

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Ciro Junqueira Medeiros

**Análise do Impacto de Religamentos nos
Pedidos de Ressarcimento por Danos Elétricos**

Uberlândia, Brasil

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Ciro Junqueira Medeiros

**Análise do Impacto de Religamentos nos Pedidos de
Ressarcimento por Danos Elétricos**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Elétrica, da Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, como item obrigatório parcial ao título de bacharel em engenharia elétrica.

Orientador: Isaque Nogueira Gondim

Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Faculdade de Engenharia Elétrica

Bacharelado em Engenharia Elétrica

Uberlândia, Brasil

2018

Ciro Junqueira Medeiros

Análise do Impacto de Religamentos nos Pedidos de Ressarcimento por Danos Elétricos

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Elétrica, da Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, como item obrigatório parcial ao título de bacharel em engenharia elétrica.

Trabalho aprovado. Uberlândia, Brasil, 13 de dezembro de 2018:

Isaque Nogueira Gondim
Orientador

Professor

Professor

Uberlândia, Brasil
2018

Agradecimentos

Agradeço à oportunidade concedida a mim, de concluir mais uma etapa em minha vida e a conclusão da graduação.

A Deus, Por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A minha mãe, Maria Magaly Junqueira, por todo o suporte, apoio e doação dado durante minha vida.

A minha avó, Maria Adelaide de Castro Junqueira, “In Memoriam”, por todo carinho e momentos inestimáveis.

A minha criadora, Adileuza Alves Araújo Santos, que sempre esteve ao meu lado desde criança, e é uma segunda mãe para mim.

A minha namorada, Ana Luísa, e a toda a minha família e amigos, por todo companheirismo e motivação compartilhados durante essa etapa.

À FEELT (Faculdade de Engenharia Elétrica), pela oportunidade de fazer o curso.

Resumo

Atualmente, pesquisas e desenvolvimentos associados à Qualidade de Energia Elétrica têm sido motivo de debate entre setores da engenharia elétrica preocupados com a garantia da geração e distribuição da energia elétrica, assim como a qualidade da mesma. O presente estudo tem como finalidade fazer uma análise da possibilidade de danos elétricos a seus consumidores a partir de manobras realizadas em subestações de distribuição. As distribuidoras brasileiras, em sua maioria, alegam que grande parte das solicitações de ressarcimento por danos elétricos são geradas devido às manobras feitas nas subestações de distribuição. Tendo esta alegação em vista, esta monografia objetiva realizar testes, com o auxílio do software APR, para observar os efeitos das manobras na subestação em equipamentos elétricos de um consumidor hipotético, e assim observar se estas manobras realmente causam danos representativos nos eletrodomésticos dos consumidores.

Palavras-chave: Ressarcimento, subestação de distribuição, APR, danos elétricos, Qualidade de Energia.

Abstract

Currently, research and development associated with the Quality of Electric Energy has been a motive for debate among sectors of electrical engineering concerned with the guarantee of the generation and distribution of electricity, as well as the quality of the same. The present study has as purpose to make an analysis of the possibility of electric damages to its consumers from the maneuvers carried out in distribution substations. Brazilian distributors, for the most part, claim that most of the claims for compensation for electric damages are generated due to the maneuvers made in the distribution substations. With this claim in mind, this monograph aims to test, with the aid of the APR software, to observe the effects of substation maneuvers on electrical equipment of a hypothetical consumer, and thus to observe if these maneuvers actually cause representative damages in consumers' household appliances.

Key-Words: Replacement, Distribution Substation, APR, Electrical Damage, Power Quality.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Ocorrências na rede primária com danos. Fonte: [1]	12
Figura 2 – Fluxograma de pedido de ressarcimento. Fonte: [2]	20
Figura 3 – Fluxograma de pedido de ressarcimento. Fonte: [2]	21
Figura 4 – Fluxograma de pedido de ressarcimento. Fonte: [2]	22
Figura 5 – Fluxograma de pedido de ressarcimento. Fonte: [2]	23
Figura 6 – Estrutura do aplicativo APR. Fonte: [3]	24
Figura 7 – Tela inicial do APR.	25
Figura 8 – Exemplo de um circuito modelado no APR.	26
Figura 9 – Resultados de uma simulação modelada no APR.	26
Figura 10 – Gráfico gerado pelo APR ilustrando a tensão de um televisor hipotético.	27
Figura 11 – Gráfico gerado pelo APR ilustrando a corrente de um televisor hipotético.	27
Figura 12 – Gráfico gerado pelo APR ilustrando a suportabilidade térmica de um televisor hipotético.	28
Figura 13 – Gráfico gerado pelo APR ilustrando a suportabilidade dielétrica de um televisor hipotético.	28
Figura 14 – Circuito modelado no APR com uma descarga atmosférica no barramento de média tensão.	29
Figura 15 – Modelagem de um distúrbio hipotético no APR.	30
Figura 16 – Solicitação térmica do televisor considerados os efeitos do distúrbio.	30
Figura 17 – Solicitação dielétrica do televisor considerados os efeitos do distúrbio.	31
Figura 18 – Exemplo de transitório. Fonte: [3]	32
Figura 19 – Curva de suportabilidade genérica. Fonte: [3]	33
Figura 20 – Curva de suportabilidade com diferenciação por áreas. Fonte: [3]	34
Figura 21 – Análise das solicitações dielétricas em um equipamento hipotético. Fonte: [3]	35
Figura 22 – Análise das solicitações térmicas em um equipamento hipotético. Fonte: [3]	36
Figura 23 – Simulação no APR.	37
Figura 24 – Parâmetros do disjuntor - APR.	39
Figura 25 – Suportabilidade térmica do televisor tensão AB.	42
Figura 26 – Suportabilidade dielétrica do televisor tensão AB.	42
Figura 27 – Suportabilidade térmica do televisor tensão AN	43
Figura 28 – Suportabilidade dielétrica do televisor tensão AN.	43
Figura 29 – Suportabilidade térmica do refrigerador tensão AB.	44
Figura 30 – Suportabilidade dielétrica do refrigerador tensão AB.	44
Figura 31 – Suportabilidade térmica do refrigerador tensão AN.	45

Figura 32 – Suportabilidade dielétrica do refrigerador tensão AN.	45
Figura 33 – Suportabilidade dielétrica do refrigerador tensão AN - amplificada. . .	46

Lista de tabelas

Tabela 1	–	Dados dos componentes do sistema elétrico.	38
Tabela 2	–	Tabela modelo - exemplo	40
Tabela 3	–	Televisor Tensão Fase-Neutro (127V)	40
Tabela 4	–	Televisor Tensão Fase-Fase (220V)	41
Tabela 5	–	Refrigerador Fase-Neutro (127V)	41
Tabela 6	–	Refrigerador Fase-Fase (220V)	41

Lista de abreviaturas e siglas

APR	Análise de Pedidos de Ressarcimento
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
PRODIST	Procedimentos de Distribuição
SE	Subestação
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
QEE	Qualidade de Energia Elétrica

Lista de símbolos

α	Letra grega Alfa - constante que define o formato da curva de suportabilidade dielétrica e térmica
β	Letra grega Beta - constante que define o formato da curva de suportabilidade dielétrica e térmica
V	Tensão
I	Corrente
V_k	Valor da solicitação dielétrica para um tempo qualquer
I_k	Valor da solicitação térmica para um tempo qualquer
V_i	Valor instantâneo da tensão para um instante de tempo qualquer
I_i	Valor instantâneo da corrente para um instante de tempo qualquer
n	Número de amostras
Y(t)	Valor da tensão ou da corrente admitida pelo equipamento durante um dado intervalo de tempo
Ω	Resistência elétrica
VA	Potência aparente
km	Quilômetro

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Considerações Iniciais	12
1.2	Distúrbios Elétricos	13
1.2.1	Descargas Atmosféricas	14
1.2.2	Curto-circuitos	14
1.2.3	Religamentos	16
1.3	Objetivos	17
2	REGULAMENTAÇÃO BRASILEIRA	18
3	SOFTWARE APR	24
3.1	Layout APR	24
3.2	Cálculo das Solicitações Térmica e Dielétrica	31
3.3	Curva de Suportabilidade	33
3.4	Solicitações Dielétricas e solicitações Térmicas	35
4	ANÁLISE DE RELIGAMENTOS VIA APR	37
4.1	Considerações Iniciais	37
4.2	Simulações dos Casos	39
4.3	Simulação dos Casos	40
4.3.1	Detalhamento de casos	41
5	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	49

1 Introdução

1.1 Considerações Iniciais

Nos últimos anos, a preocupação com a Qualidade de Energia elétrica tem se mostrado cada vez mais evidente e necessária na geração e distribuição de energia elétrica em âmbito global. Dentre suas vertentes, um tema que gera grande discussão tanto entre as concessionárias que promovem a distribuição de energia quanto aos próprios consumidores é o ressarcimento por danos elétricos.

A energia elétrica é considerada um serviço essencial, e, de acordo com a legislação, deve ser garantida com qualidade. Tendo em vista essa assertiva, consequentemente as entidades responsáveis pela energia elétrica, as concessionárias, são responsáveis por eventuais danos que possam ocorrer nos equipamentos elétricos de seus consumidores.

