

Trabalho de conclusão de curso apresentado às 14:00hs do dia 25/08/2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista no programa de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Prof(a). Dr(a). Murilo da Silva - Presidente (Orientador)

Prof(a). Me(a). João Cesar de Paula Salve - (Membro)

Prof(a). Dr(a). Francisco de Assis Scannavino Junior - (Membro)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me conceder a graça do conhecimento e por ser meu ponto de apoio durante o desenvolvimento deste trabalho e durante meu curso de graduação.

Agradeço também ao professor Murilo da Silva por aceitar a orientação, e me ajudar a seguir com o trabalho. Aos meus pais Valdirene Baratela e Waldir Baratela, e meu irmão Vinicius Baratela por sempre me apoiarem e me darem as condições necessárias para os estudos. Aos meus amigos e familiares que nunca me deixaram desistir, mesmo quando as situações eram extremas para continuar.

RESUMO

BARATELA, Victor Gustavo de Oliveira. **Estudo de Caso: Comparação da Curva ITIC Com A Metodologia do PRODIST Aplicada à Variação de Tensão de Curta Duração**. 2019. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso 2 (Graduação) – Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2020.

O objetivo deste trabalho é comparar a metodologia de tratamento de VTCDs regulamentada no Módulo 8 do PRODIST e o uso da Curva ITIC de sensibilidade dos equipamentos, definida na ANSI/IEEE Std. 446. A comparação é complementada com o método da NRS 048-2:2003. A análise foi realizada a partir de um estudo de caso com dados obtidos de um cliente de grande porte do ramo alimentício que possuía problemas de variação no fornecimento de energia elétrica, e mostra como cada metodologia trata esses dados.

Palavras-chave: Qualidade de Energia Elétrica. Variação de Tensão de Curta Duração. Fator de Impacto. PRODIST. Curva ITIC.

ABSTRACT

BARATELA, Victor Gustavo de Oliveira. **Estudo de Caso: Comparação da Curva ITIC Com A Metodologia do PRODIST Aplicada à Variação de Tensão de Curta Duração.** 2019. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso 2 (Graduação) – Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2020.

The goal of this paper is to compare the methodology of Short Duration Voltage Variations treatment shown in the 8th module of PRODIST with the method suggested by the ITIC Curve, defined in ANSI/ IEEE Std. 446. The comparison is complemented with the NRS 048-2: 2003 methods. The analysis is based on a case study with data from a big food industry that had problems with electrical power supply, and shows how each methodology treats these data.

Keywords: Power Quality. Short Duration Voltage Variations. Impact Factor. PRODIST. ITIC Curve.

LISTA DE SIGLAS

ABRADEE - Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

AMT – Afundamento Momentâneo de Tensão.

AP – Audiência Pública.

ATT – Afundamento Temporário de Tensão.

ITIC - *Information Technology Industry Council*.

NRS – *National Regulatory Services*.

PEAC - Centro de Aplicação de Eletrônica de Potência.

PRODIST – Procedimentos de Distribuição Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional.

QEE – Qualidade de Energia Elétrica.

RMS – Valor Eficaz.

SDBT - Sistema de Distribuição de Baixa Tensão.

SDMT - Sistema de Distribuição de Média Tensão.

SMAT - Sistema de Distribuição de Alta Tensão.

VTCD – Variação de Tensão de Curta Duração.

LISTA DE SÍMBOLOS

Δt_e - Duração do evento de VTCD.

f_e - Frequência de Ocorrência de Eventos de VTCD.

FI - Fator de Impacto.

FI_{BASE} - Fator de Impacto Base.

f_p - Fator de Ponderação.

i - Regiões de sensibilidade das cargas a serem analisadas.

pu - Sistema "por unidade".

t_f - Instante final de VTCD.

t_i - Instante inicial de VTCD.

V_e - Amplitude do evento de VTCD.

V_{ref} - Tensão de Referência para o cálculo do Fator de Impacto.

V_{res} - Tensão residual do evento de VTCD.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação das Variações de Tensão de Curta Duração	16
Tabela 2-Dados Agosto e Setembro/2008	27
Tabela 3-FI para o Ano de 2008.....	27
Tabela 4-Dados informados pelo cliente em 2008	29
Tabela 5-Dados Fevereiro e Março/2009	30
Tabela 6-FI para o Ano de 2009.....	30
Tabela 7-Dados informados pelo cliente em 2009	30
Tabela 8-Dados 2010	32
Tabela 9-FI para o Ano de 2010.....	33
Tabela 10-Dados Informados pelo Cliente em 2010	39
Tabela 11-Dados 2011	39
Tabela 12-FI para o ano de 2011	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Estratificação dos Parâmetros Amplitude e Duração para Contabilização de Eventos de VTCD.....	19
Quadro 2- Estratificação das VTCD com Base nos Níveis de Sensibilidade das Diversas Cargas.....	19
Quadro 3- Fatores de Ponderação e Fator de Impacto Base de acordo com a tensão nominal.....	19
Quadro 4- Caracterização da magnitude e duração dos afundamentos de tensão...	22
Quadro 5- Valores de referência (50% das unidades)	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Características dos eventos de Qualidade de Energia	17
Figura 2-Curva ITIC.....	21
Figura 3-Curva ITIC – Detalhe até 200%	21
Figura 4-Diagrama Unifilar do Sistema Elétrico supridor do consumidor.	24
Figura 5- Fluxograma da metodologia proposta	25
Figura 6-Comparação Curva ITIC e Estratificação PRODIST	26
Figura 7- Dados Agosto/ 2008 distribuídos na Curva ITIC	28
Figura 8- Dados Setembro/2008 distribuídos na Curva ITIC.....	28
Figura 9-Estratificação NRS 048-2 para o ano de 2008.....	29
Figura 10- Dados Fevereiro/2009 distribuídos na Curva ITIC	31
Figura 11- Dados Março/2009 distribuídos na Curva ITIC	31
Figura 12-Estratificação NRS 048-2 para o ano de 2009.....	32
Figura 13-Dados Março/2010 distribuídos na Curva ITIC	34
Figura 14-Dados Junho/2010 distribuídos na Curva ITIC.....	34
Figura 15-Dados Julho/2010 distribuídos na Curva ITIC.....	35
Figura 16-Dados Agosto/2010 distribuídos na Curva ITIC	35
Figura 17-Dados Setembro/2010 distribuídos na Curva ITIC.....	36
Figura 18-Dados Outubro/2010 distribuídos na Curva ITIC	36
Figura 19-Dados Novembro/2010 distribuídos na Curva ITIC.....	37
Figura 20-Dados Dezembro/2010 distribuídos na Curva ITIC.....	37
Figura 21-Estratificação NRS 048-2 para o ano de 2010.....	38
Figura 22-Dados Janeiro/ 2011 distribuídos na Curva ITIC.....	40
Figura 23-Estratificação NRS 048 para o ano de 2011	40
Figura 24-Dados de FI Distribuídos para Comparação com a Referência	41
Figura 25-Resumo do Número de Eventos nas Regiões da Curva ITIC	42
Figura 26-Caracterização conforme NRS 048-2	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	VARIAÇÃO DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO (VTCD).....	15
2.2	INDICADORES PARA VTCDS	17
2.2.1	Fator de impacto (FI)	17
2.2.2	Curva ITIC	20
2.2.3	NRS 048-2:2003	22
3	METODOLOGIA	23
3.1	APRESENTAÇÃO DO CASO	23
3.2	ANÁLISE DOS DADOS	24
3.2.1	Comparação das Metodologias	25
4	ESTUDO DE CASO	27
4.1	ANO 2008	27
4.2	ANO 2009	29
4.3	ANO 2010	32
4.4	ANO 2011	39
4.5	ANÁLISE GERAL.....	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, as cargas elétricas que eram predominantemente eletromecânicas passaram a ser principalmente eletroeletrônicas. Com isso, a produção industrial se mostrou mais eficiente, e o conforto dos cidadãos aumentou. Porém, os equipamentos eletroeletrônicos possuem maior sensibilidade a distúrbios elétricos (SOUZA, 2001).

Nesse quesito, a Qualidade Energia Elétrica (QEE) tem-se mostrado cada vez mais necessária para a avaliação de sistemas elétricos, seja pelas concessionárias, ou pelos próprios consumidores para garantia da qualidade de fornecimento tanto de serviço quanto de produto.

De acordo com Dugan (2002), um problema de qualidade de energia é “qualquer problema de energia manifestado em desvios de tensão, corrente ou frequência e que resulta em falha ou mau funcionamento de equipamentos dos consumidores”.

Dentre esses problemas, pode-se citar as Variações de Tensão de Curta Duração (VTCDs), que podem causar desligamento de equipamentos de acordo com sua amplitude e duração, ou inclusive, faltas nos mesmos. Os consumidores industriais podem sofrer com estas faltas, fazendo com que sua produção seja prejudicada em quantidade e qualidade, devido ao funcionamento inadequado dos equipamentos. Como essas variações atingem o sistema de forma danosa e prejudicial aos clientes, é necessária a definição de indicadores de desempenho do sistema de distribuição, assim como valores de referência para os mesmos.

No Brasil, a fim de normatizar e padronizar as atividades técnicas com relação ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou em 2008 os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), que em seu módulo 8 tratam do tema Qualidade de Energia Elétrica e, a partir de sua revisão 7 publicada em 2017, abrangem um tratamento para VTCDs.

Internacionalmente, uma das metodologias utilizadas como referência para mensurar a sensibilidade dos equipamentos aos VTCDs é a curva ITIC (*Information Technology Industry Council*) definida na ANSI/IEEE Std. 446, pela curva ITIC (CBEMA).

A partir desses dois indicadores, dão-se os objetivos desse trabalho.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo comparar a metodologia proposta no PRODIST para análise de VTCDs com a metodologia gráfica utilizando a Curva ITIC para um cliente de indústria alimentícia. A primeira propõe o cálculo do Fator de Impacto, um indicador que divide dados de medições em regiões de sensibilidade e os compara com um fator base. A análise será complementada com a metodologia indicada na NRS (*National Regulatory Services*) 048-2:2003, visto que a mesma foi utilizada como referência pela ANEEL para definições do Fator de Impacto (ANEEL, 2016).

O estudo baseia-se nos dados medidos de uma empresa de grande porte do ramo alimentício do estado de São Paulo, fornecidos na monografia “Proposta De Melhoria Do Processo De Qualidade Orientada À Atenuação Do Impacto Econômico Em Sistemas De Distribuição De Energia Elétrica”, de Murilo da Silva, publicada em 2011.

Procura-se com esta comparação contribuir para os estudos relacionados a VTCDs ao apresentar as diferenças de cada metodologia.

1.2 JUSTIFICATIVA

Até a Revisão 7 do Módulo 8 do PRODIST, os eventos de VTCD eram tratados a partir de normas internacionais. As mesmas passaram a ser estratificadas a partir de normas brasileiras a partir da Revisão 8 que esteve em vigência de 01/01/2017 a 31/12/2017, com o indicador Fator de Impacto.

A Revisão 8 foi elaborada após a Audiência Pública (AP) 082/2015. Nesta Audiência Pública, feita pela Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), há a seguinte consideração sobre a Curva ITIC, afirmando que a Curva ITIC, evoluída da análise de sensibilidade de computadores, também poderia ser utilizada para equipamentos eletrônicos e microprocessados.

28. Cabe destacar, no entanto, que a curva ITIC é uma evolução da curva CBEMA que era empregada para caracterizar a sensibilidade de computadores. A partir dessa evolução, a curva ITIC passou a ser empregada atualmente também para outros componentes eletroeletrônicos e microprocessados (ANEEL, 2016, pg.41).

Uma segunda consideração questiona o uso da curva ITIC como indicador de VTCD para cargas industriais.

29. [...] Dessa forma, resta evidente que, como a aplicabilidade da curva ITIC se restringe aos componentes de TI, ela não representa a característica das cargas industriais, não podendo ser estipulada como parâmetro de equalização do problema relatado pela ANEEL na AIR (ANEEL, 2016, pg.41).

A mesma foi respondida pela ANEEL afirmando que o indicador Fator de Impacto criado foi desenvolvido por consultoria especializada e fundamentado em outras normas internacionais.

A evolução do regulamento depende da criação de indicadores de qualidade do produto. Tal indicador foi proposto pela Consultoria Especializada contratada pela ANEEL. Além disso, o indicador foi fundamentado em regulamentos empregados em outros países como, por exemplo, a Suécia (Strom, et al. Regulação para a melhoria da qualidade da tensão de fornecimento, 21st Internacional *Conference on Electricity Distribution*, Frankfurt, 2011) e a África do Sul (NRS 048), com as devidas adaptações (ANEEL, 2016, pg.40).

Justifica-se então, a comparação das técnicas por meio de um estudo de caso a fim de verificar-se as diferenças entre as metodologias.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O capítulo 2 traz as fundamentações teóricas nacional e internacional as quais o trabalho toma como base para as análises e cálculos. O capítulo 3 descreve o cliente, sua alimentação e a metodologia seguida para o desenvolvimento do trabalho. O capítulo 4 apresenta a análise dos dados e as considerações finais estão no capítulo 5.

2 FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA

Este capítulo apresenta os conceitos necessários para que o entendimento e a realização da metodologia sejam concretizados.

2.1 VARIAÇÃO DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO (VTCD)

As Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD) são eventos de qualidade de energia causados por situações de falta no sistema de transmissão e/ou distribuição tipicamente causadas por curtos-circuitos (SOUZA et al., 2001), que por sua vez, segundo Mamede (2011), são causados por fenômenos naturais, falhas em materiais e equipamentos, falhas humanas e operacionais, falhas na proteção e medição, e condições ambientais. Outra causa de VTCDs menos frequente e severa é a partida de motores (SOUZA et al., 2001). Dependendo da localização da falta e das condições do sistema, podem ser causadas elevações (*swell*) ou afundamentos (*sag*) de tensão, ou mesmo a interrupção da mesma (*IEEE Standard 1159*, 2009). A característica de cada evento em comparação com a forma de onda “Normal” está apresentada na Figura 1, onde também são representados 2 (dois) outros eventos de qualidade de energia, as harmônicas e os transitórios.