Um dado que geralmente é apontado pelas concessionárias de distribuição de energia no país é que grande parte dos pedidos de ressarcimento de danos elétricos são gerados devido à manobras no disjuntor da subestação de distribuição. De acordo com o artigo Ressarcimento de Danos Elétricos [1], que aborda um levantamento de dados de ocorrência de pedidos de ressarcimento por danos ocorridos na região de Araraquara e Ribeirão Preto, da área de concessão da CPFL, os pedidos deferidos mostram os seguintes resultados: Com origem na rede primária: 41,1%, com origem na rede secundária: 57,7%, e com origem nas linhas de transmissão: 1,2%. Dentre as ocorrências na rede primária que causaram danos em equipamentos, foi verificado conforme a figura 1:

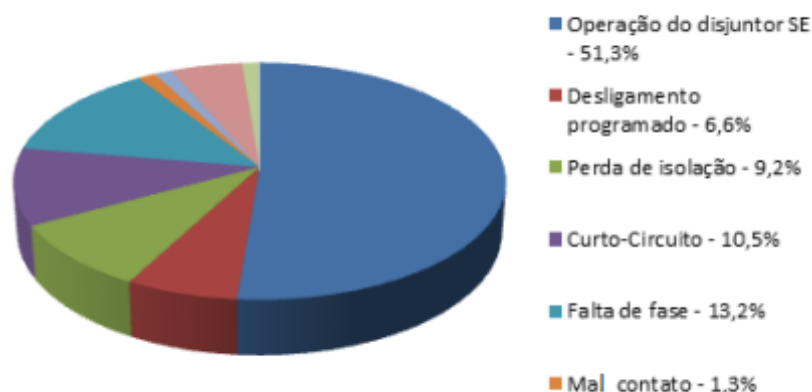


Figura 1 – Ocorrências na rede primária com danos. Fonte: [1]

Nota-se, pela análise do gráfico, que cerca de 51,3% dos danos originados na rede primária que geraram pedidos de ressarcimento foram originados por operações no dis-

junto na subestação de distribuição, o que corresponde a aproximadamente 21,1% das ocorrências totais que causam danos em equipamentos, número este aponta que as manobras nos disjuntores geram uma quantidade significativa de danos nos equipamentos elétricos nas residências dos consumidores no Brasil. Ou seja, a análise do gráfico indica que as concessionárias tem um custo elevado devido à esse tipo de ressarcimento. Tendo em vista este dado, comum pelas concessionárias no Brasil, este trabalho tem como objetivo mensurar, com ajuda de um software dedicado, se de fato é possível observar que a operação no disjuntor de uma subestação de distribuição gera uma quantidade significativa de danos elétricos em equipamentos de consumidores da rede, e se, ainda, os resultados computacionais obtidos apresentam verossimilhança com os dados que estão em posse das concessionárias.

Com o objetivo de se ter um embasamento para subsidiar os pedidos de ressarcimento por danos elétricos, o princípio básico da metodologia adotada trata da correlação entre os eventuais impactos gerados por distúrbios ocorridos na rede e o comportamento da suportabilidade dos equipamentos a serem testados.

Para que seja possível cumprir com o que foi proposto por essa monografia, será utilizado para se obter as conclusões pertinentes à mesma o software designado por APR (Analisador de Pedidos de Ressarcimento), o qual foi produzido utilizando como base a plataforma ATP (Alternative Transients Program). O referido software é capaz de simular um circuito que engloba geração, distribuição e a própria residência do consumidor de energia, na qual é possível adicionar até 27 (vinte e sete) aparelhos eletrodomésticos diferentes, dos quais é possível obter as curvas de suportabilidade térmica e dielétrica, e de corrente e tensão de entrada no equipamento [2]. Desta forma, será possível analisar se uma eventual manobra nos disjuntores em uma subestação de distribuição pode vir a causar danos aos eletrodomésticos em estudo.

Na seção seguinte, será explanado brevemente sobre os fenômenos que resultam em distúrbios elétricos e suas consequências para a rede elétrica.

1.2 Distúrbios Elétricos

Os distúrbios elétricos, causadores de baixa qualidade de energia elétrica, independente da sua causa, podem gerar perdas consideráveis aos consumidores de energia, uma vez que tais distúrbios podem causar o funcionamento incorreto ou até mesmo a queima dos equipamentos conectados à rede elétrica. Com isso, desperta-se uma preocupação por parte das concessionárias de energia elétrica em garantir a qualidade do produto e, por outro lado, desperta-se também o interesse dos usuários de energia em monitorar a qualidade da energia elétrica recebida. Os distúrbios de QEE podem ter duração de 50ns, em transitórios impulsivos, até vários minutos, em afundamentos.[3] Dentre os vários fenô-

menos que podem gerar distúrbios na rede elétrica, focaremos nos de maior relevância no tema deste trabalho:

1.2.1 Descargas Atmosféricas

As descargas atmosféricas são responsáveis por um número significativo de desligamentos nas linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, além da queima de um número considerável de transformadores de distribuição. No Brasil, cerca de 70% dos desligamentos nas linhas de transmissão e 40% nas de distribuição são provocados por raios. Cerca de 40% dos transformadores também são queimados por raios [4].

Tais números causam um impacto considerável na qualidade de energia, o que pode ser apurado pela grade correlação entre a incidência de descargas e os danos averiguados à consumidores residenciais e industriais conectados à rede.

O desligamento de uma linha de transmissão por uma descarga atmosférica é gerado pelo impacto direto da descarga sobre uma fase da linha, gerando uma quebra do isolamento e um curto-circuito na forma de um arco visível entre ela e o cabo guarda, evento este chamado de “flashover”. O desligamento também pode ocorrer pelo impacto direto da descarga sobre o cabo guarda ou a torre, gerando um arco entre ele e uma fase da linha denominada “backflashover”. Neste último caso, o arco é facilitado quando o aterramento do sistema não está bem feito [4]. O desligamento também pode ocorrer devido ao impacto direto da descarga sobre a linha, como também devido à tensão induzida na linha por uma descarga que ocorra próxima ela. Como decorrência, podem ser gerados arcos nas linhas e nos transformadores [4].

Para minimizar o elevado número de desligamentos provocados por raios, diversas técnicas têm sido desenvolvidas, destacando-se entre elas: o aperfeiçoamento dos sistemas de aterramento, de modo a minimizar a impedância de aterramento, e o uso de para-raios. Tais técnicas tendem a ser aplicadas em regiões críticas das linhas, onde a incidência de descargas é maior [4].

1.2.2 Curto-circuitos

Um curto-circuito consiste em um contato entre condutores sob potenciais diferentes. Tal contato pode ser direto (franco ou através de impedância) ou indireto (através de arco voltaico) [5]. Este evento corresponde a uma alteração estrutural abrupta em um Sistema Elétrico de Energia, característica essa que pode gerar alterações bruscas na tensão e na corrente da rede aonde ele ocorre. Os curto-circuitos podem ocorrer em quatro situações diferentes: curto-circuito trifásicos, dupla fase, dupla fase terra e fase terra. Segundo estudo [5], foram constatados os seguintes valores médios para a ocorrência dos tipos de defeitos:

- Curtos-circuitos trifásicos: 5%;
- Curtos-circuitos dupla-fase: 15%;
- Curtos-circuitos dupla-fase-terra: 10%;
- Curtos-circuitos fase-terra: 70%.

Geralmente, os curto circuitos ocorrem em:

- Barramentos das Subestações, quadros elétricos, geralmente devido à ação de elementos externos;
- Linhas aéreas, devido a sobre-tensões de descargas atmosféricas ou ação de elementos externos (aves, ramos de árvores, etc.), ruptura de condutores, isoladores e apoios;
- Cabos subterrâneos, transformadores e máquinas rotativas e aparelhagem de corte, devidos a falhas de isolamento (aquecimento, efeitos mecânicos, envelhecimento, campos elétricos elevados).

Os curto-circuitos podem gerar consequências, dentre as quais:

- Correntes elevadas (significativamente superiores à corrente de carga verificada em condição nominal), que se perdurarem por um longo período de tempo provocam o aquecimento dos condutores e a deterioração irreversível do equipamento;
- Esforços eletrodinâmicos entre fases dos elementos condutores dos equipamentos (barramentos, enrolamentos, etc.), gerados pelas correntes de alta magnitude;
- Variações de tensão, podendo ocorrer quedas de tensão muito elevadas em algumas fases e por vezes elevações de tensão em outras.

Os sistemas elétricos são projetados de forma a ser possível a limitação dos curto-circuitos à área mais restrita possível, mediante a utilização de equipamento apropriado que pode ser operado em condições de curto-circuito sem sofrer degradação das suas condições físicas [6], e da própria impedância dos elementos que compõem o mesmo, como transformadores, linhas de transmissão, entre outros, que tem o efeito de diminuir a corrente de curto circuito. Todavia, a alteração brusca da corrente e tensão na rede fatalmente pode resultar em danos à equipamentos nela conectados, se o curto-circuito não for extinto de forma rápida.

1.2.3 Religamentos

Os religadores são um entre os vários equipamentos pertencentes à uma subestação. Ele consiste em um dispositivo interruptor auto-controlado com capacidade para:

- Detectar condições de sobrecorrente;
- Interromper o circuito se a sobrecorrente persiste por um tempo pré-especificado, segundo a curva $t \times I$;
- Automaticamente religar para re-energizar a linha;
- Bloquear depois de completada a sequência de operação para o qual foi programado.

Como o nome indica, um religador automaticamente religa após a abertura, restabelecendo a continuidade do circuito na eventualidade de faltas (curto-circuitos) de natureza temporária ou desligando o circuito na ocorrência de uma falta permanente [7].

O princípio de funcionamento de um religador pode ser descrito como:

- Opera quando detecta correntes de curto-circuito, desligando e religando automaticamente os circuitos um número pré-determinado de vezes.
- A falta é eliminada em tempo definido pela curva de operação do relé, instantânea ou temporizada.
- Os contatos são mantidos abertos durante determinado tempo, chamado tempo de religamento, após o qual se fecham automaticamente para re-energização da linha.
- Se, com o fechamento dos contatos, a corrente de falta persistir, a sequência abertura/fechamento é repetida até três vezes consecutivas e, após a quarta abertura, os contatos ficam abertos e travados ou bloqueados, então o novo fechamento só poderá ser manual.

A prática comum de uso de religadores automáticos pelas concessionárias de energia elétrica tem reduzido a duração das interrupções de patamares de 1h para menos de 1 min, acarretando em benefícios para as concessionárias quanto aos valores de seus indicadores de continuidade [7]. Os religadores podem ser instalados quer em subestações de distribuição ou em circuitos de distribuição, basicamente em circuitos radiais [7].

Como decorrência do processo de religamento, os dados [1] apontam para um alto índice de danos à equipamentos de consumidores da rede elétrica, o que indica que os religamentos correspondem à uma parcela significativa de processos de ressarcimento por danos elétricos.

1.3 Objetivos

Como foi citado anteriormente, este trabalho tem como objetivo realizar testes em uma situação simulada no software APR para então poder concluir se as manobras realizadas nos disjuntores de uma subestação de distribuição ocasionam um número significativo de danos em equipamentos elétricos dos consumidores da rede secundária.

Para se obter um resultado fidedigno, serão realizados 32 (trinta e dois) testes, que serão organizados da seguinte maneira:

- 8 (oito) testes utilizando um televisor com tensão fase-neutro (127V);
- 8 (oito) testes utilizando um televisor com tensão fase-fase (220V);
- 8 (oito) testes utilizando um refrigerador com tensão fase-neutro (127V);
- 8 (oito) testes utilizando um refrigerador com tensão fase-fase (220V).

Em cada etapa, o tempo das fases do disjuntor da subestação será manipulado para simular uma pequena falta de sincronia no chaveamento, ação esta que será o distúrbio a ser avaliado. Esta dessincronia deve-se, primeiramente, para a obtenção de uma gama maior de resultados além do inicial de abertura e fechamento em tempos iguais, mas também por representar um dado que também é apontado por distribuidoras de energia como possível fator de agravamento para danos elétricos na rede. A metodologia adotada será detalhada mais adiante.

2 Regulamentação Brasileira

Com o intuito da regulamentação dos pedidos de ressarcimento de danos elétricos no Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) disponibiliza o módulo Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional Módulo 9 (PRODIST Módulo 9) [8], que estabelece os procedimentos a serem observados pelas distribuidoras e pelas Agências Estaduais conveniadas no que tange aos processos de ressarcimento de danos elétricos. O módulo trata, dentre outras coisas, do direito de reposição dos equipamentos elétricos danificados dos consumidores de energia elétrica atendidos em tensão igual ou inferior a 2,3 kV, na eventualidade de danos causados por perturbação ocorrida no sistema, instalados em unidades consumidoras, na mesma condição de funcionamento anterior à ocorrência constatada. É previsto, também, a possibilidade de indenização em valor monetário equivalente ao que seria necessário para fazer o equipamento danificado retornar à referida condição, ou, alternativamente, substituição por equipamento equivalente, independentemente de culpa da concessionária. O consumidor tem até 90 (noventa) dias, a contar da data provável da ocorrência do dano elétrico no equipamento, para solicitar o ressarcimento à distribuidora. O mesmo deve fornecer, no mínimo, os seguintes elementos, segundo a referida portaria:

1. Data e horário de prováveis ocorrência dos danos;
2. Informações que provem que o solicitante é o titular da unidade consumidora, ou seu representante legal;
3. Relato do problema apresentado pelo equipamento elétrico;
4. Um laudo de oficina que detalha o dano sofrido pelo equipamento e informa se o dano teve origem elétrica;
5. Descrição e características gerais do equipamento danificado, como marca e modelo.

O módulo também salienta que a distribuidora é responsável por:

1. Disponibilizar meios para o recebimento de solicitações de ressarcimento de dano elétrico dos consumidores da rede elétrica;
2. Fazer análise imparcial das solicitações, sempre de acordo com normas pertinentes;
3. Prestar informações aos consumidores acerca do direito de ser ressarcido por danos ocorridos em função dos serviços de energia elétrica;

4. Solicitar ao consumidor, em tempo hábil, todas as informações necessárias à análise da solicitação;
5. Emitir Resposta ao consumidor e ressarcir-lo pelos danos reclamados, exceto nos casos de indeferimento, caso assim for averiguado;
6. Organizar e manter um processo específico para cada solicitação de ressarcimento de dano elétrico.

O módulo também estabelece que a distribuidora deve investigar a existência do nexo de causalidade, ou seja, cabe a ela averiguar se houveram registros de ocorrências na sua rede, e se essas ocorrências podem ter sido responsáveis pelo dano reclamado. A mesma então, deve informar ao consumidor o resultado da solicitação de ressarcimento, por escrito, em até 15 (quinze) dias, contados a partir da data da verificação ou, alternativamente, a partir da data da solicitação de ressarcimento. Caso o pedido de ressarcimento for deferido, o prazo para a execução é de 20 (vinte) dias, contados a partir da resposta ou do vencimento do prazo da mesma. Ainda, no caso do pedido de ressarcimento ser indeferido, a distribuidora é responsável pela reunião de provas da ocorrência das situações, e deve apresentar ao consumidor um formulário próprio padronizado, por escrito, que contenha detalhadamente as razões para o indeferimento.

A seguir, está esquematizado um fluxograma [2] de um exemplo que ilustra todas as etapas de um pedido de ressarcimento, de forma a resumir o que é descrito no módulo:

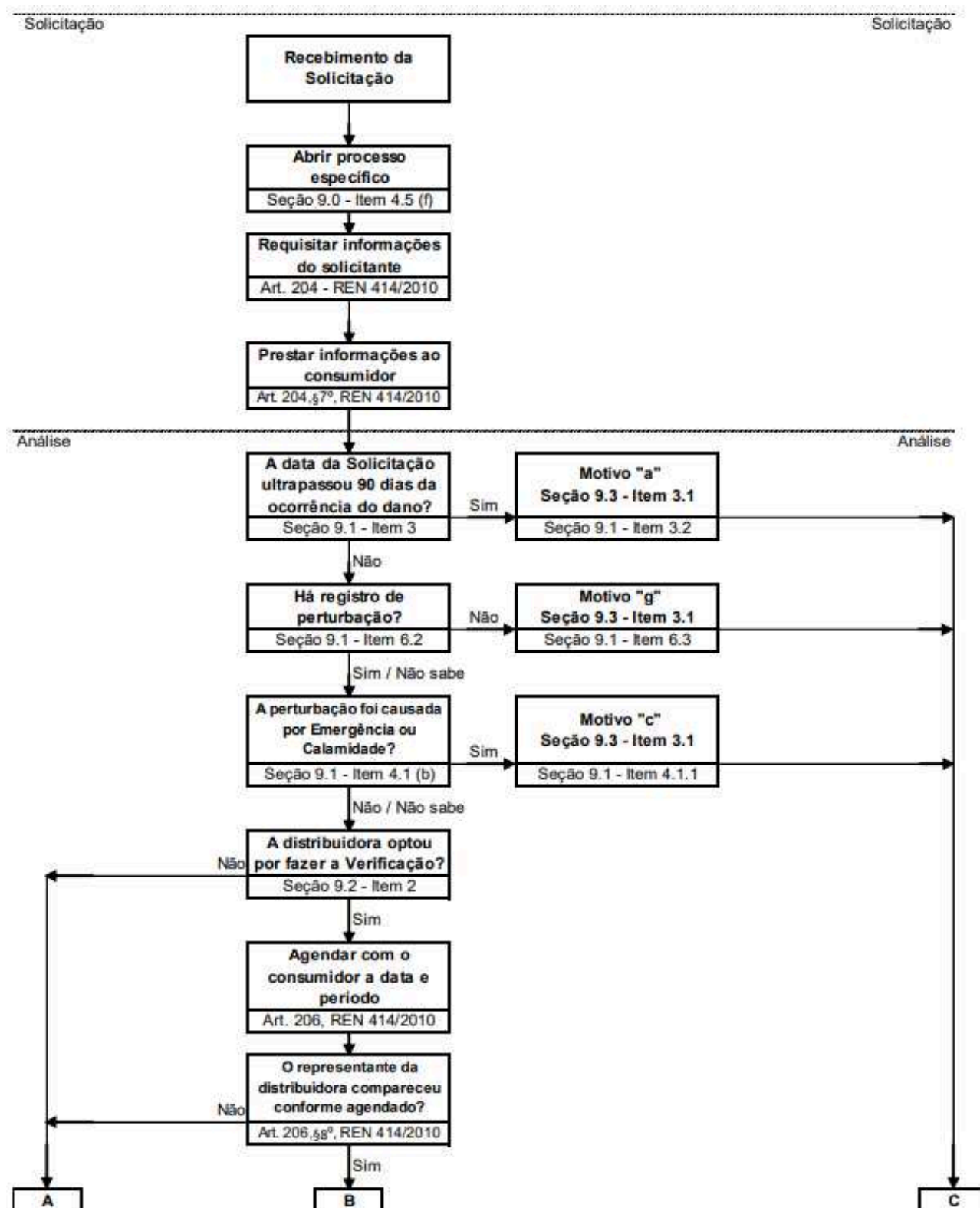


Figura 2 – Fluxograma de pedido de ressarcimento. Fonte: [2]