Dugan, 2002 define as VTCDs como sendo de curta duração devido à sua duração em um intervalo maior que 0,5 ciclo, aproximadamente 8ms, e menor ou igual a 1 minuto. De acordo com o PRODIST (ANEEL, 2018) essa classificação é dada para variações de tensão em um intervalo maior que 1 ciclo e menor que 3 minutos. Em ambos os casos há classificações entre variações momentâneas e temporárias, e no primeiro caso são definidas variações instantâneas. A Tabela 1 resume estas classificações de acordo com suas amplitudes, relativas à tensão nominal, e durações em ciclos, segundos (s) e minutos (min).

Os afundamentos de tensão são classificados como reduções de curta duração na tensão eficaz (rms). São causados devido a aumentos de curta duração na corrente. Podem ser causados por chaveamento de cargas pesadas, energização de transformadores ou partida de motores grandes, visto que motores de indução drenam de seis a dez vezes da sua corrente nominal, podendo causar uma queda de tensão significativa para o sistema (MACHADO, 2006).

As interrupções de tensão são decaimentos da tensão para menos de 0,1 pu

da nominal, durante um determinado intervalo de tempo (Tabela 1). São resultado de faltas no sistema de potência, faltas em equipamentos ou no sistema de controle. Suas consequências financeiras podem ser consideráveis para os consumidores, especialmente em ambientes que utilizam de computadores, que podem perder memória de processos, ou mesmo levar um tempo considerável para serem reinicializados (DUGAN, 2002). Algumas interrupções podem ser precedidas por afundamentos de tensão quando são causadas por falha no sistema de alimentação. O afundamento ocorre entre a ocorrência da falta e o desligamento dos equipamentos de proteção.

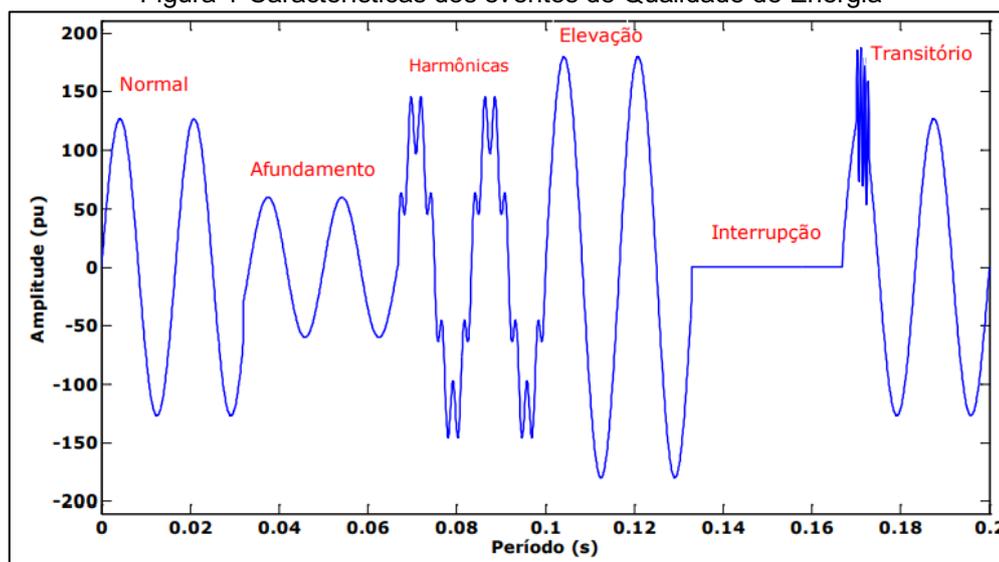
As elevações de tensão são eventos com amplitude maior que 1,1 pu dentro de um determinado intervalo de tempo (Tabela 1). Estão comumente associadas a faltas fase-terra, onde ocorre o aumento temporário da tensão nas fases sem a falta. Também podem ser causadas no desligamento de cargas maiores ou na energização de grandes bancos de capacitores, que podem ter sua vida útil diminuída visto a estas elevações (DUGAN, 2002).

Tabela 1- Classificação das Variações de Tensão de Curta Duração

Classificação	Denominação	DUGAN		PRODIST	
		Duração da Variação	Valor Eficaz Tensão	Duração da Variação	Valor Eficaz Tensão
Instantânea	Interrupção	0,5 – 30 ciclos	< 0,1 pu	-	-
	Afundamento	0,5 – 30 ciclos	0,1 – 0,9 pu	-	-
	Elevação	0,5 – 30 ciclos	1,1 – 1,8 pu	-	-
Momentânea	Interrupção (IMT)	30 ciclos – 3s	< 0,1 pu	0 – 3s	< 0,1 pu
	Afundamento (AMT)	30 ciclos – 3s	0,1 – 0,9 pu	1 ciclo – 3s	0,1 – 0,9 pu
	Elevação (EMT)	30 ciclos – 3s	1,1 – 1,4 pu	1 ciclo – 3s	> 1,1 pu
Temporária	Interrupção (ITT)	3s – 1 min	< 0,1 pu	3s – 3 min	< 0,1 pu
	Afundamento (ATT)	3s – 1 min	0,1 – 0,9 pu	3s – 3 min	0,1 – 0,9 pu
	Elevação (ETT)	3s – 1 min	1,1 – 1,2 pu	3s – 3 min	> 1,1 pu

Fonte: Adaptado de DUGAN, 2002 e ANEEL, 2018

Figura 1- Características dos eventos de Qualidade de Energia



Fonte: SILVA, 2011

2.2 INDICADORES PARA VTCDs

Visto que as VTCDs podem acarretar problemas aos consumidores, existem regulamentações internacionais e nacionais que definem indicadores para medição e controle desses efeitos.

O indicador nacional denominado Fator de Impacto é regido pelo PRODIST. Uma das metodologias internacionais mais utilizadas é a Curva ITIC, desenvolvida para representar visualmente os eventos de qualidade de energia. Outro método também utilizado é a metodologia na NRS 048-2.

Todos estes indicadores estão explicados a seguir.

2.2.1 Fator de impacto (FI)

Os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) consistem em documentos eletrônicos que tratam do relacionamento entre as distribuidoras de energia e os demais agentes (geradores, transmissores e comercializadores). Foram publicados em 2008 pela ANEEL, no Brasil, e são divididos em 11 módulos, onde o módulo 8 regulamenta a área de Qualidade de Energia Elétrica com relação à qualidade do produto, qualidade do serviço prestado e qualidade do tratamento de reclamações, cada uma dividida em seções específicas (ANEEL, 2018).

A seção de qualidade do produto trata dos fenômenos de qualidade em regime permanente ou transitório, onde o objetivo é estabelecer indicadores e valores de referência e limites, metodologias de medição e instrumentação, definir procedimentos para a gestão das reclamações de clientes e descrever os estudos para acesso aos sistemas de distribuição. Em regime permanente, pode-se citar o fator de potência, harmônicos, desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão e variação de frequência. Sobre os transitórios pode-se citar as VTCDs, as quais possuem como indicador o Fator de Impacto (FI) utilizado para caracterização da severidade de incidências, dada uma frequência das mesmas (ANEEL, 2018).

A frequência de ocorrência de eventos de VTCD é dada a partir do número de eventos registrados no período de avaliação. O registro desses eventos de VTCD é feito conforme o Quadro 1, conforme a amplitude e duração de cada um (ANEEL, 2018). Para calcular a amplitude do evento de VTCD (V_e) em pu, utiliza-se a Equação (1), onde V_{res} é a tensão residual e V_{ref} é a tensão de referência, ambas as tensões medidas em Volt. Para calcular a duração (Δt_e), utiliza-se a Equação (2), onde t_i é o instante inicial e t_f é o instante final de VTCD (ANEEL, 2018).

$$V_e = \frac{V_{res}}{V_{ref}} \cdot 100 \quad (1)$$

$$\Delta t_e = t_f - t_i \quad (2)$$

Com o objetivo de mostrar a importância de relacionar cada evento de VTCD com os níveis de sensibilidade das cargas que são conectadas ao sistema de distribuição em média e alta tensão, o Quadro 2 apresenta uma estratificação do Quadro 1 em 9 regiões, chamadas Regiões de Sensibilidade, classificadas de A a I.

Cada região de sensibilidade possui um fator de ponderação, que estão apresentados no Quadro 3, onde também é apresentado o fator de impacto base para as faixas de tensão nominal.

Quadro 1- Estratificação dos Parâmetros Amplitude e Duração para Contabilização de Eventos de VTCD

Amplitude V_e (pu)	Duração (Δt_e)						
	16,67 ms – 100 ms	100 ms – 300 ms	300 ms – 600 ms	600 ms – 1 seg	1 seg – 3 seg	3 seg – 1 min	1 min – 3 seg
>1,15							
1,10 - 1,15							
0,85 - 0,90							
0,80 - 0,85							
0,70 - 0,80							
0,60 - 0,70							
0,50 - 0,60							
0,40 - 0,50							
0,30 - 0,40							
0,20 - 0,30							
0,10 - 0,20							
<0,10							

Fonte: ANEEL, 2018

Quadro 2- Estratificação das VTCD com Base nos Níveis de Sensibilidade das Diversas Cargas

Amplitude (pu)	Duração						
	16,67 ms – 100 ms	100 ms – 300 ms	300 ms – 600 ms	600 ms – 1 seg	1 seg – 3 seg	3 seg – 1 min	1 min – 3 min
>1,15	REGIÃO H			REGIÃO I			
1,10 - 1,15							
0,85 - 0,90	REGIÃO A						
0,80 - 0,85							
0,70 - 0,80	REGIÃO B	REGIÃO D		REGIÃO G			
0,60 - 0,70							
0,50 - 0,60	REGIÃO C	REGIÃO D		REGIÃO F			
0,40 - 0,50							
0,30 - 0,40							
0,20 - 0,30							
0,10 - 0,20							
<0,10							

Fonte: ANEEL, 2018

Quadro 3- Fatores de Ponderação e Fator de Impacto Base de acordo com a tensão nominal

Região de Sensibilidade	Fator de ponderação (fp)	Fator de Impacto Base (FI_{BASE})	
		1,0 kV < V_n < 69 kV	69 kV ≤ V_n < 230kV
A	0,00	2,43	1,42
B	0,04		
C	0,07		
D	0,15		
E	0,25		
F	0,36		
G	0,07		
H	0,02		
I	0,04		

Fonte: PRODIST – Módulo 8, revisão 10 (ANEEL, 2018)

A partir das estratificações anteriores e dos fatores de ponderação e impacto base, é possível então calcular o Fator de Impacto utilizando a Equação (3), onde f_i

é a frequência de ocorrência de eventos de VTCD, fp_i é o fator de ponderação, I são as regiões de sensibilidade das cargas a serem analisadas, e FI_{BASE} é o fator de impacto base (ANEEL, 2018).

$$FI = \sum_{i=A}^I \frac{(fe_i \cdot fp_i)}{FI_{BASE}} \quad (3)$$

Para a definição dos parâmetros de qualidade, é necessário um valor de referência. Ele é utilizado no planejamento do sistema de distribuição. Para o Sistema de Distribuição de Média Tensão (SDMT) e o Sistema de Distribuição de Alta Tensão (SDAT), o valor de referência do FI é de 1,0 pu. O PRODIST não estabelece valores de referência para o Sistema de Distribuição de Baixa Tensão (SDBT) (ANEEL, 2018).

2.2.2 Curva ITIC

A Curva ITIC (Figura 2) foi desenvolvida em 1994, pelo grupo de trabalho *Information Technology Industry Council* (ITI) como uma adaptação da curva CBEMA (*Computer Business Equipment Manufacturers Association*). Seu objetivo inicial era descrever um intervalo de tensão alternada que pudesse ser tolerado sem interrupções pela maioria dos equipamentos de Tecnologia de Informação como computadores, copiadoras e telefones fax, sob condições de um sistema monofásico com tensão nominal de 120 V e 60 Hz. (*POWER QUALITY IN ELECTRICAL SYSTEMS*, 2011).

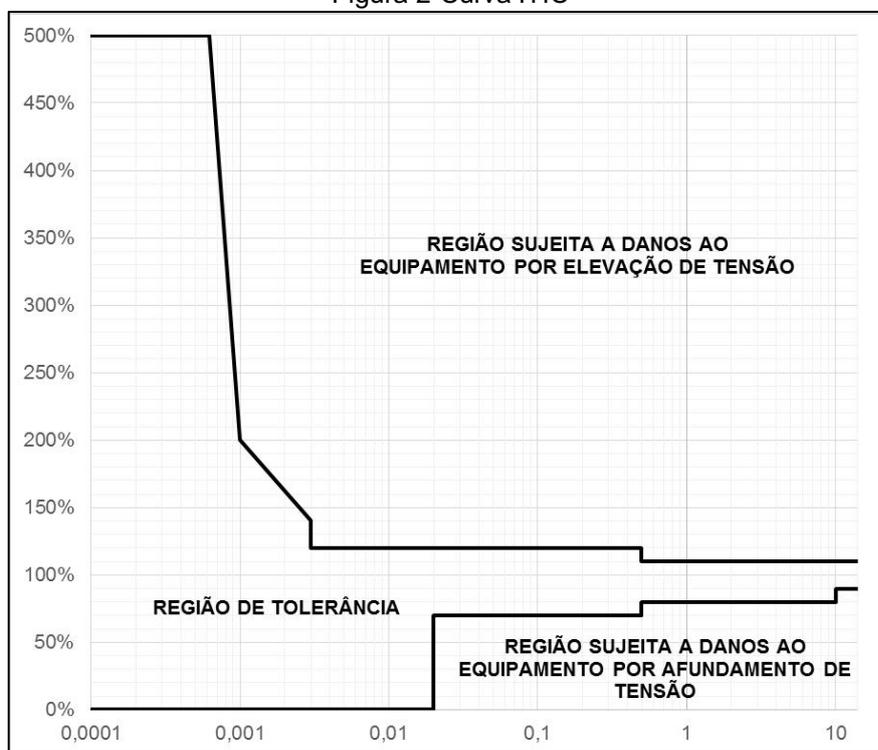
Apesar de não haver uma maneira genérica de definir curvas de aceitabilidade para aplicação em todos os tipos de cargas, ou sistemas bifásicos e trifásicos (HEYDT, 1998), e devido a muitos equipamentos mais modernos possuírem melhor tolerância do que os citados anteriormente, a curva passou a ser utilizada como referência para analisar a sensibilidade de diversos equipamentos e cargas para inseri-los no sistema de potência (DUGAN, 2002).