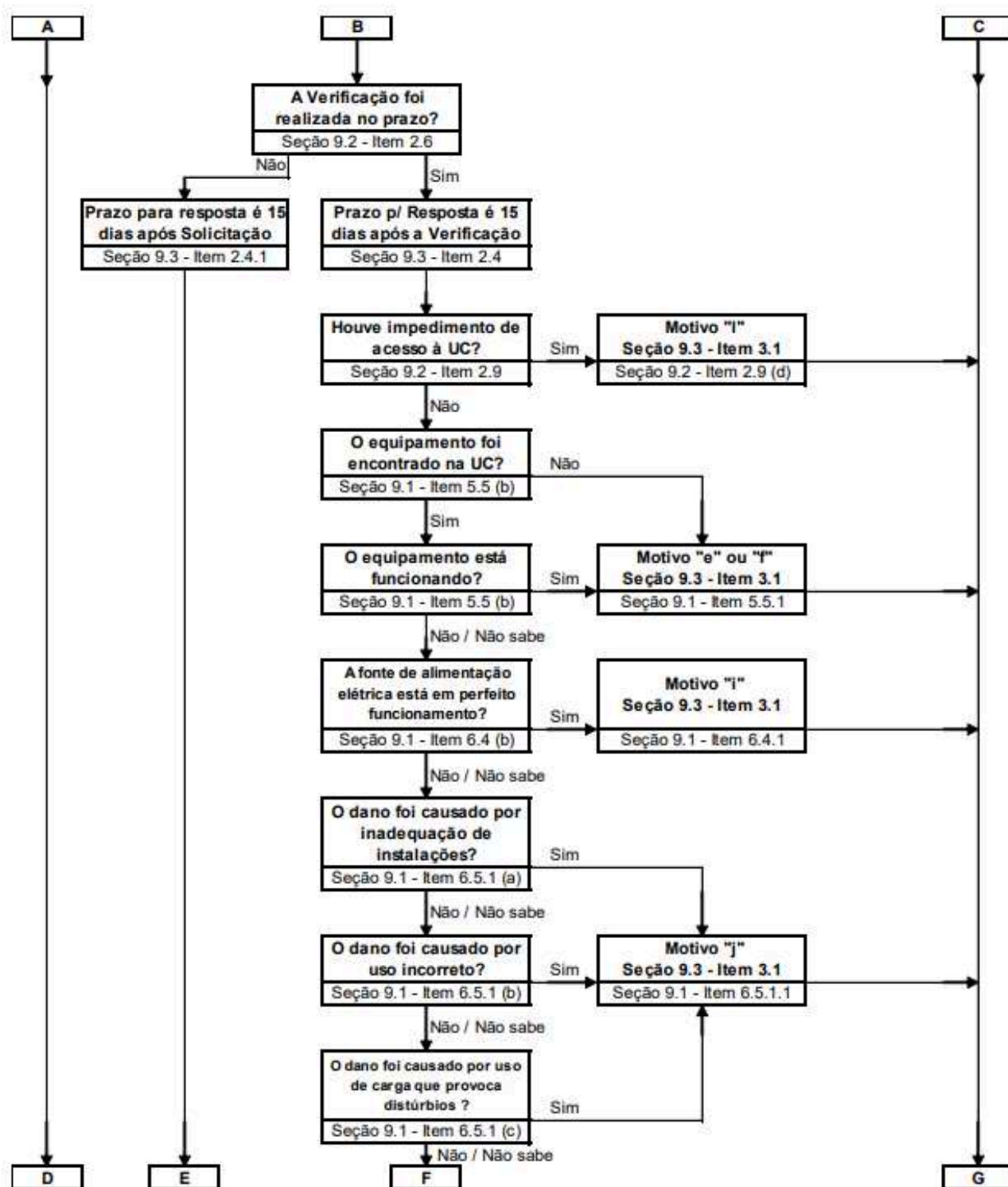


Figura 3 – Fluxograma de pedido de ressarcimento. Fonte: [2]

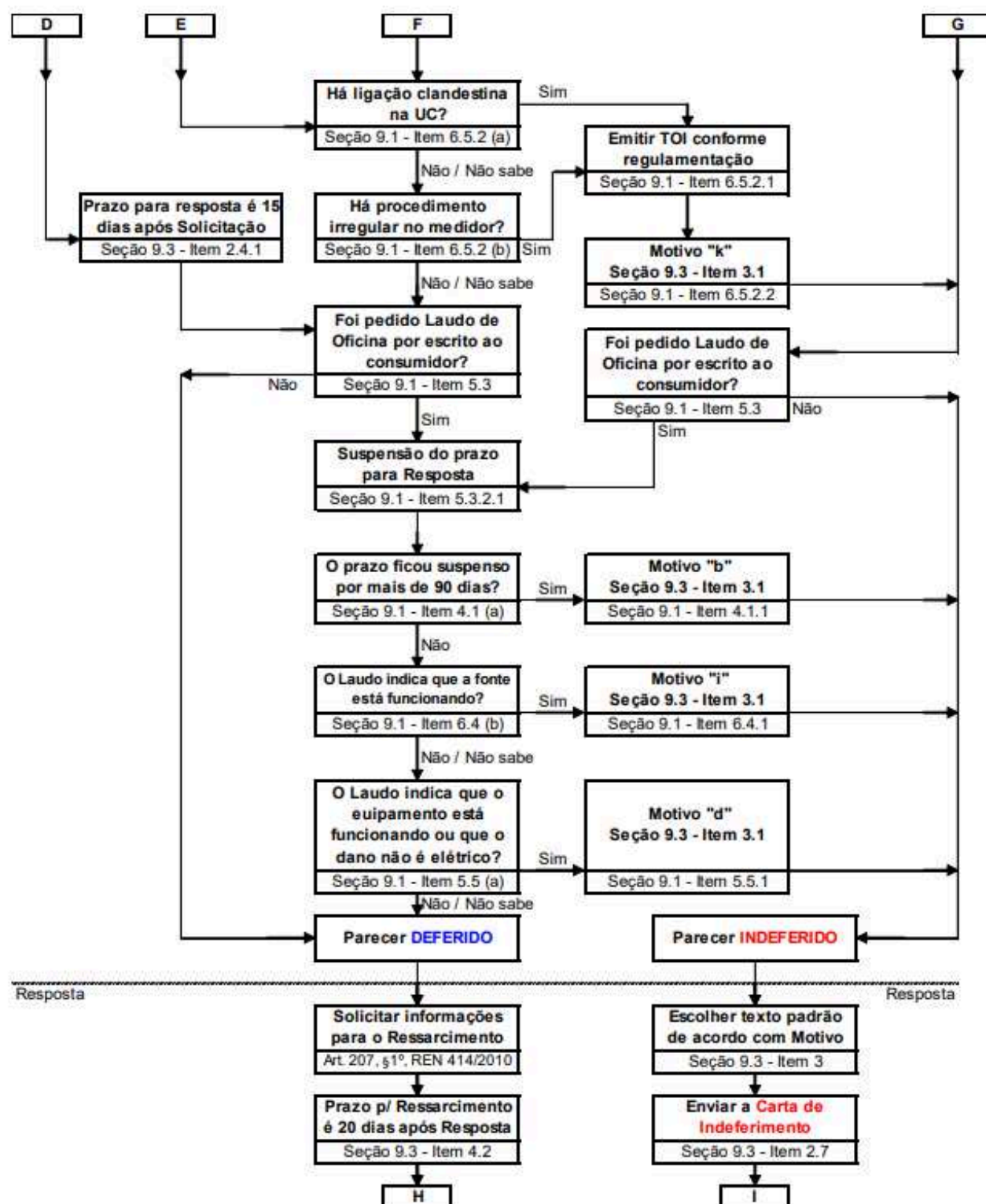


Figura 4 – Fluxograma de pedido de ressarcimento. Fonte: [2]

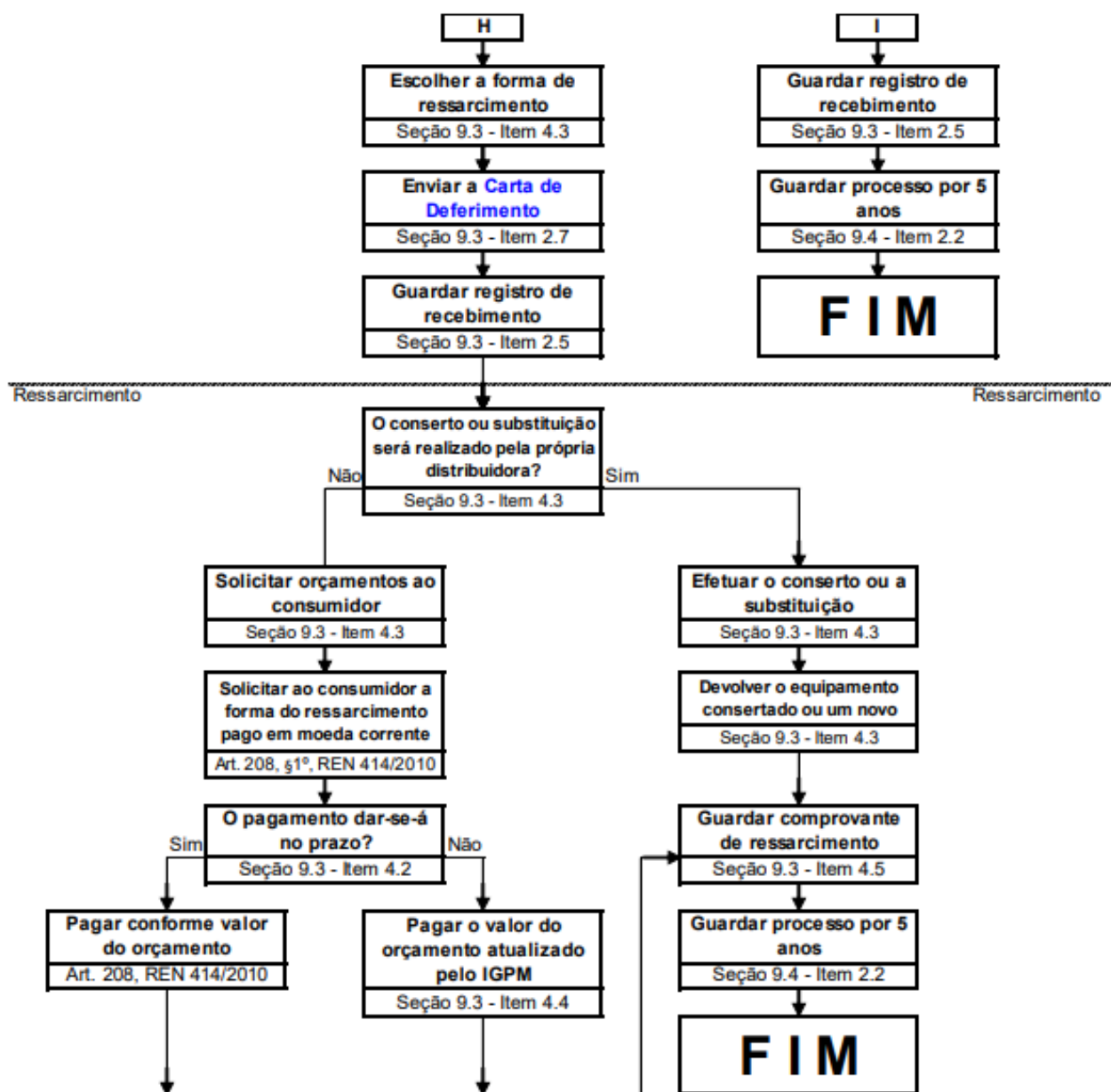


Figura 5 – Fluxograma de pedido de ressarcimento. Fonte: [2]

como foi exposto, cabe a distribuidora verificar se há nexos de causalidade referente a um pedido de ressarcimento. Tendo essa afirmação em vista, além de ser de responsabilidade da concessionária indentificar as causas que podem eventualmente causar danos à equipamentos de consumidores, torna-se imprescindível para as mesmas terem uma informação precisa sobre as ocorrências, para desta forma, a companhia responsável ter um conhecimento preciso sobre a rede de distribuição a qual ela tem jurisprudência que ela tenha 100% de controle sobre os processos de ressarcimento de danos elétricos de sua responsabilidade, para evitar ao máximo os possíveis casos de fraude que possam ocorrer por parte de reclamantes de danos elétricos.

operador através da interface do programa, enquanto que as setas pontilhadas indicam processos internos de comunicação, portanto, independem do usuário. Desta maneira, o operador é responsável somente pela configuração do sistema e visualização dos dados, não tendo contato com os meios com os quais o APR calcula seus parâmetros [3].