Ela possui descrição para regime permanente e condições de transitórios, e para valores de tensão de 0 a 500 pu (ITI, 2000). A Figura 3 mostra em maior detalhe a região da curva até 200% da tensão nominal.

Para análise de dados, os mesmos devem ser inseridos na curva, onde é

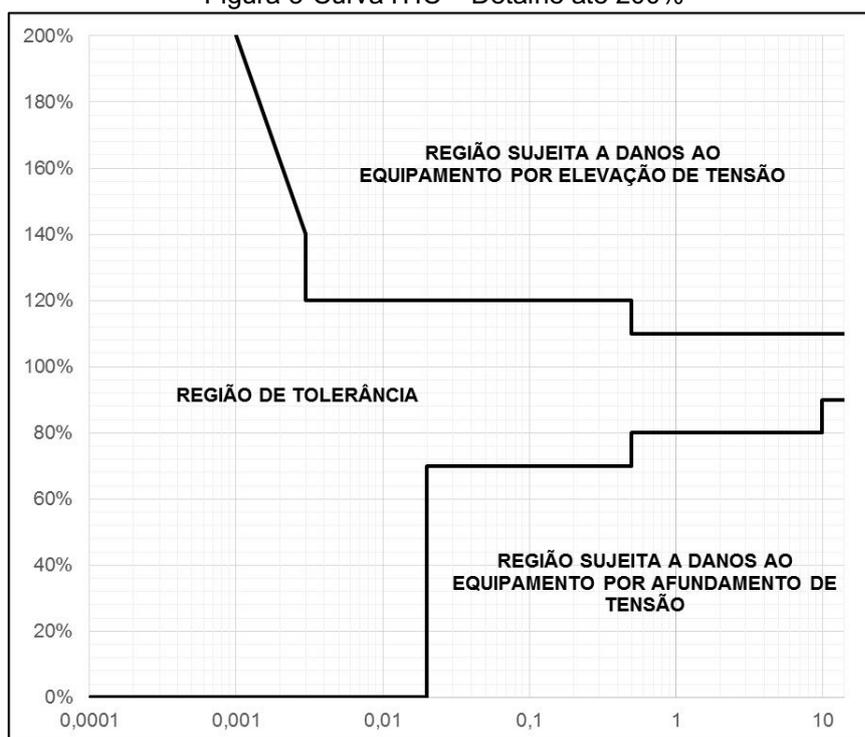
possível descrever um limiar de sensibilidade dos equipamentos do local analisado, comparando-se as medições com os relatos de falhas nos processos dos consumidores (SILVA, 2011).

Figura 2-Curva ITIC



Fonte: Adaptado de *POWER QUALITY IN ELECTRICAL SYSTEMS*, 2011

Figura 3-Curva ITIC – Detalhe até 200%



Fonte: Adaptado de *POWER QUALITY IN ELECTRICAL SYSTEMS*, 2011

2.2.3 NRS 048-2:2003

Desenvolvida pelo *South African Electricity Supply Industry (ESI)*, a *National Regulatory Services (NRS) 048-2* tem como objetivo promover uma aproximação uniforme para a performance de caracterização dos afundamentos de tensão em instalações da África do Sul e apresentar um histórico desta aproximação. Este método apresenta a maior parte dos eventos ocorridos, não envolvendo casos mais complexos, tais como deslocamento de fases ou distorção sobreposta na tensão durante o afundamento (NERSA, 2003). Esta aproximação é feita estratificando os dados em categorias de acordo com o Quadro 4.

O Quadro 5 apresenta os valores anuais característicos para a unidade analisada, visto histórico de medição de 50% das unidades monitoradas para definição da norma na África do Sul. A norma não define valores de referência para a categoria Y.

Quadro 4- Caracterização da magnitude e duração dos afundamentos de tensão

1	2	3	4	5
Faixa de Tensão ΔU (expressa como % de U_d)	Faixa de Tensão Residual U_f (expressa como % de U_d)	Duração (t)		
		20 < t ≤ 150 ms	150 < t ≤ 600 ms	0,6 < t ≤ 3 s
10 < ΔU ≤ 15	90 > U_f ≥ 85	Y		
15 < ΔU ≤ 20	85 > U_f ≥ 80			
20 < ΔU ≤ 30	80 > U_f ≥ 70	X1	S	Z1
30 < ΔU ≤ 40	70 > U_f ≥ 60			
40 < ΔU ≤ 60	60 > U_f ≥ 40	X2	T	Z2
60 < ΔU ≤ 100	40 > U_f ≥ 0			

Fonte: Adaptado de NERSA, 2003

Quadro 5- Valores de referência (50% das unidades)

Tensão Nominal da rede	X1	X2	T	S	Z1	Z2
6,6kV a ≤ 44kV	7	7	7	6	3	4

Fonte: Adaptado de NERSA, 2003

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para apresentação dos resultados do trabalho. A análise de dados é baseada nos dados medidos durante o período de monitoramento, agosto de 2008 a janeiro de 2011, que estão apresentados nas análises do estudo de caso.

3.1 APRESENTAÇÃO DO CASO

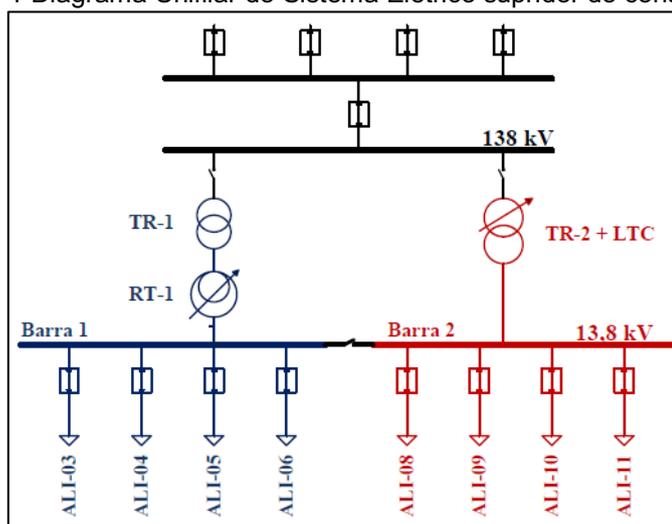
A análise deste trabalho é feita a partir da monografia escrita por Silva, 2011, que propõe uma melhoria ao atendimento ao consumidor com relação a afundamentos momentâneos de tensão, e apresenta dados de VTCDs de um cliente de grande porte do ramo alimentício localizado no interior de São Paulo que teve problemas relativos à falta de energia e oscilações, ocasionando em perda de produção, matéria prima, prazos e mão de obra da indústria (SILVA, 2011).

O sistema de distribuição primário de atendimento é fornecido com tensão nominal de 13,8 kV. A tensão contratada é de 13,2 kV, conforme alimentação descrita a seguir.

A Subestação supridora (classe 138/13,8kV, alta tensão) é composta por dois transformadores abaixadores, que alimentam dois barramentos de 13,8 kV, os quais não são interligados. Ambos possuem 4 alimentadores, e o consumidor está conectado ao alimentador 09, na barra 02 conforme Figura 4 a seguir, distante 1,5 km da Subestação.

A seção a seguir apresenta como é feita a análise dos dados.

Figura 4-Diagrama Unifilar do Sistema Elétrico supridor do consumidor.



Fonte: SILVA, 2011.

3.2 ANÁLISE DOS DADOS

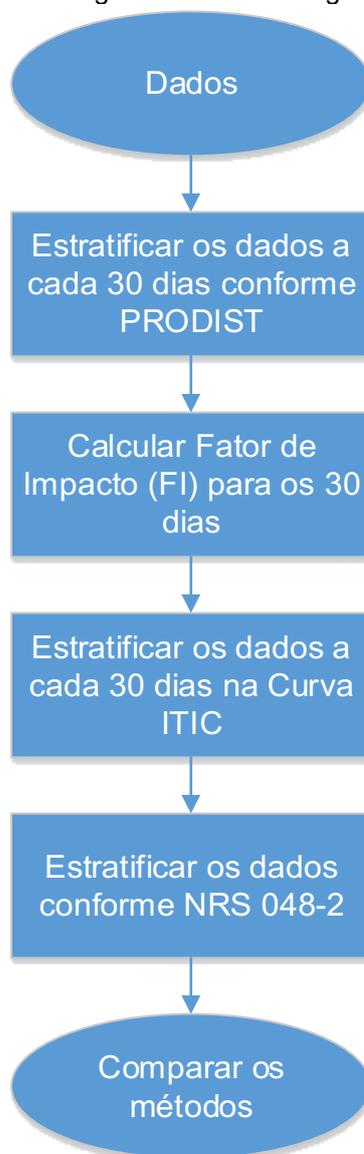
Para realizar a análise dos dados, os mesmos foram divididos em anos e meses, conforme a seguir:

- Agosto/2008;
- Setembro/2008;
- Fevereiro/2009;
- Março/2009;
- Março/2010;
- Junho/2010;
- Julho/2010;
- Agosto/2010;
- Setembro/2010;
- Outubro/2010;
- Novembro/2010;
- Dezembro/2010;
- Janeiro/2011.

A partir desta divisão, foram estratificados conforme a metodologia do Quadro 2 para que fosse calculado o Fator de Impacto a cada 30 dias de medição, visto exigência do PRODIST. Em seguida, os mesmos dados foram estratificados na Curva ITIC e conforme a NRS 048-2. Posteriormente foram comparados os métodos de análise a fim de se verificar as diferenças no tratamento dos dados do cliente.

A metodologia está resumida no Fluxograma da Figura 5.

Figura 5- Fluxograma da metodologia proposta



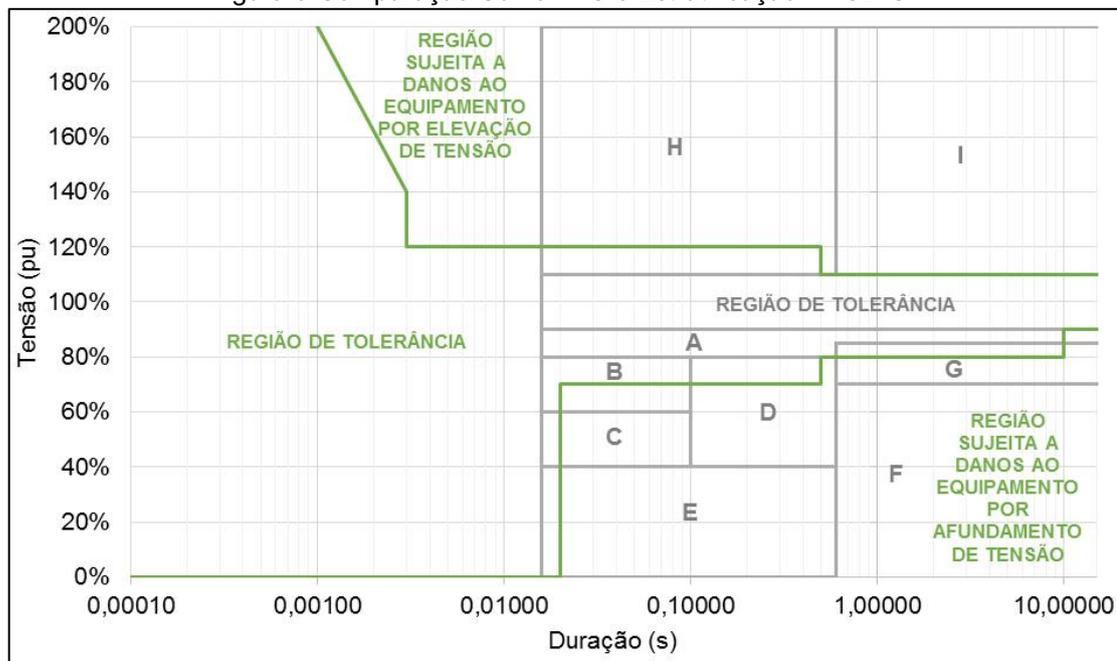
Fonte: Autoria própria

3.2.1 Comparação das Metodologias

A Figura 6 apresenta uma sobreposição da Curva ITIC com a metodologia do PRODIST, cuja estratificação em regiões de sensibilidade está definida em um gráfico. Nesta visualização, a maior diferença que pode ser notada é que esta curva considera como região de tolerância uma ampla faixa de eventos que possuem duração menor que 1 ciclo, e que a variação desta região passa a ser de $\pm 10\%$ a partir de 10 segundos, justificado por ser o início do regime permanente, de acordo com os

desenvolvedores da curva. No PRODIST, essa região envolve os 10% de variação em todo o intervalo de tempo que for analisado.

Figura 6-Comparação Curva ITIC e Estratificação PRODIST



Fonte: Autoria Própria

4 ESTUDO DE CASO

De acordo com a metodologia apresentada anteriormente, este capítulo apresenta os resultados do estudo de caso, que envolvem estratificação na Curva ITIC para cada mês apresentado, e a estratificação anual pela NRS 048-2. Também são apresentados os valores de FI calculados conforme as regiões de sensibilidade do PRODIST.

4.1 ANO 2008

Os dados para o ano de 2008 estão apresentados na Tabela 2 com a Região de Sensibilidade e o Fator de Ponderação para o cálculo do Fator de Impacto.

Tabela 2-Dados Agosto e Setembro/2008

Nº	Data	Evento	Tensão Mínima (pu)	Duração (s)	Região Sensibilidade	FP
1	04/08/2008	AMT	0,9	0,016	A	0
2	05/08/2008	AMT	0,7	0,116	D	0,15
3	15/08/2008	ATT	0,5	4,05	F	0,36
4	30/08/2008	AMT	0,7	0,016	B	0,04
5	13/09/2008	AMT	0,9	0,016	A	0
6	14/09/2008	AMT	0,3	0,15	E	0,25
7	19/09/2008	AMT	0,4	0,199	E	0,25
8	24/09/2008	AMT	0,6	0,7	F	0,36
9	28/09/2008	AMT	0,8	0,016	B	0,04

Fonte: Adaptado de SILVA, 2011

Os FI calculados para os meses do ano de 2008 estão apresentados abaixo.