A interface gráfica do APR é composta por uma barra (parte de cima da tela) aonde se tem os elementos para a montagem do circuito, e uma área de desenho em branco para a modelagem do diagrama unifilar do sistema. Os componentes podem ser facilmente colocados na área de desenho arrastando-os com o mouse. O usuário, então, tem a opção de manipular os itens conforme desejar, como por exemplo: tensão e nível de curto-circuito de fontes, potência e parâmetros de transformadores, largura e composição de cabos, diversos equipamentos elétricos em uma residência, distúrbios elétricos, etc. A tela inicial do APR é apresentada na figura 7:

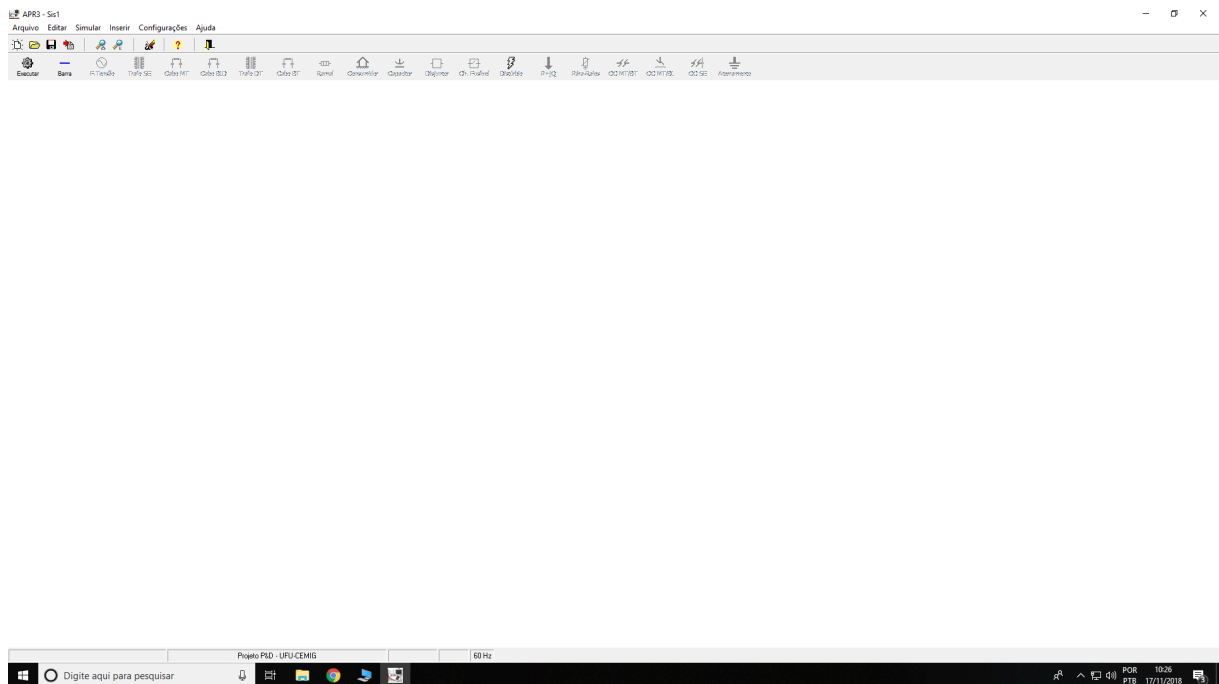


Figura 7 – Tela inicial do APR.

A seguir, um exemplo de um circuito simples modelado no APR:

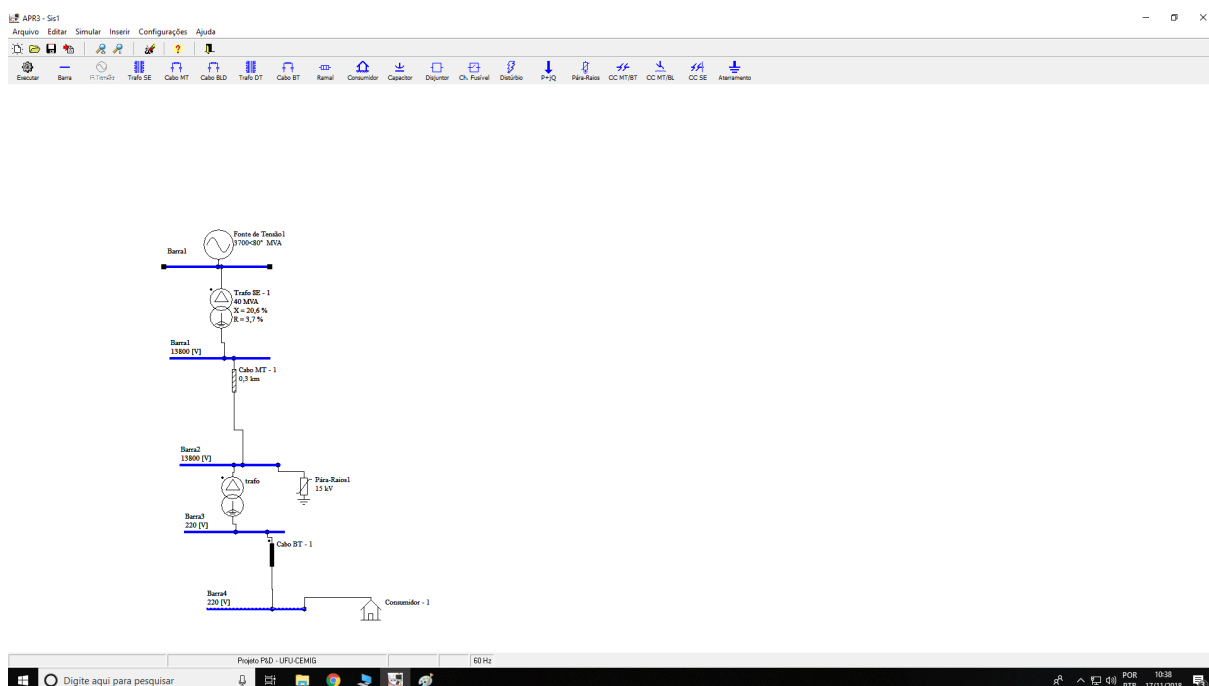


Figura 8 – Exemplo de um circuito modelado no APR.

Após a modelagem do diagrama unifilar, clica-se em "Executar" no canto superior esquerdo para que o programa então disponibilize o resultado da verificação de ressarcimento. Os gráficos da suportabilidade térmica e dielétrica obtidos na simulação podem ser obtidos ao abrir as opções, clicando-se com o botão direito do mouse na residência, e dirigindo-se para a opção "resultados", como pode se observar na imagem a seguir:

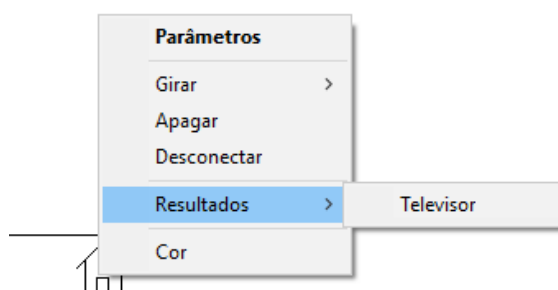


Figura 9 – Resultados de uma simulação modelada no APR.

O programa então mostrará os gráficos de tensão, corrente, e suportabilidades térmica e elétrica. A fim de ilustrar os resultados, a seguir são apresentados os resultados de um televisor hipotético:

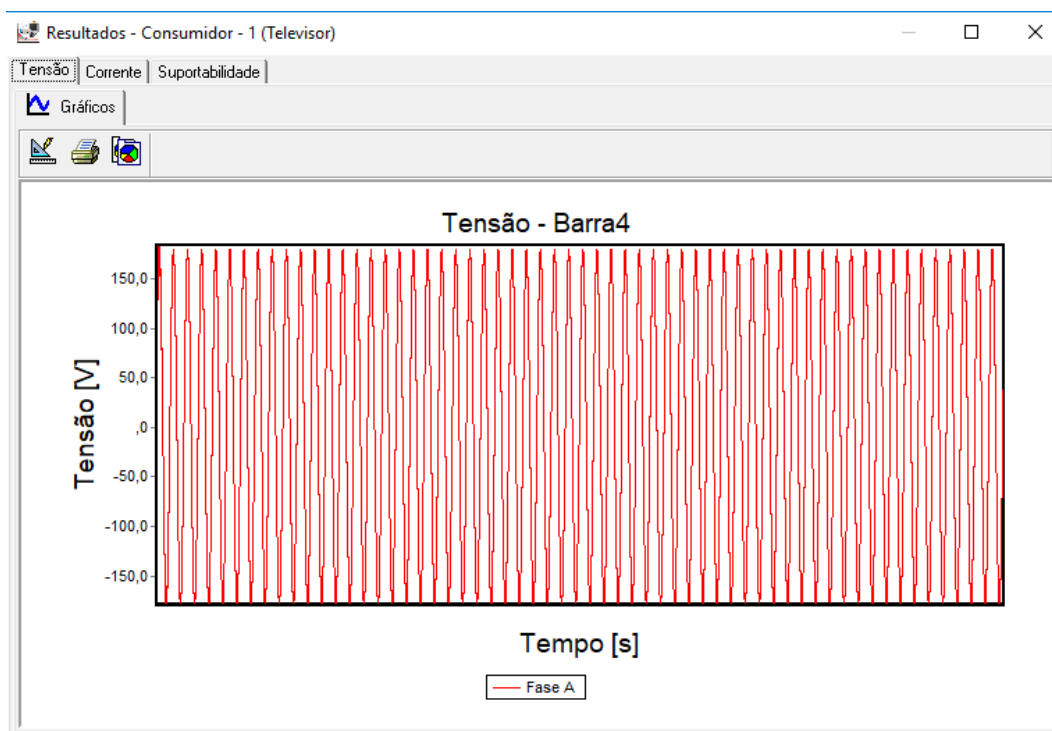


Figura 10 – Gráfico gerado pelo APR ilustrando a tensão de um televisor hipotético.