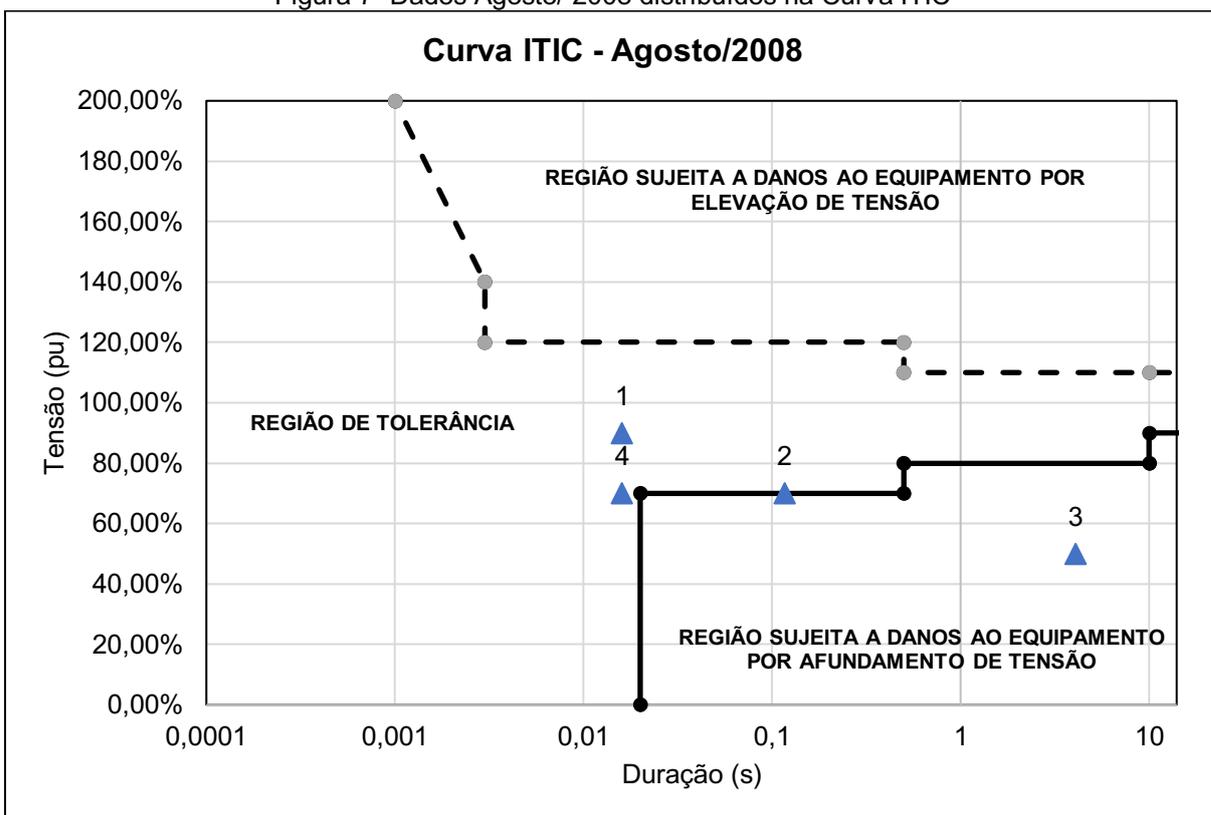
Tabela 3-FI para o Ano de 2008

Mês	FI
Agosto/2008	0,258
Setembro/2008	0,422

Fonte: Autoria própria

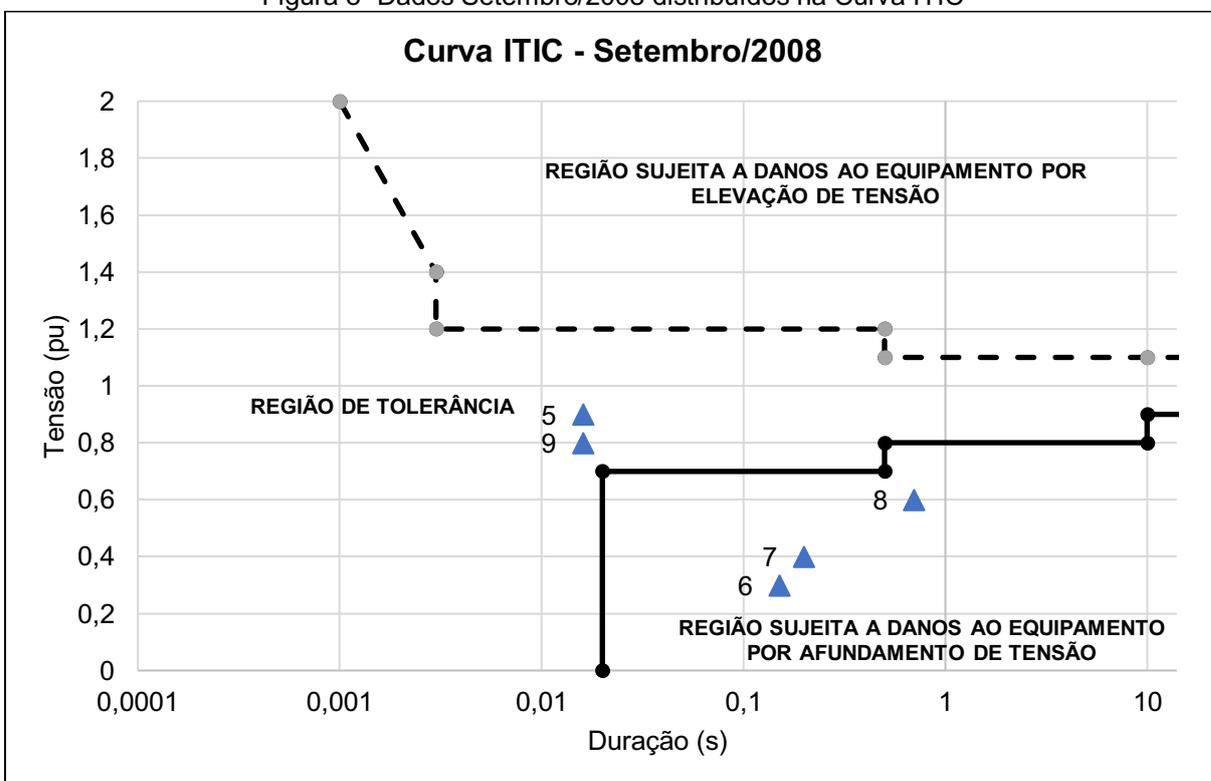
A Figura 7 mostra a distribuição dos dados na Curva ITIC para o mês de agosto e a Figura 8 para o mês de setembro. A Figura 9 apresenta a estratificação conforme a NRS 048-2.

Figura 7- Dados Agosto/ 2008 distribuídos na Curva ITIC



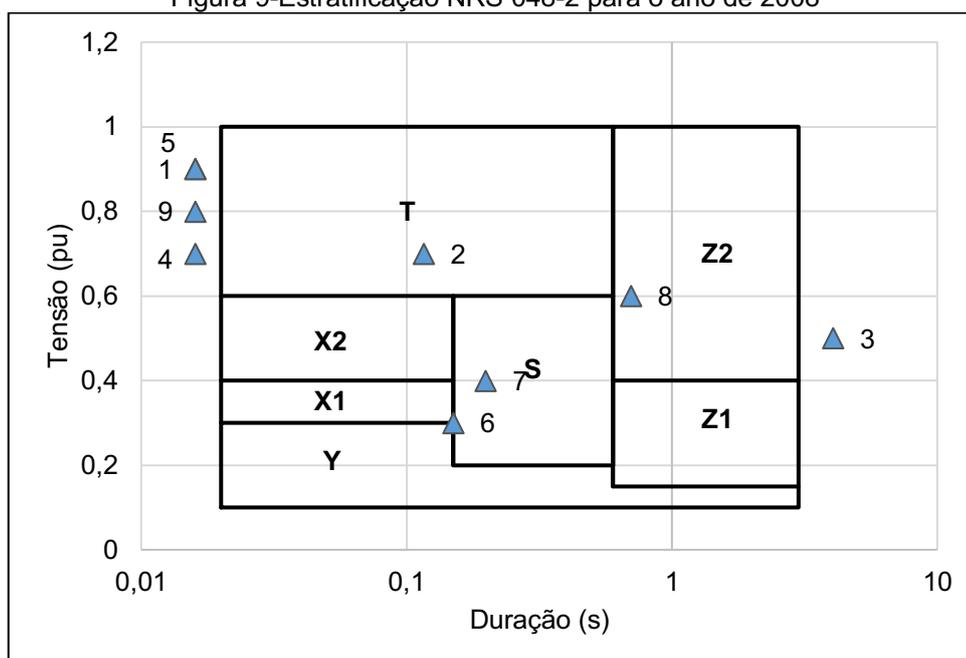
Fonte: Autoria Própria

Figura 8- Dados Setembro/2008 distribuídos na Curva ITIC



Fonte: Autoria Própria

Figura 9-Estratificação NRS 048-2 para o ano de 2008



Fonte: Autoria Própria

Para este ano, vê-se que todos os valores de FI estão dentro do valor de referência. Com relação à NRS 048-2, a estratificação mostra que os dados também se encontram dentro dos valores de referência, mostrando que são as quantidades normais de eventos que podem ocorrer sem que haja maiores prejuízos para o consumidor.

Já conforme a Curva ITIC, há dados na Região Sujeita a Danos por Afundamento de Tensão tanto em agosto quanto em setembro. É importante citar que alguns desses dados foram informados pelo cliente à concessionária. Eles estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4-Dados informados pelo cliente em 2008

Evento	Data	Tensão Mínima (pu)	Duração (ms)
3	15/08/2008	0,5	4050
6	14/09/2008	0,3	150
7	19/09/2008	0,4	199

Fonte: Adaptado de SILVA, 2011

4.2 ANO 2009

Os dados para o ano de 2009 estão apresentados na Tabela 5, juntamente com a Região de Sensibilidade e o Fator de Ponderação para o cálculo do FI.

Tabela 5-Dados Fevereiro e Março/2009

Nº	Data	Evento	Tensão Mínima (pu)	Duração (s)	Região Sensibilidade	FP
10	01/02/2009	AMT	0,67	0,737	F	0,36
11	01/02/2009	AMT	0,62	0,794	F	0,36
12	13/03/2009	AMT	0,44	0,109	D	0,15
13	16/03/2009	AMT	0,59	0,08	C	0,07
14	16/03/2009	AMT	0,18	0,098	E	0,25
15	16/03/2009	AMT	0,27	0,091	E	0,25

Fonte: Adaptado de SILVA, 2011

Os FI calculados para os meses do ano de 2009 estão apresentados abaixo, na Tabela 6.

Tabela 6-FI para o Ano de 2009

Mês	FI
Fevereiro/2009	0,338
Março/2009	0,338

Fonte: Autoria Própria

A Figura 10 mostra a distribuição dos dados na Curva ITIC do mês de fevereiro, e a Figura 11 para o mês de março. A Figura 12 apresenta a estratificação conforme a NRS 048-2.

Para este ano, os valores de FI calculados estão novamente dentro do valor de referência, assim como a estratificação pela NRS 048-2 mostra que a quantidade de dados está dentro do limite em cada região.

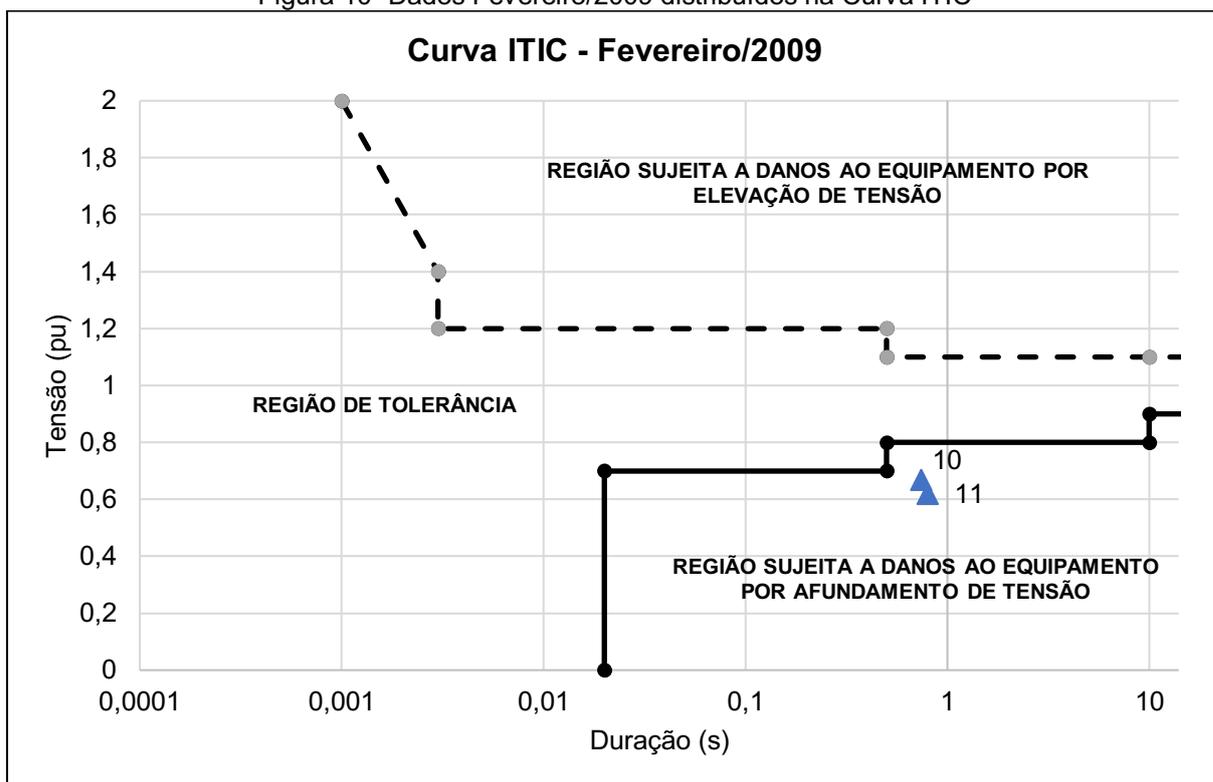
Com relação à curva ITIC, vê-se que todos os dados estão dentro da região de prováveis danos por afundamento, e dois desses dados foram informados à concessionária pelo cliente, conforme a Tabela 7.