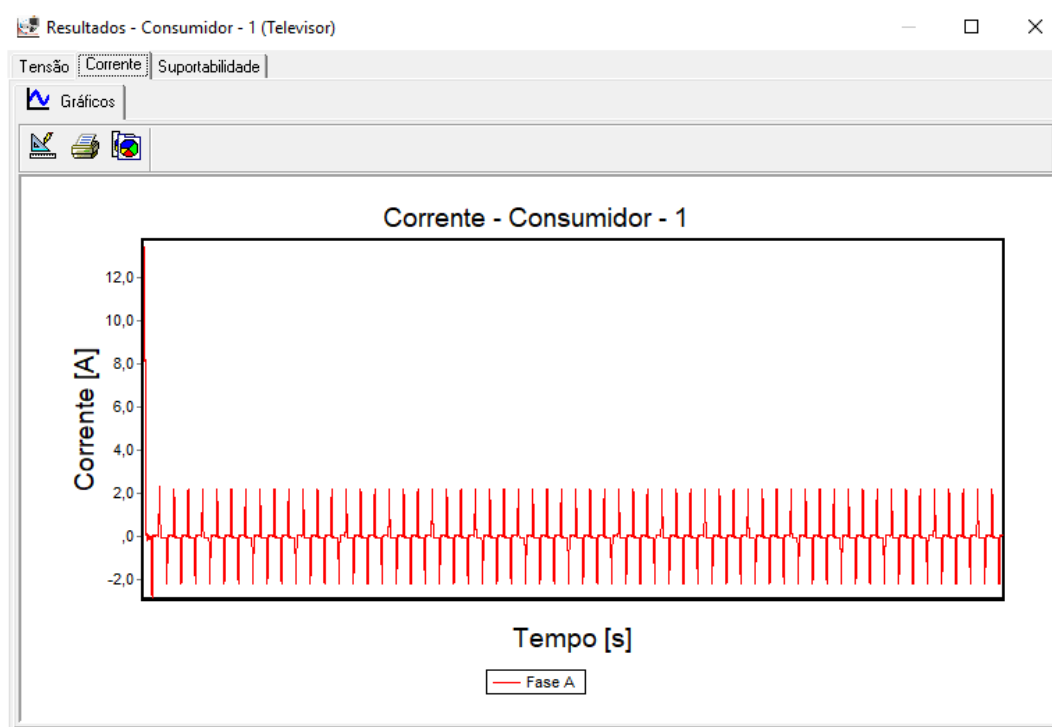


Figura 11 – Gráfico gerado pelo APR ilustrando a corrente de um televisor hipotético.

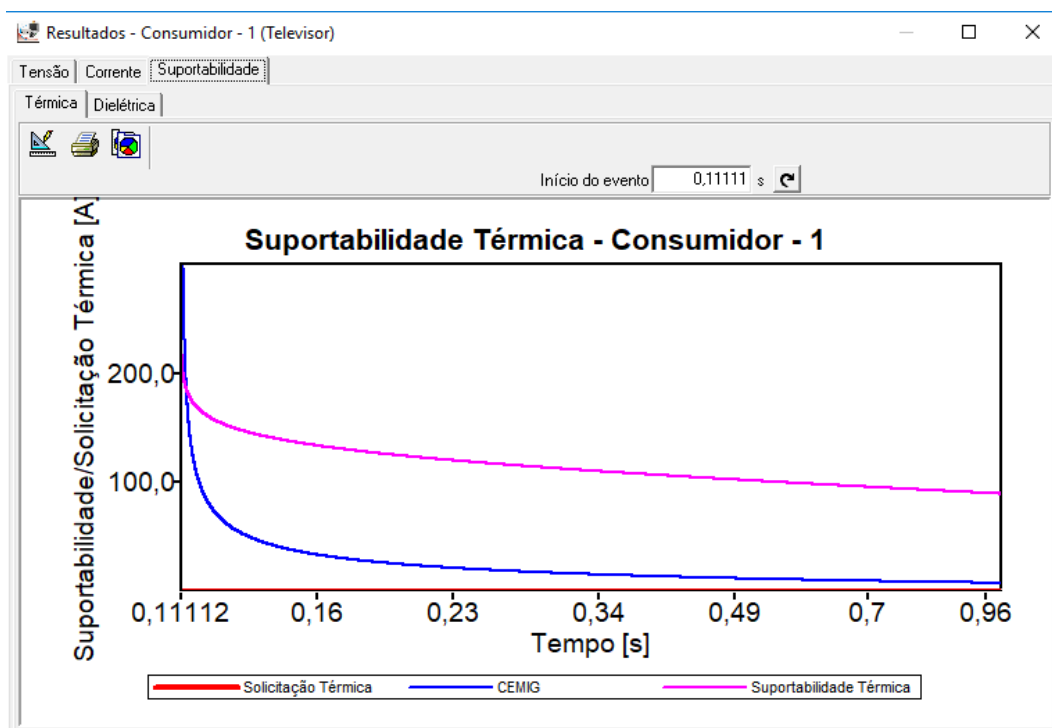


Figura 12 – Gráfico gerado pelo APR ilustrando a suportabilidade térmica de um televisor hipotético.

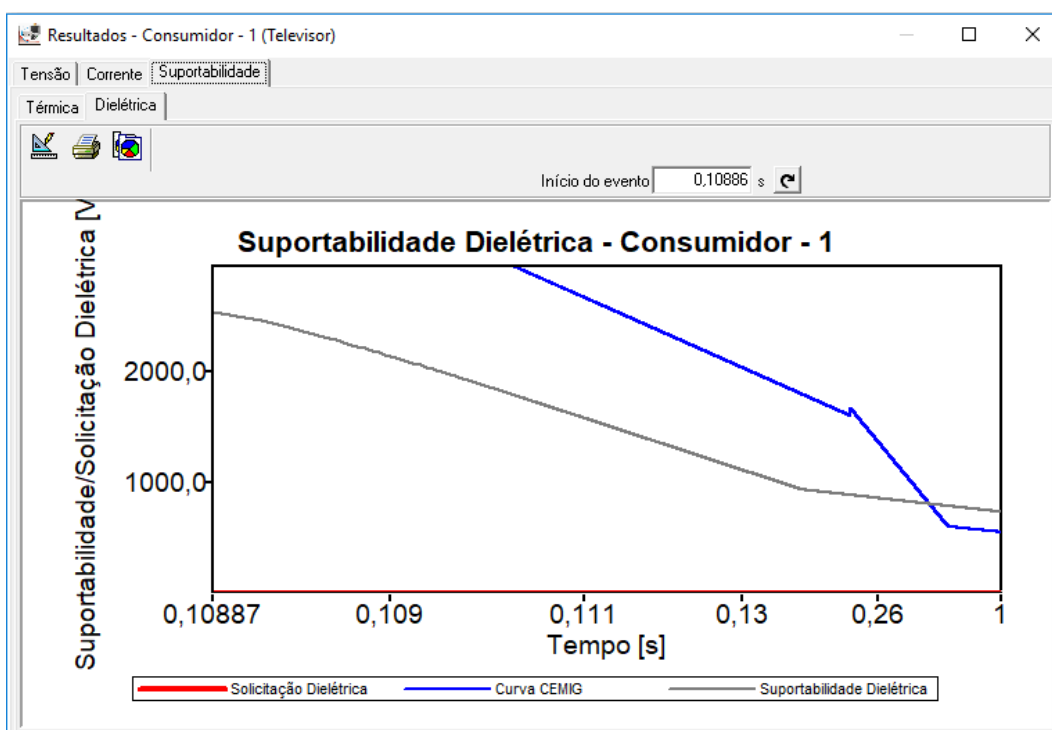


Figura 13 – Gráfico gerado pelo APR ilustrando a suportabilidade dielétrica de um televisor hipotético.

Estas figuras representam um equipamento com as condições normais de operação,

ou seja, sem nenhum distúrbio externo que possa alterar suas condições nominais de operação. Nota-se claramente que as formas de onda de tensão e de corrente estão dentro do esperado, e as curvas de suportabilidade térmica e dielétrica não foram ultrapassadas. Para fins de demonstração, suponhamos que, neste mesmo circuito, aconteça uma descarga atmosférica no barramento de média tensão (13,8kV):