Tabela 7-Dados informados pelo cliente em 2009

Evento	Data	Tensão Mínima (pu)	Duração (ms)
14	16/03/2009	0,18	98
15	16/03/2009	0,27	91

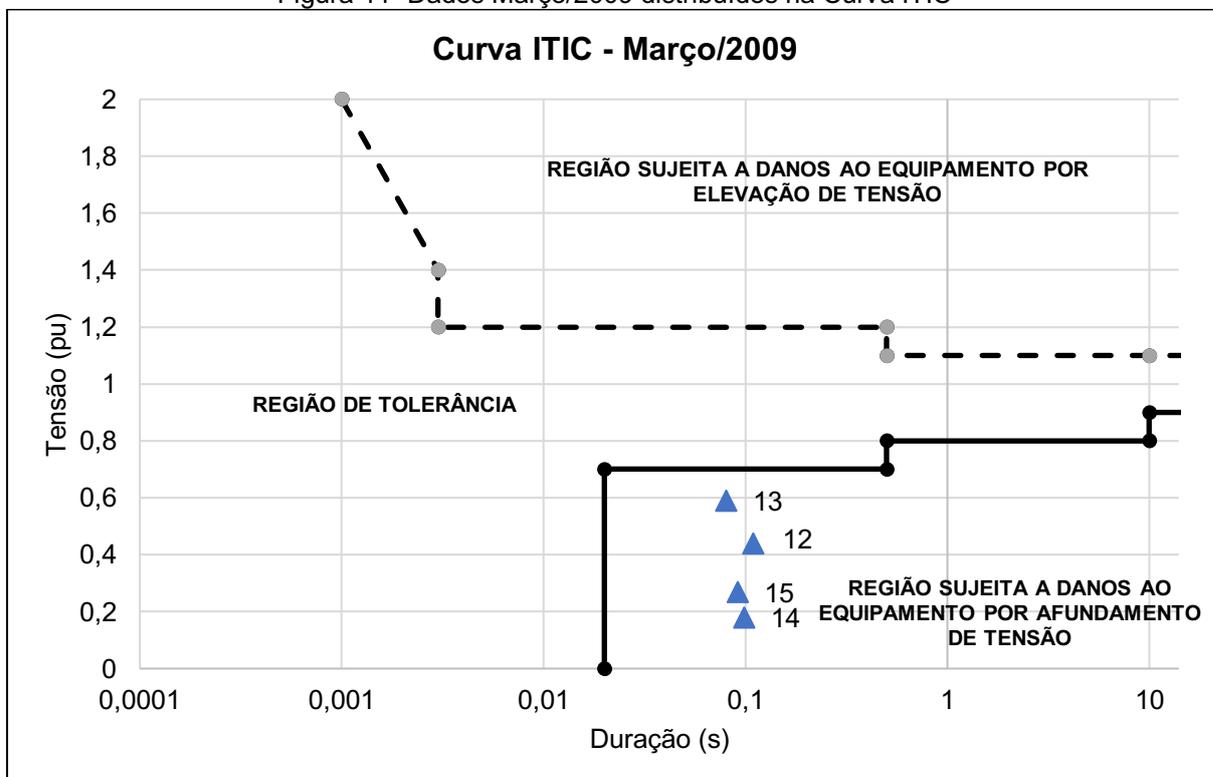
Fonte: Adaptado de SILVA, 2011

Figura 10- Dados Fevereiro/2009 distribuídos na Curva ITIC



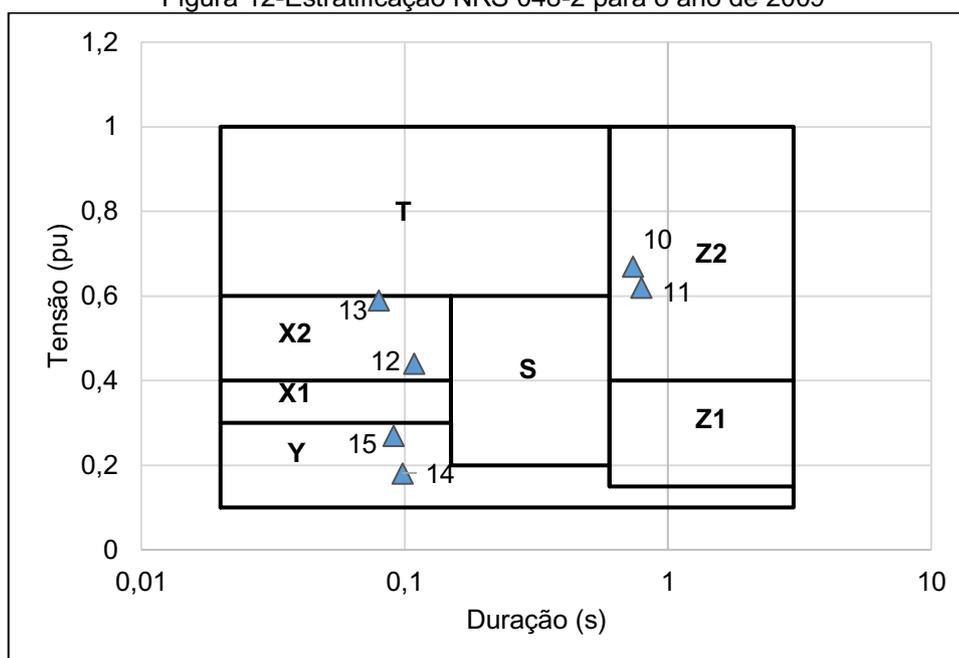
Fonte: Autoria Própria

Figura 11- Dados Março/2009 distribuídos na Curva ITIC



Fonte: Autoria Própria

Figura 12-Estratificação NRS 048-2 para o ano de 2009



4.3 ANO 2010

Para o ano de 2010, os dados estão resumidos na Tabela 8.

Tabela 8-Dados 2010

Nº	Data	Evento	Tensão Mínima (pu)	Duração (s)	Região Sensibilidade	FP
16	28/03/2010	AMT	0,9	0,1	A	0
17	20/06/2010	AMT	0,8	0,816	G	0,07
18	12/07/2010	AMT	0,8	0,2	D	0,15
19	12/07/2010	AMT	0,8	0,216	D	0,15
20	12/07/2010	AMT	0,8	0,2	D	0,15
21	21/07/2010	AMT	0,5	0,133	D	0,15
22	01/08/2010	AMT	0,7	0,766	F	0,36
23	01/08/2010	AMT	0,5	0,516	D	0,15
24	30/09/2010	AMT	0,6	0,116	D	0,15
25	30/09/2010	AMT	0,6	0,116	D	0,15
26	30/09/2010	AMT	0,6	0,116	D	0,15
27	06/10/2010	AMT	0,6	0,116	D	0,15
28	20/11/2010	AMT	0,7	0,1	D	0,15
29	11/12/2010	AMT	0,9	0,016	A	0
30	11/12/2010	AMT	0,9	0,016	A	0
31	11/12/2010	AMT	0,6	0,116	D	0,15

Fonte: Adaptado de SILVA, 2011

A estratificação na Curva ITIC está dividida em figuras conforme descrição abaixo:

- Março/2010: Figura 13
- Junho/2010: Figura 14
- Julho/2010: Figura 15
- Agosto/2010: Figura 16
- Setembro/2010: Figura 17
- Outubro/2010: Figura 18
- Novembro/2010: Figura 19
- Dezembro/2010: Figura 20

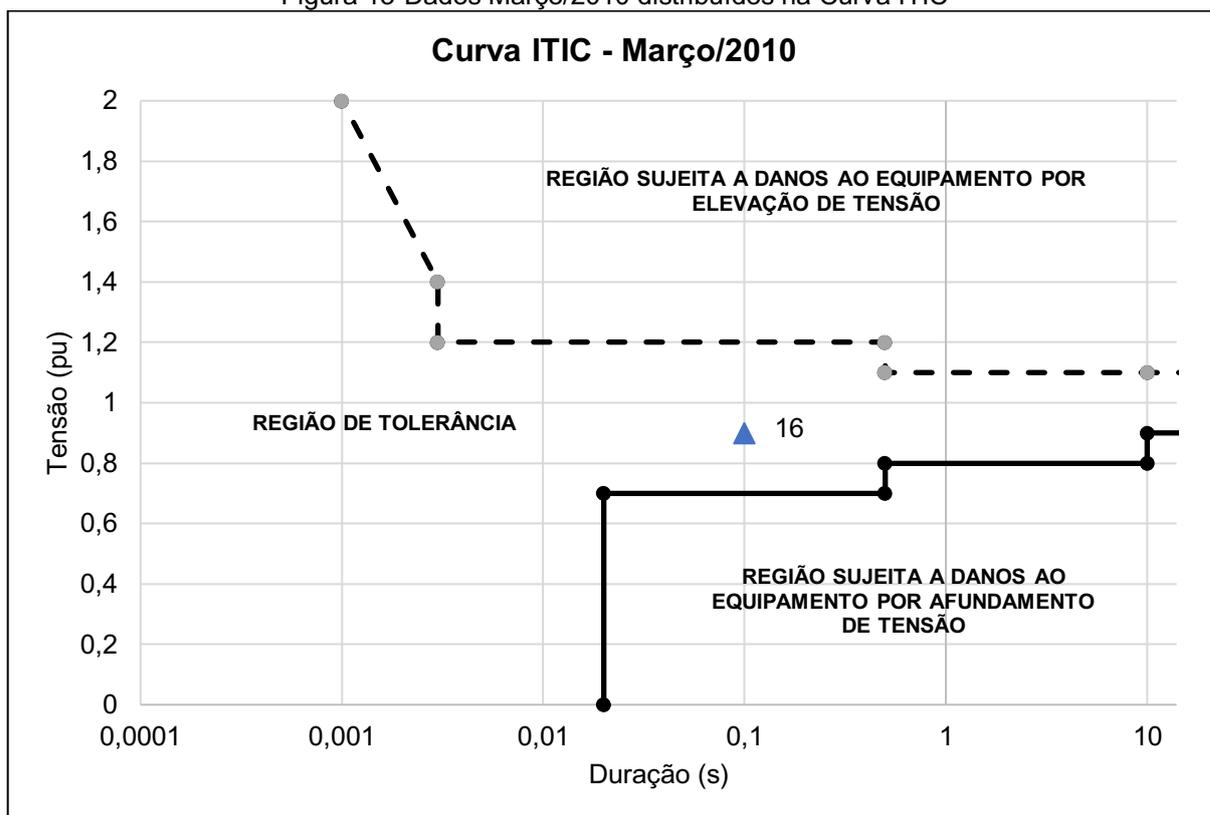
A Figura 21 mostra a estratificação conforme a NRS 048-2.

A partir da Equação (3), obteve-se os valores de FI para o ano de 2010 apresentados na Tabela 9.

Mês	FI
Março/2010	0
Junho/2010	0,033
Julho/2010	0,282
Agosto/2010	0,239
Setembro/2010	0,211
Outubro/2010	0,07
Novembro/2010	0,07
Dezembro/2010	0,16

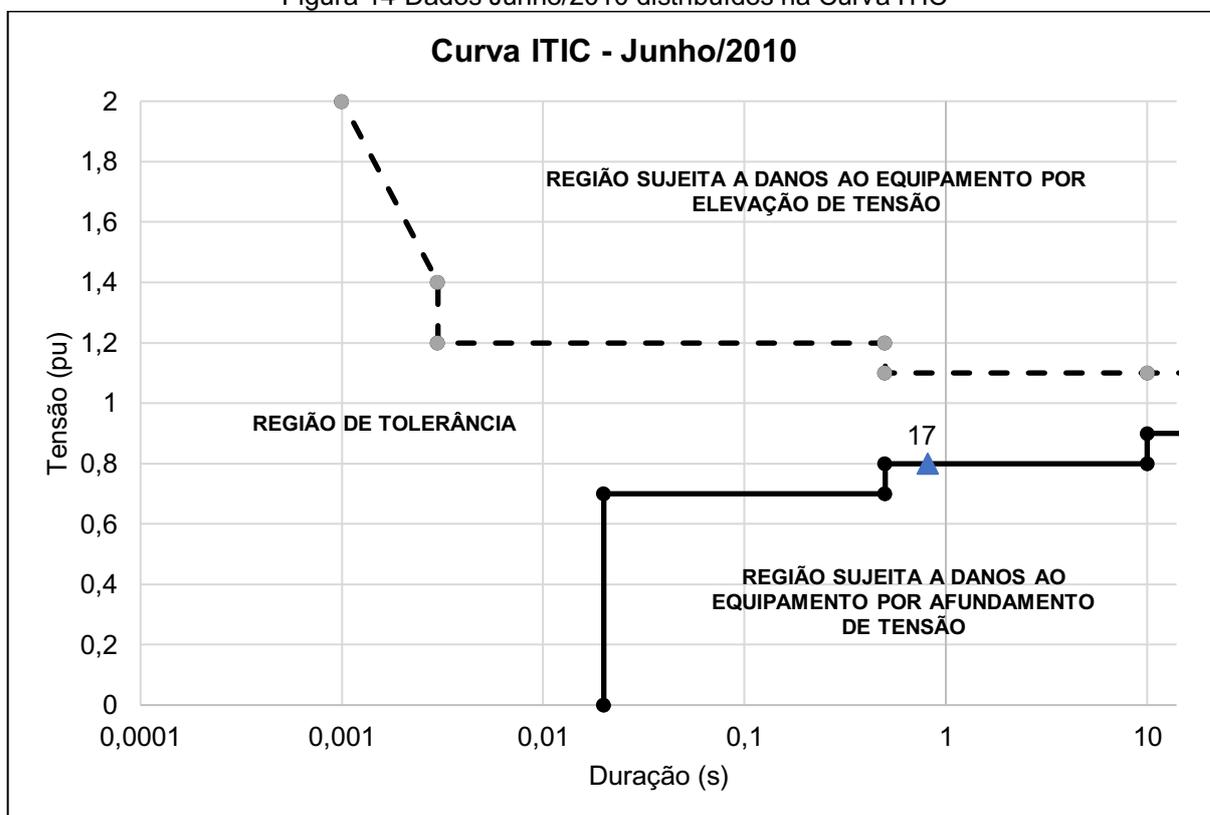
Fonte: Autoria própria

Figura 13-Dados Março/2010 distribuídos na Curva ITIC



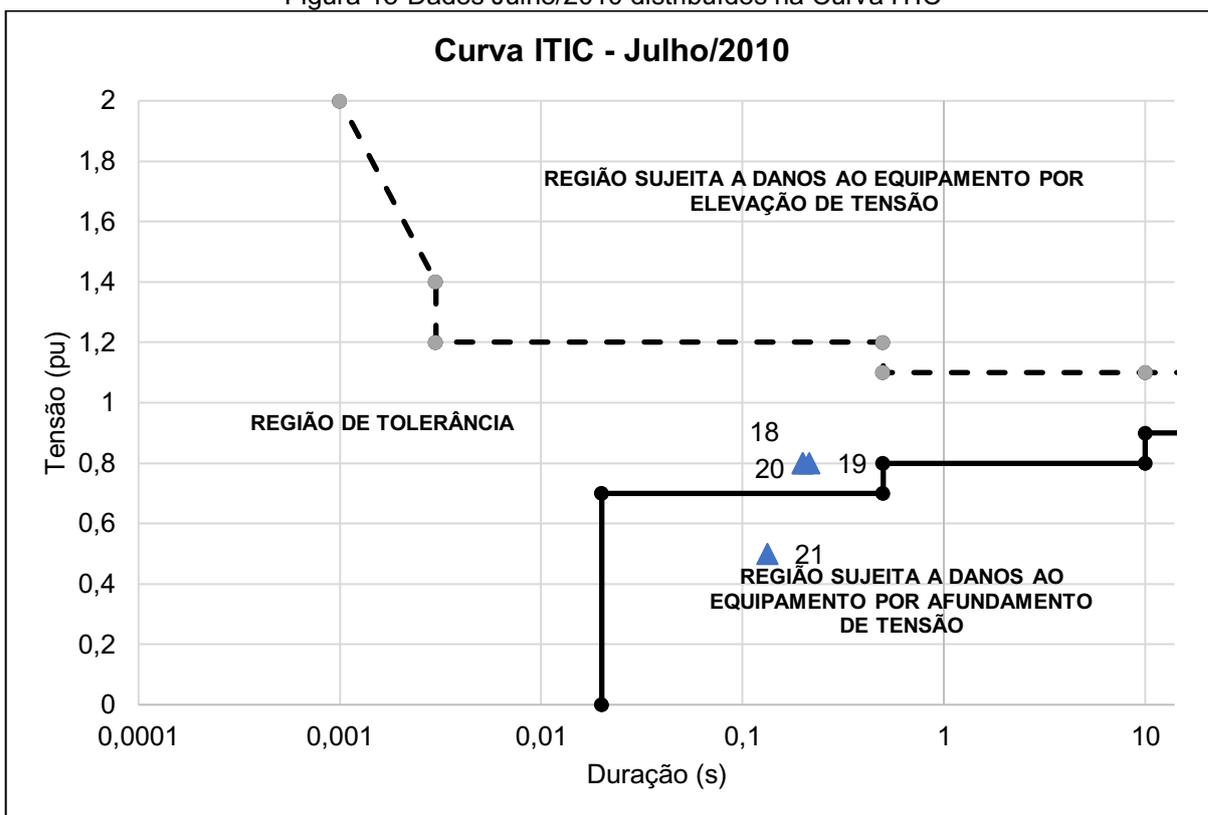
Fonte: Autoria Própria

Figura 14-Dados Junho/2010 distribuídos na Curva ITIC



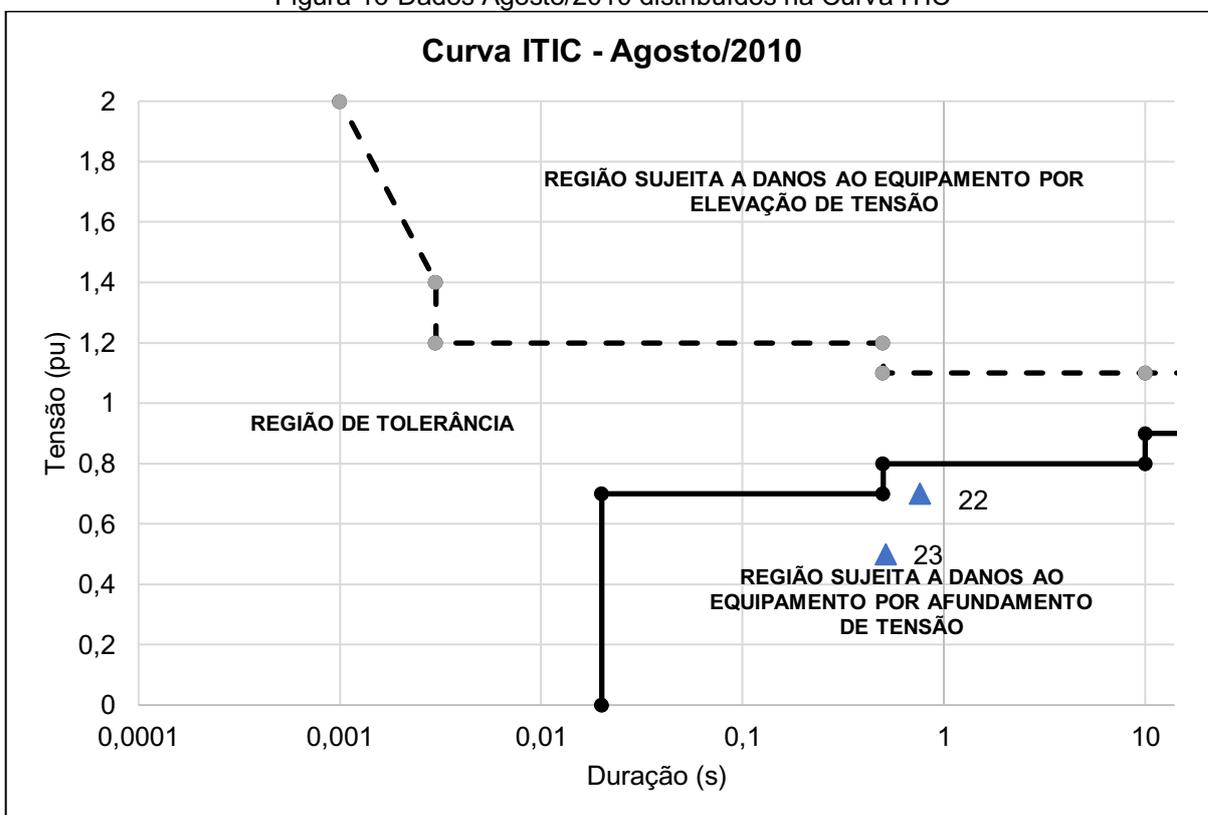
Fonte: Autoria Própria

Figura 15-Dados Julho/2010 distribuídos na Curva ITIC



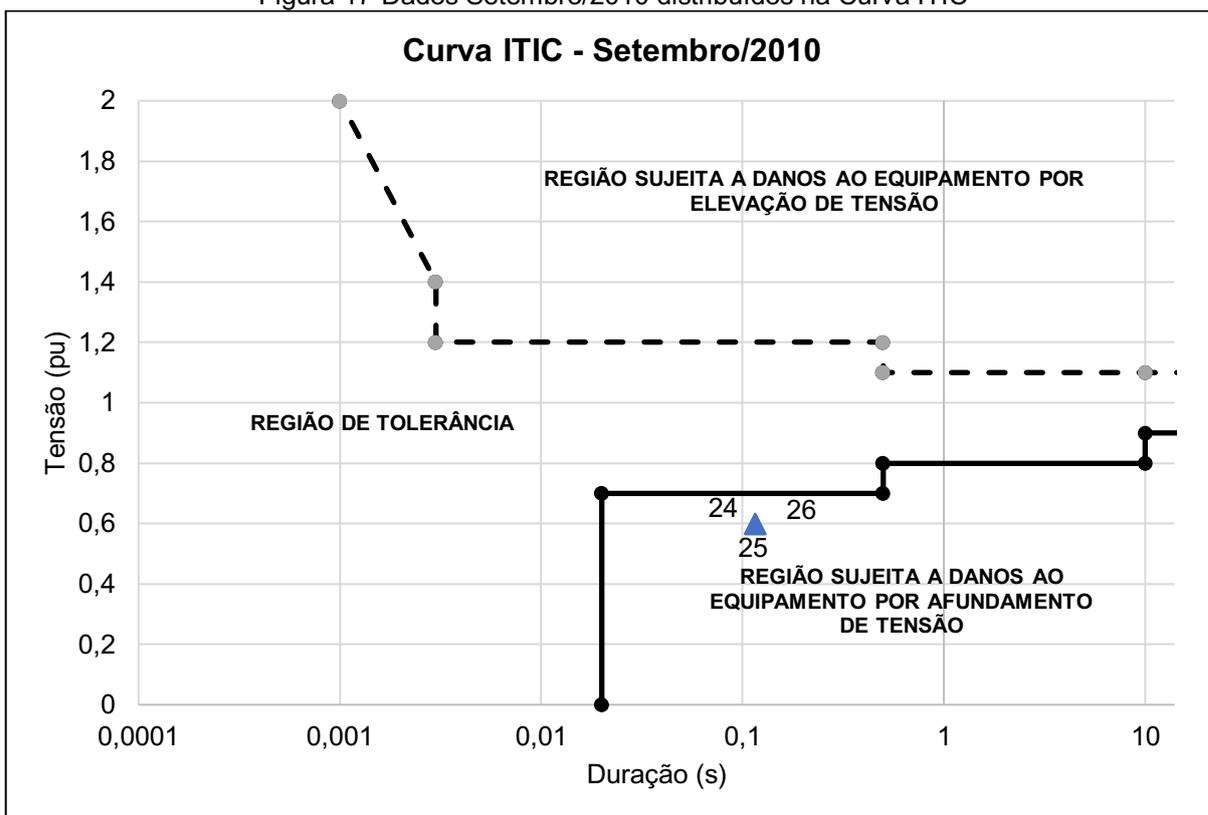
Fonte: Autoria Própria

Figura 16-Dados Agosto/2010 distribuídos na Curva ITIC



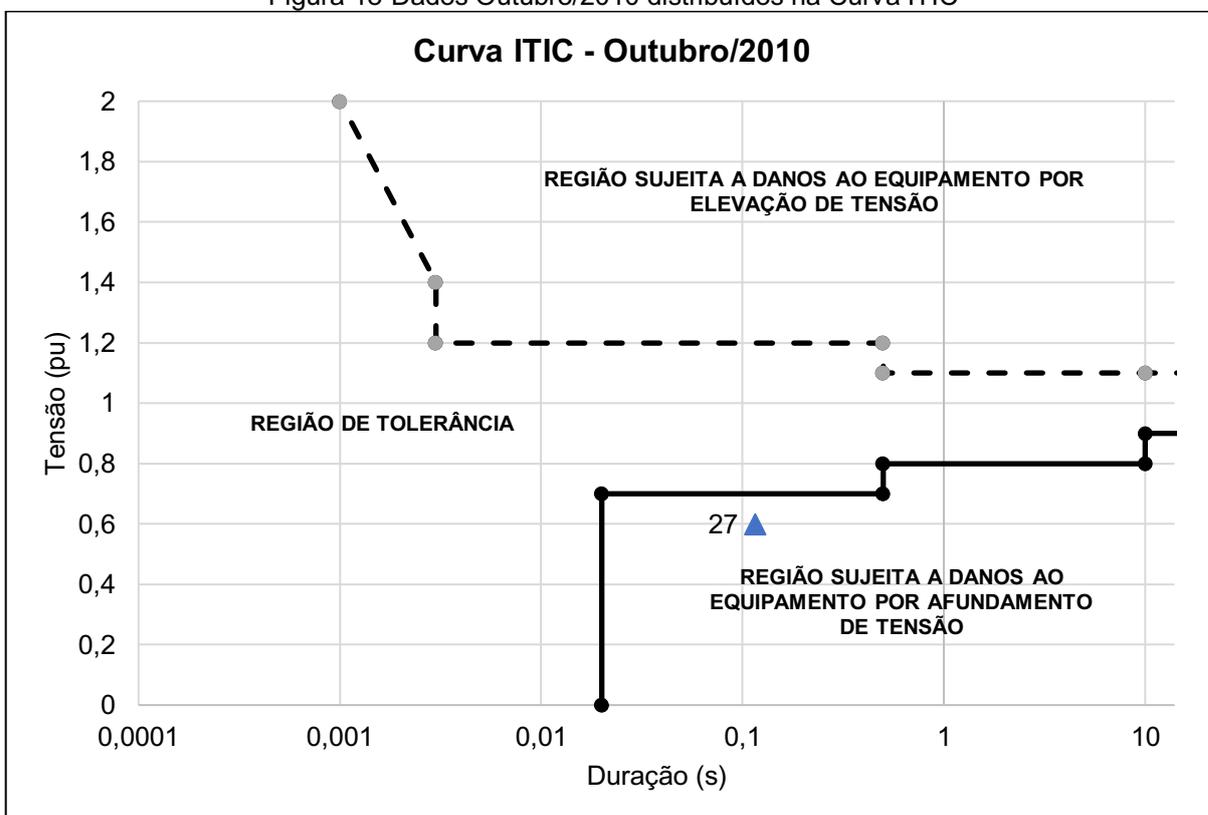
Fonte: Autoria Própria

Figura 17-Dados Setembro/2010 distribuídos na Curva ITIC



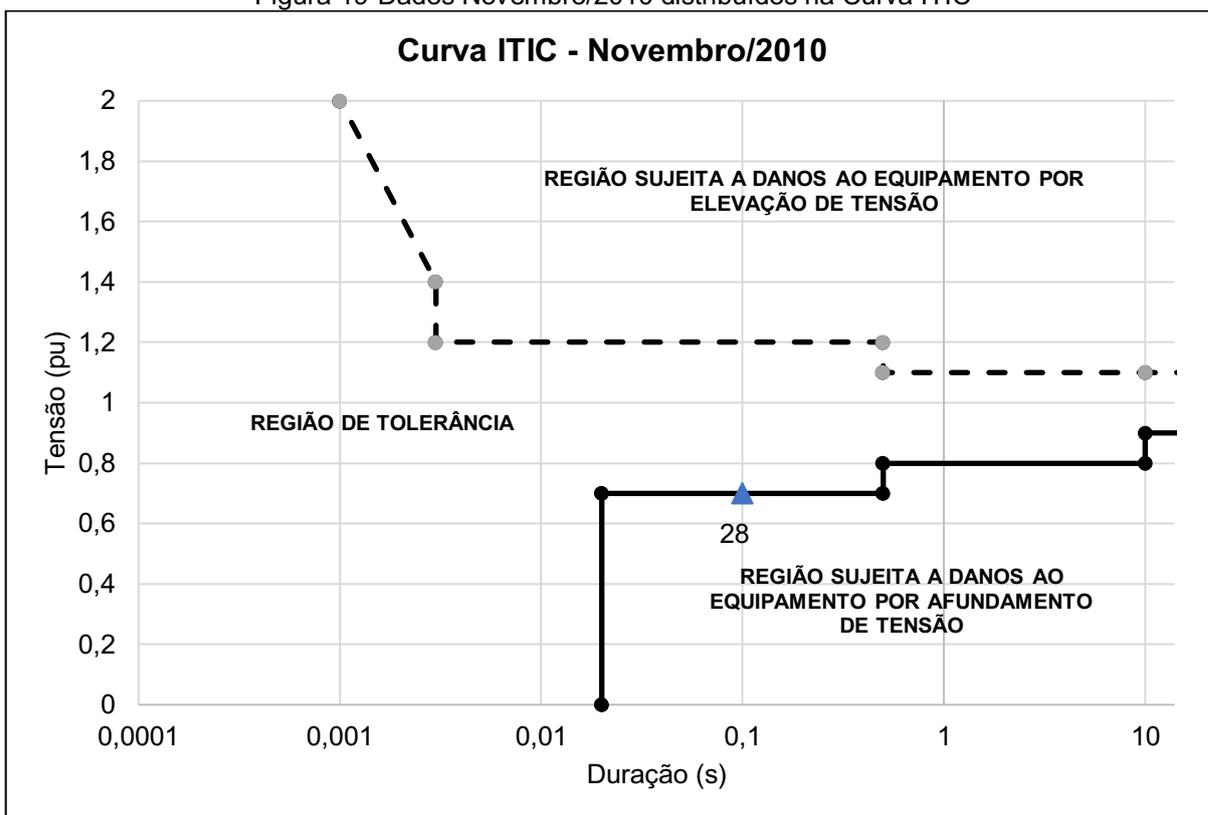
Fonte: Autoria Própria

Figura 18-Dados Outubro/2010 distribuídos na Curva ITIC



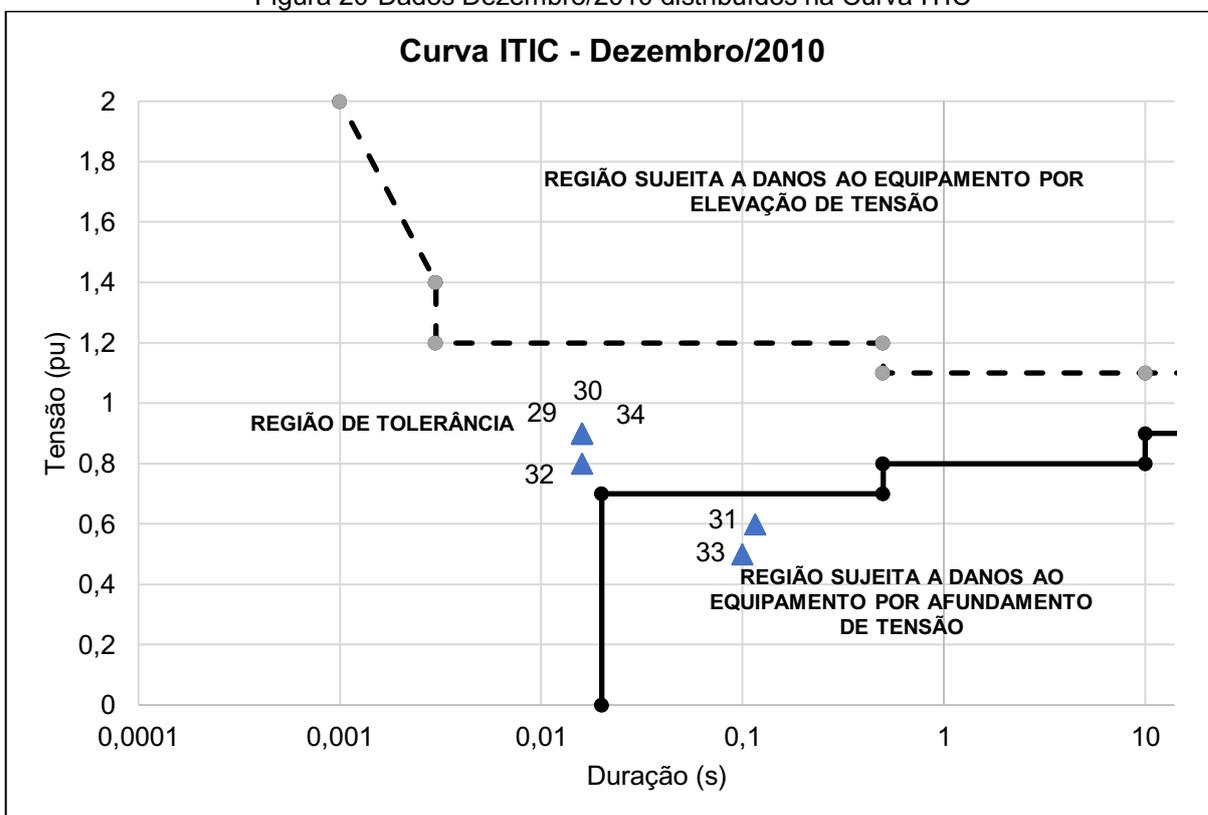
Fonte: Autoria Própria

Figura 19-Dados Novembro/2010 distribuídos na Curva ITIC



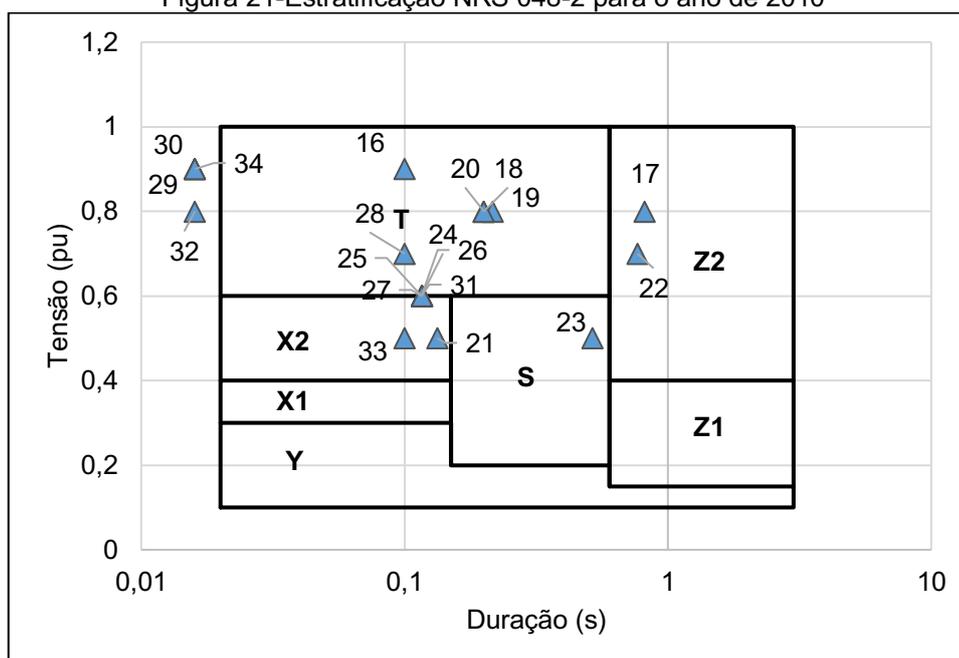
Fonte: Autoria Própria

Figura 20-Dados Dezembro/2010 distribuídos na Curva ITIC



Fonte: Autoria Própria

Figura 21-Estratificação NRS 048-2 para o ano de 2010



Fonte: Autoria Própria

Neste ano os valores de FI também estão dentro da referência, sendo que no mês de março o valor é 0 (zero), ou seja, indica que por esta metodologia, o evento ocorrido nesse mês não possui possibilidade de causar algum dano ao consumidor, ou essa possibilidade é mínima. Além desse valor, a maioria dos FI são menores que os valores obtidos para 2009.

Porém, quando esses valores são comparados com a NRS 048-2, vê-se que a região X2 encontra-se no limite da referência e a região T está bem próxima desse limite.