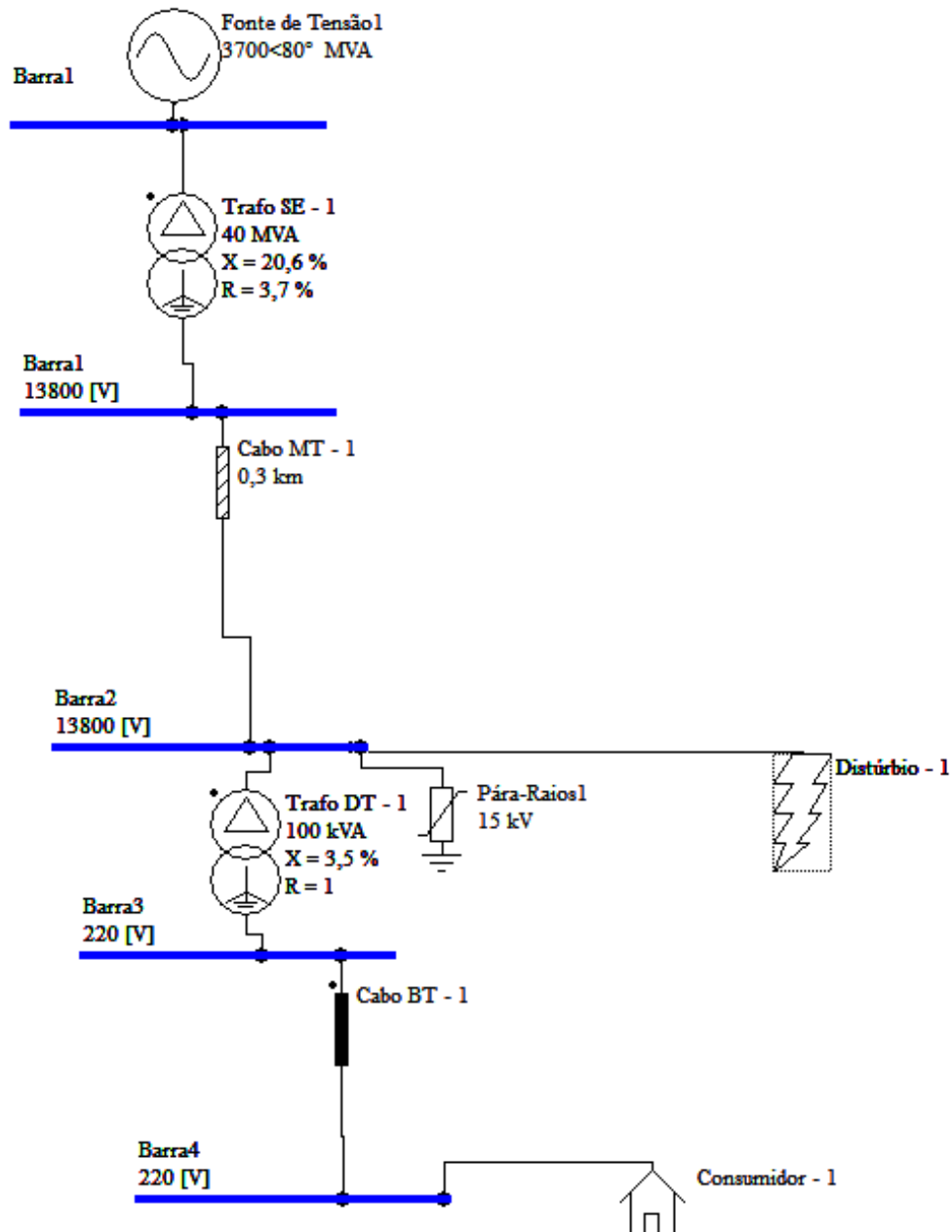


Figura 14 – Circuito modelado no APR com uma descarga atmosférica no barramento de média tensão.

Executando um duplo clique no ícone da distúrbio, é possível modelá-lo nos quesitos de valor de crista, em kA, instante em que ele ocorrerá na simulação, e o tempo de subida e de descida da onda, entre outros parâmetros. Para a ocasião deste exemplo, o

distúrbio será modelado da seguinte maneira:

Figura 15 – Modelagem de um distúrbio hipotético no APR.

Após a execução do programa, as figuras a seguir demonstram os resultados obtidos para as solicitações térmica e dielétrica, respectivamente:

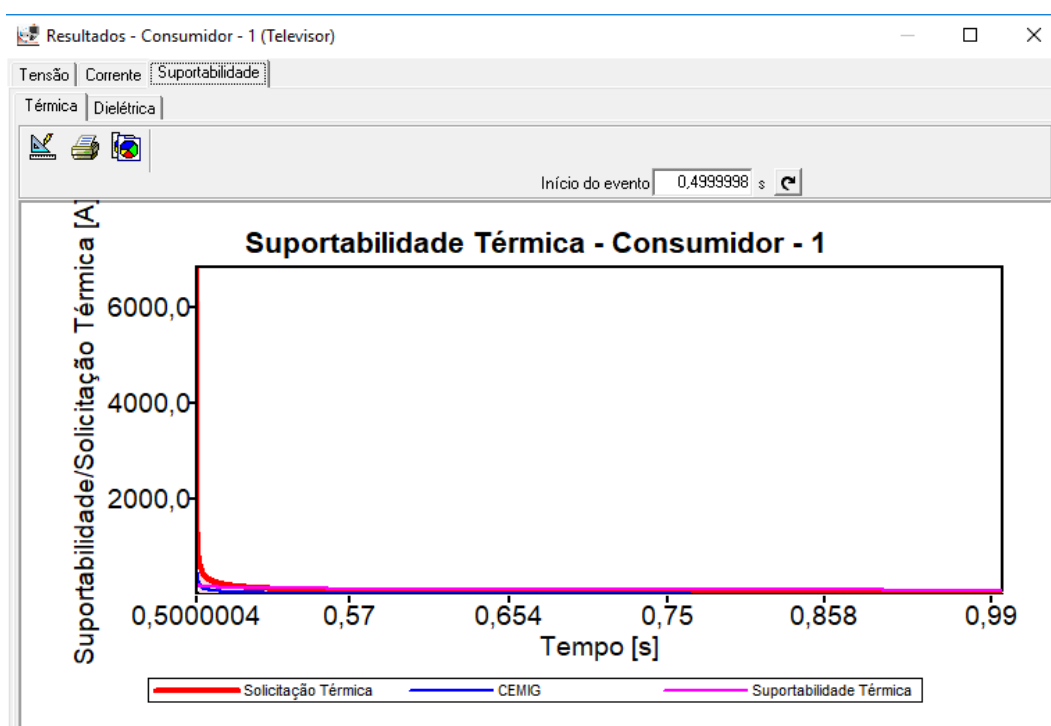


Figura 16 – Solicitação térmica do televisor considerados os efeitos do distúrbio.

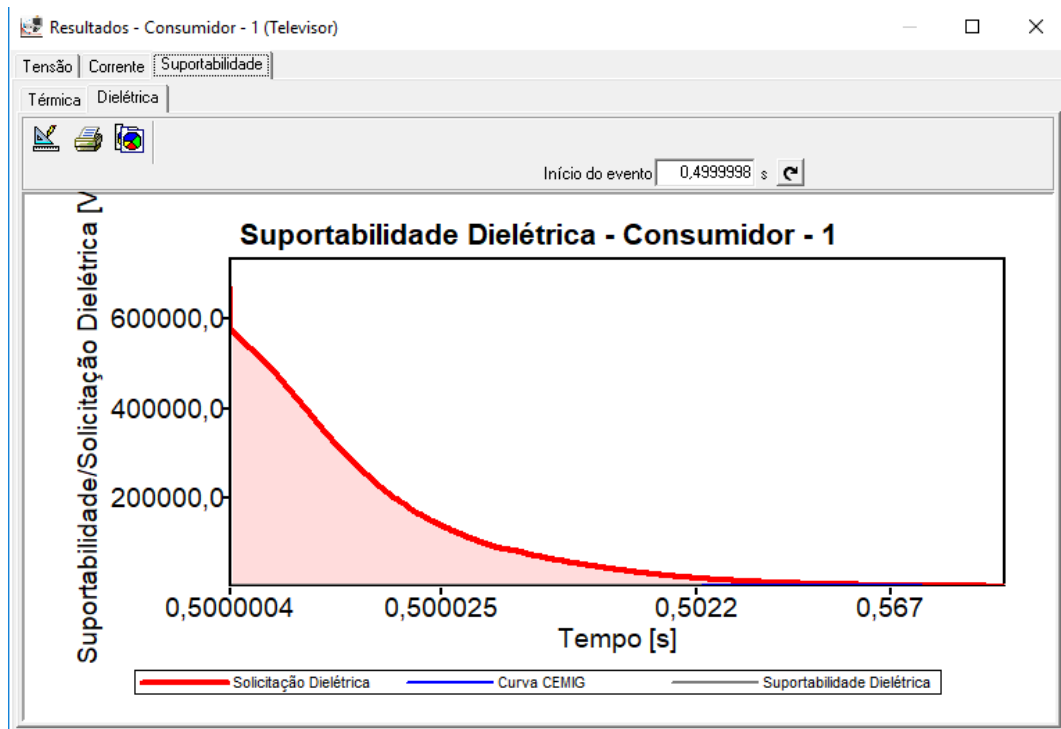


Figura 17 – Solicitação dielétrica do televisor considerados os efeitos do distúrbio.

Pela constatação dos gráficos, pode-se facilmente concluir que as solicitações térmicas e dielétricas foram facilmente ultrapassadas, o que passa um forte indicativo de que houveram danos ao equipamento decorrentes de ruptura de isolamento ou de efeitos térmicos, ou até mesmo ambos os efeitos.

Na próxima seção, será demonstrada a metodologia e o equacionamento que serve de embasamento para a confecção das suportabilidades térmica e dielétrica, assim como o detalhamento da análise a ser feita nestes gráficos.

3.2 Cálculo das Solicitações Térmica e Dielétrica

À seguir, temos um exemplo de um distúrbio de tensão, que pode ser notado pela forma de um transitório oscilatório bastante brusco (uma grande variação de amplitude na onda) que está contido entre os instantes de tempo t_1 e t_2 :

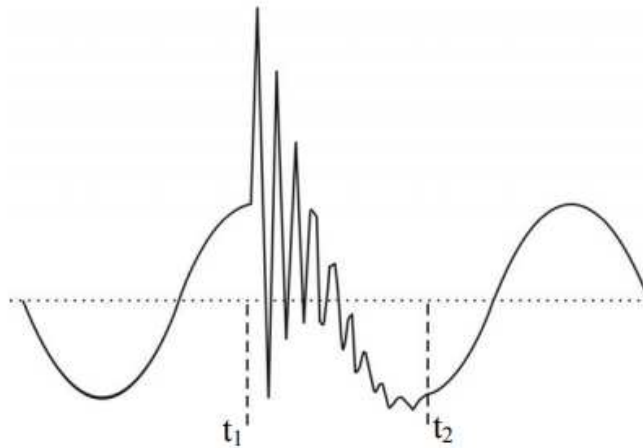


Figura 18 – Exemplo de transitório. Fonte: [3]

Para a conversão do fenômeno observado em uma curva indicativa de tensão ao longo do tempo, o procedimento adotado consiste em discretizar o período de duração do distúrbio e calcular, para cada instante, um indicador que represente o efeito cumulativo da tensão [3].