E com relação à Curva ITIC, pode-se ver que a maior parte dos dados se encontram dentro da região de danos por afundamento, o que mostra um contraste com os resultados obtidos no cálculo do FI. Nesta análise, somente 1 (um) evento foi informado pelo cliente, conforme Tabela 10. Uma delimitação de região de sensibilidade específica do cliente poderia diminuir o número de dados dentre dessa região de danos por afundamento. Em outras palavras, é necessário levantar a curva de sensibilidade própria dos equipamentos do consumidor, visto que, nem todos os dados que caíram na região de afundamento da curva ITIC causaram problemas ao consumidor. Destaca-se aqui que medidas mitigadoras já haviam sido tomadas pela concessionária tomando como referência a curva de sensibilidade levantada para o consumidor em questão.

Tabela 10-Dados Informados pelo Cliente em 2010

Evento	Data	Tensão Mínima (pu)	Duração (ms)
33	22/12/2010	0,5	100

Fonte: Adaptado de SILVA, 2011

4.4 ANO 2011

Para o ano de 2011, os dados estão resumidos Tabela 11, juntamente com a região de sensibilidade e o fator de ponderação para o cálculo do fator de impacto.

Tabela 11-Dados 2011

Nº	Data	Evento	Tensão Mínima (pu)	Duração (s)	Região Sensibilidade	FP
35	04/01/2011	AMT	0,8	0,016	B	0,04
36	07/01/2011	AMT	0,8	0,016	B	0,04
37	09/01/2011	AMT	0,8	0,016	B	0,04
38	20/01/2011	AMT	0,9	0,016	A	0

Fonte: Adaptado de SILVA, 2011

A Figura 22 apresenta a estratificação na Curva ITIC e a Figura 23 conforme a NRS 048-2.

O valor de FI calculado para o ano de 2011 está apresentado na Tabela 12.

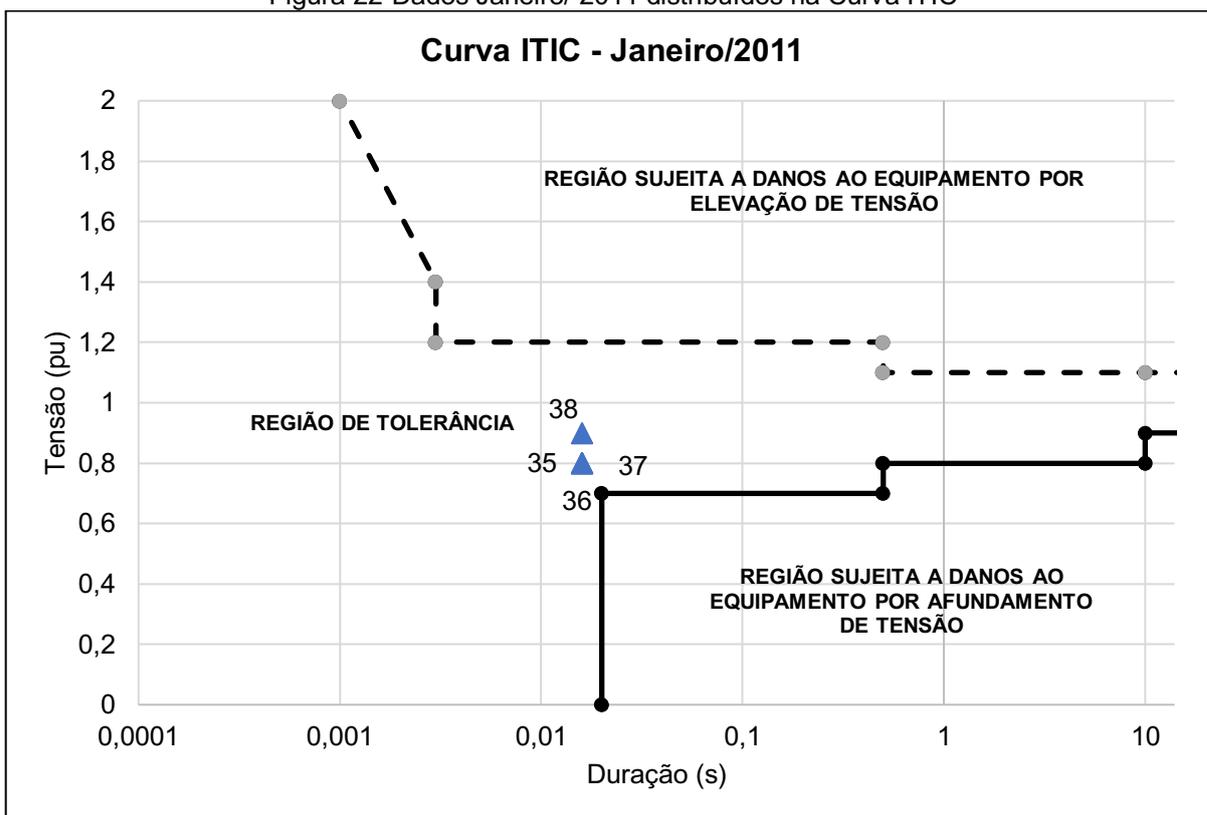
Tabela 12-FI para o ano de 2011

Mês	FI
Janeiro/2011	0,056

Fonte: Autoria própria

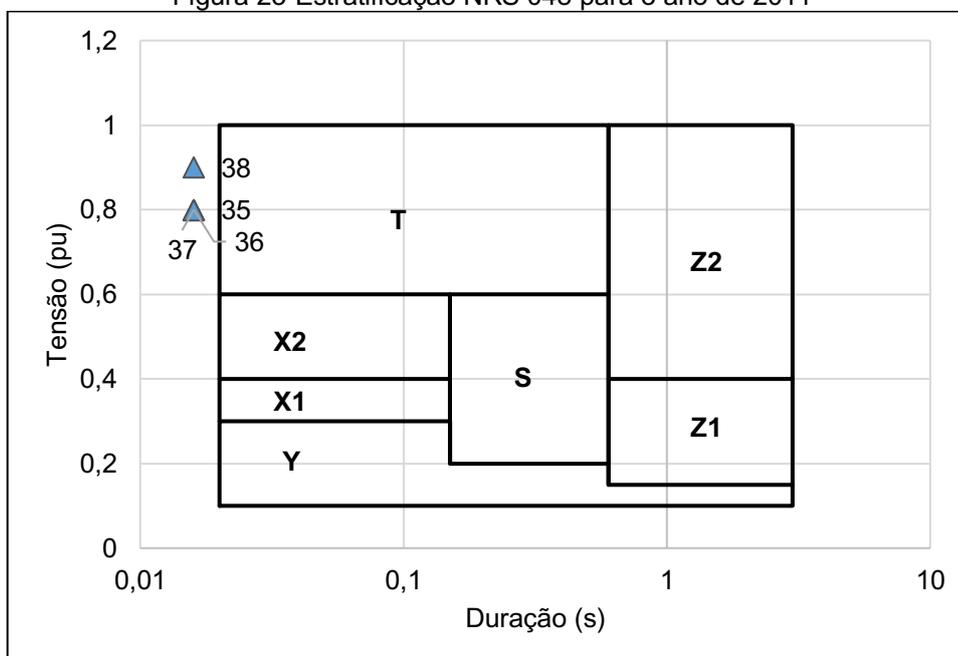
O valor de FI calculado está dentro dos limites da referência. Com relação à NRS 048-2, nenhum dos dados se classificam dentro das regiões de análise e na curva ITIC, todos os dados encontram-se dentro da região de tolerância. De acordo com os dados obtidos, nesse ano o cliente não relatou nenhum dado que afetou seu processo.

Figura 22-Dados Janeiro/ 2011 distribuídos na Curva ITIC



Fonte: Autoria Própria

Figura 23-Estratificação NRS 048 para o ano de 2011



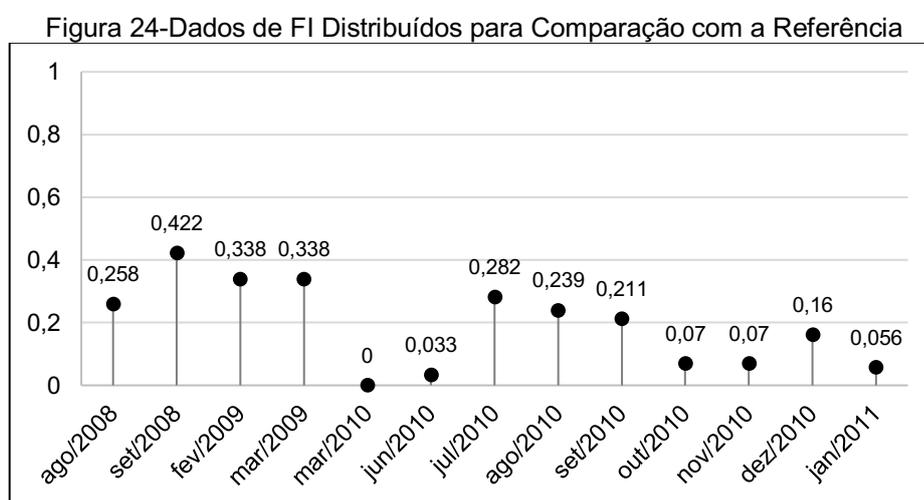
Fonte: Autoria Própria

4.5 ANÁLISE GERAL

A partir de uma análise de todos os resultados apresentados, de acordo com os cálculos do FI para cada mês analisado anteriormente pode-se observar que todos os valores estão abaixo do valor de referência, conforme Figura 24, indicando que o sistema estaria numa condição adequada de operação. Os valores calculados são menores em sua maioria a partir do ano de 2010, pois uma melhoria no sistema de distribuição foi realizada.

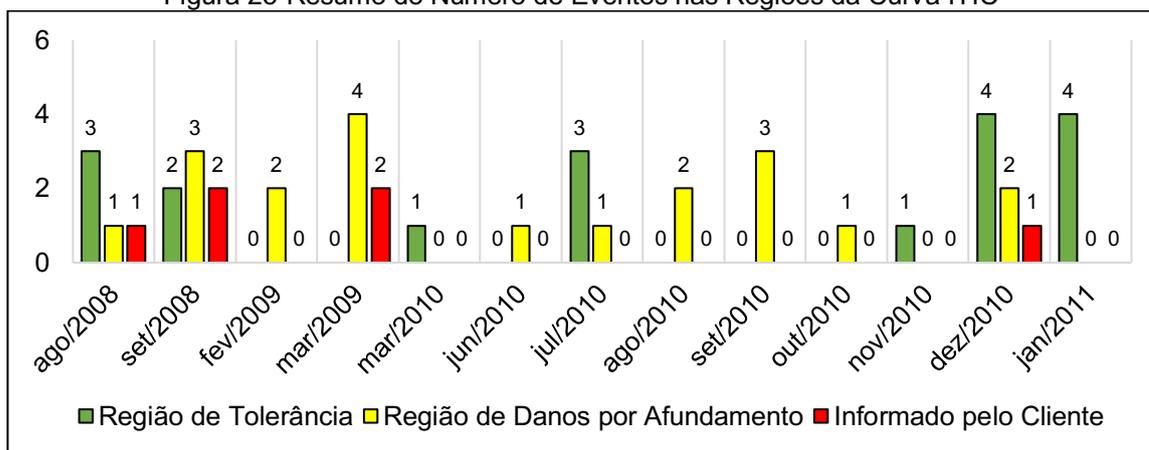
Em contraste, tem-se a Figura 25 que resume a quantidade de dados dentro de cada região da Curva ITIC (Tolerância e Danos), bem como, a percepção do consumidor (indicação de problema). Percebe-se nesta análise que foram registrados eventos na região de danos na curva ITIC, mas que nem todos foram percebidos pelo consumidor. Isso deve-se ao fato de que a curva ITIC não representar a sensibilidade real dos equipamentos do consumidor.

A Figura 26 mostra a contagem dos dados dentro da estratificação pela NRS 048-2 e pode-se ver como esses valores se aproximam do valor limite nas regiões X1 e T no ano de 2010, mas mantêm-se dentro dos valores destes valores de referência.



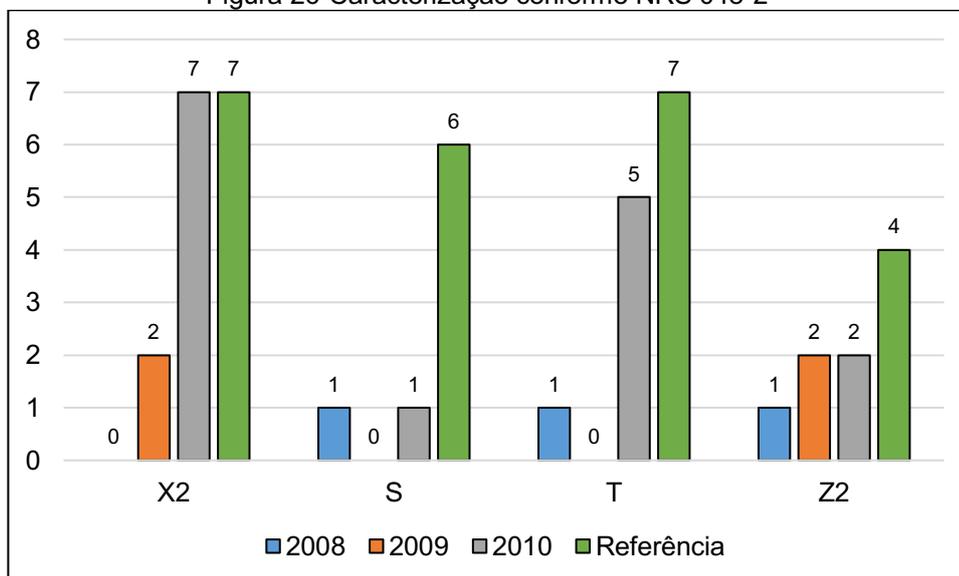
Fonte: Autoria Própria

Figura 25-Resumo do Número de Eventos nas Regiões da Curva ITIC



Fonte: Autoria Pr3pria

Figura 26-Characteriza3o conforme NRS 048-2



Fonte: Autoria Pr3pria

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia desse trabalho analisou como o problema do consumidor pode ser tratado pelo método do procedimento nacional PRODIST a partir do cálculo do Fator de Impacto, pela análise da Curva ITIC e pela estratificação estabelecida na NRS 048-2 para afundamentos de tensão.

Com as análises do FI e da NRS 048-2 não houve transgressão do valor de referência, ou seja, segundo essas duas metodologias o sistema elétrico de distribuição estaria operando dentro de uma condição adequada. Observou-se que metodologia do PRODIST aponta uma condição geral do sistema elétrico e não há caracterização de problema específico ao consumidor, e que a metodologia da NRS 048-2 não considera todos os eventos analisados, visto que a análise abrange um intervalo de duração entre 20ms e 3s.

Diferentemente dessas duas metodologias, a análise da Curva ITIC mostrou que houve a possibilidade de alguns eventos terem causado algum problema para o consumidor, visto que dentre os vários dados dentro da região de possíveis danos por afundamento de tensão, alguns destes eventos foram confirmados pelo consumidor. Isto ocorreu, pois, apesar de a curva analisar o problema específico desse cliente, ela não está adaptada à região de sensibilidade real do mesmo, logo as regiões analisadas podem diferir da real.

Verificou-se neste estudo de caso realizado em um cliente específico, e sem definir sua região real de sensibilidade, que melhorias para atenuação das VTCDs por parte da concessionária tenderam a reduzir o Fator de Impacto, bem como atenuaram os impactos ao cliente. A curva ITIC possibilitou uma análise pontual no consumidor de forma a identificar a sensibilidade dos equipamentos do mesmo. A identificação da sensibilidade dos equipamentos aos diferentes níveis de VTCDs podem auxiliar o consumidor na tomada de ações e escolha de soluções para seus equipamentos mais sensíveis.

REFERÊNCIAS

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA: “Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, Módulo 8, revisão 10, Qualidade da Energia Elétrica”. 2018

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENGENHARIA ELÉTRICA. **Nota técnica 0085/2015: RELATÓRIO DE ANÁLISE DE CONTRIBUIÇÕES (RAC) REFERENTE À AUDIÊNCIA PÚBLICA Nº 82/2015.** 2016. 238 p.

DUGAN, Roger C. et al. **Electrical Power Systems Quality.** 2 ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2002. 528p.

GLOVER, J. Duncan; SARMA, Mulukutla S.; OVERBYE, Thomas J.. **POWER SYSTEM ANALYSIS AND DESIGN.** 5. ed. Stamford: Cengage Learning, 2010.

HEYDT, G.T.. Electric power quality: a tutorial introduction. **IEEE Computer Applications In Power**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 15-19, 1998. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/67.648490>.

INFORMATION TECHNOLOGY INDUSTRY COUNCIL. **APPLICATION NOTE: ITI (CBEMA) Curve Application Note.** Washington, Dc: Iti, 2000.

IEEE, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **IEEE Standard 1159-2009.** IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. June, 2009.

IEEE, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **IEEE Guide for Voltage Sag Indices.** Nova York, 2014.

POWER QUALITY IN ELECTRICAL SYSTEMS. **ITIC CURVE - POWER ACCEPTABILITY CURVE FOR INFORMATION TECHNOLOGY EQUIPMENT.** 2011. Disponível em: <<http://www.powerqualityworld.com/2011/04/itic-power-acceptability-curve.html>>. Acesso em: 09 maio 2018.

POWER QUALITY IN ELECTRICAL SYSTEMS. **CBEMA CURVE – THE POWER ACCEPTABILITY CURVE FOR COMPUTER BUSINESS EQUIPMENT.** 2011. Disponível em: < <http://www.powerqualityworld.com/2011/04/cbema-curve-power-quality-standard.html>>. Acesso em: 26 julho 2020.

MACHADO, Raimundo Nonato das Mercês. **Detecção, Classificação e Quantificação Automática de Variações de Tensão de Curta Duração para Aplicação em Análise de Pós-Operação em Sistemas de Energia Elétrica.** 2006. 159 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

MAMEDE FILHO, João; MAMEDE, Daniel Ribeiro. **Proteção de sistemas elétricos de potência.** Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2011. xi, 594 p. ISBN 9788521618843.

NERSA, NATIONAL ENERGY REGULATOR OF SOUTH AFRICA. **NRS 048-2:2003: ELECTRICITY SUPPLY — QUALITY OF SUPPLY Part 2: Voltage characteristics, compatibility levels, limits and assessment methods.** Johannesburg: Standards South Africa, 2003. Disponível em: <http://www.nersa.org.za/Admin/Document/Editor/file/Electricity/IndustryStandards/NRS048%20part%202.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2020.

SILVA, Murilo da. **Melhoria do Processo da Qualidade Orientada a Atenuação do Impacto Econômico em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica.** 2011. 78 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2011.

SOUZA, L. F. W. de et al. Determinação do Deslocamento Angular Associado a Variações de Tensão de Curta Duração. In: CITENEL, 1., 2001, Brasília. **Resultados dos projetos de P&D realizados nos ciclos 1998/1999 e 1999/2000.** Brasília: --, 2001. p. 1 - 5.