Para representar este objetivo fielmente, tal indicador será calculado através da seguinte expressão, que poderá ser usada para analisar qualquer tipo de distúrbio de tensão (variações de longa, curta duração, oscilações, etc) [3]:

$$V_k = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n V_i^2}}{n} \quad (3.1)$$

Diferentemente do cálculo convencional de tensão eficaz, a expressão (3.1) possui um intervalo de tempo crescente, que é iniciado pelo instante em que o a perturbação ocorre e perdurando até um incremento Δt escolhido, que é um parâmetro que dependerá do tipo de fenômeno a ser estudado. Para se mitigar erros de estimativas das solicitações dielétricas para fenômenos transitórios, o instante inicial considerado na expressão (3.1) é o que a tensão alcança o seu maior valor. Desta maneira, a curva de solicitação dielétrica tem um comportamento semelhante ao das curvas de suportabilidade dielétricas, que possuem valores instantâneos nos instantes iniciais, e então com o passar do tempo, os valores de tensão vão se aproximando dos valores admissíveis do equipamento em estudo [3].

Analogamente ao que foi explanado em relação à suportabilidade dielétrica, podem-se também ser deduzidos os efeitos causados por distúrbios nas correntes de suprimento [2] Para tal, analogamente ao que foi definido no tratamento da tensão, usa-se o valor eficaz da corrente como unidade representativa. A análise dos efeitos térmicos pode ser

obtida pela seguinte expressão:

$$I_k = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n I_i^2}}{n} \quad (3.2)$$

As equações (3.1) e (3.2) representam o convertimento das tensões e correntes na entrada do equipamento em curvas de suportabilidade, que oferecem um embasamento para a averiguação de danos elétricos em equipamentos de consumidores conectados à rede elétrica supridora.

3.3 Curva de Suportabilidade

A figura à seguir indica um padrão hipotético de uma curva de suportabilidade dielétrica ou térmica de um eletrodoméstico qualquer:

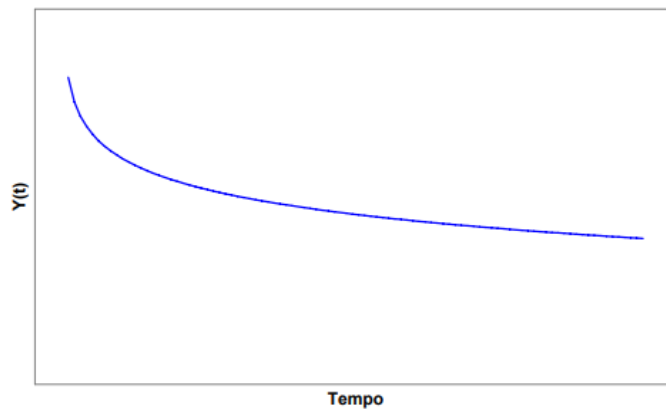


Figura 19 – Curva de suportabilidade genérica. Fonte: [3]

No gráfico anterior, o eixo $Y(t)$ retrata genericamente a corrente ou a tensão admitida pelo equipamento, enquanto o eixo vertical representa o tempo de duração do distúrbio. Caso a corrente ou tensão geradas pelo fenômeno resultem em valores abaixo da curva supracitada, então não seriam observados danos elétricos. Entretanto, caso o distúrbio leve a um valor acima da curva, existe então a possibilidade de dano, o que justificaria o ressarcimento [3].

Tipicamente, as curvas de suportabilidade encontradas seguem um formato que é subdividido em três regiões distintas, onde duas tem um comportamento logarítmico e uma um formato linear. A figura abaixo representa esta composição.

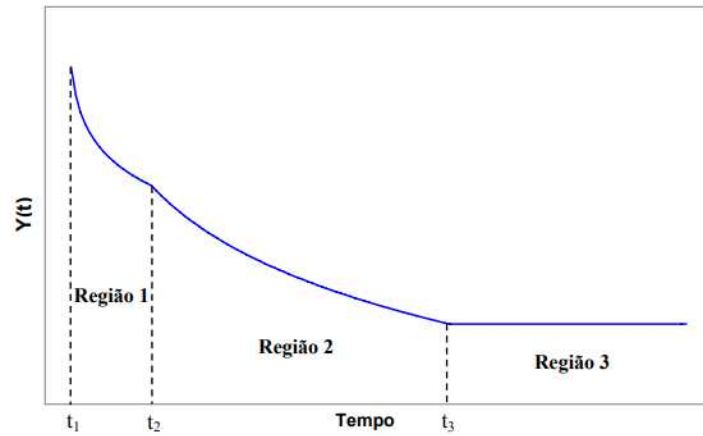


Figura 20 – Curva de suportabilidade com diferenciação por áreas. Fonte: [3]

As diferentes regiões que compõem a curva podem ser equacionadas da seguinte maneira:

- Região 1:

$$Y(t) = \alpha_1 \cdot \log t + \beta_1 \quad (3.3)$$

onde:

$$\alpha_1 = \frac{Y(t_2) - Y(t_1)}{\log t_2 - \log t_1} \quad (3.4)$$

e

$$\beta_1 = Y(t_1) - \alpha_1 \cdot \log t_1 \quad (3.5)$$

ou

$$\beta_1 = Y(t_2) - \alpha_1 \cdot \log t_2 \quad (3.6)$$

$Y(t_1)$ e $Y(t_2)$ = valores de tensão ou corrente admitidos pelo equipamento durante um intervalo t_1 e t_2 , respectivamente.

- Região 2:

$$Y(t) = \alpha_1 \cdot \log t + \beta_1 \quad (3.7)$$

onde:

$$\alpha_1 = \frac{Y(t_2) - Y(t_1)}{\log t_2 - \log t_1} \quad (3.8)$$

e

$$\beta_1 = Y(t_1) - \alpha_1 \cdot \log t_1 \quad (3.9)$$

ou

$$\beta_1 = Y(t_2) - \alpha_1 \cdot \log t_2 \quad (3.10)$$

3.4 Solicitações Dielétricas e solicitações Térmicas

Uma vez de posse das metodologias para a confecção das curvas de solicitações térmicas e dielétricas, o critério para a análise da probabilidade de danos elétricos baseia-se na comparação destes indicadores com os níveis de suportabilidade do equipamento a ser estudado [3]. As figuras a seguir mostram a aplicação da metodologia para um caso genérico de um pedido de ressarcimento gerado por uma perturbação qualquer na rede de distribuição. Enquanto a primeira figura trata de uma análise dielétrica do caso em questão, a segunda figura faz uma análise térmica.

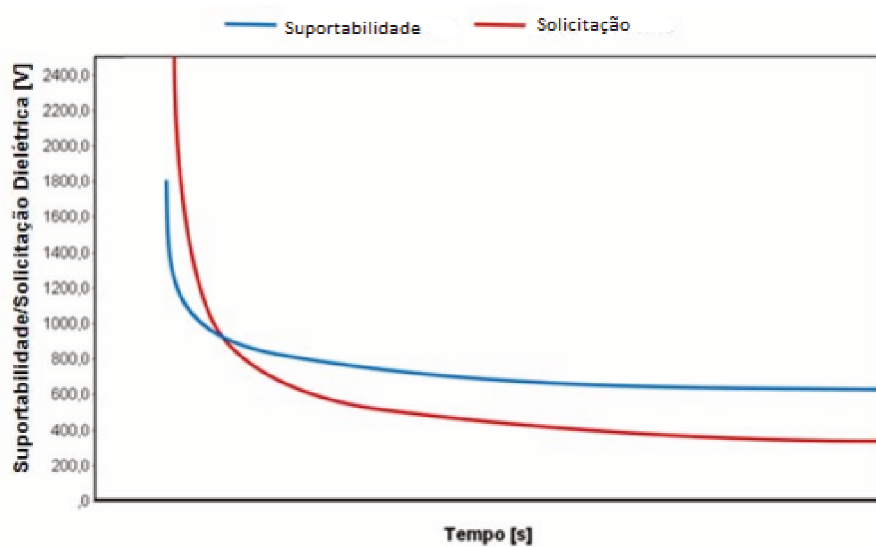


Figura 21 – Análise das solicitações dielétricas em um equipamento hipotético. Fonte: [3]

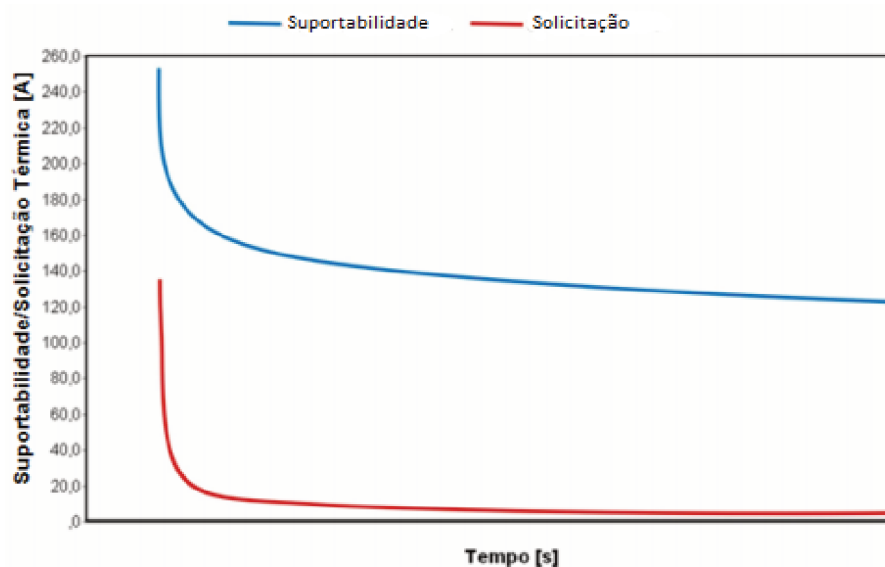


Figura 22 – Análise das solicitações térmicas em um equipamento hipotético. Fonte: [3]

De acordo com a análise dos dois gráficos, fica evidente que, no gráfico da suportabilidade dielétrica, houve uma violação nos limites de tensão admitidos pelo equipamento. Logo, existe a possibilidade de danos devido ao rompimento da isolação do mesmo. Já no segundo gráfico, não houve ultrapassagem da solicitação térmica do aparelho, o que indica que não há possibilidade de danos elétricos advindos de sobreaquecimento.

4 Análise de Religamentos via APR

4.1 Considerações Iniciais

Nos capítulos anteriores, foi explanada a teoria que compreende o ressarcimento de danos elétricos, que engloba o papel das distribuidoras de energia no processo e as causas mais comuns apontadas pelas mesmas como as mais recorrentes de causarem mau funcionamento, e também a legislação corrente que a ANEEL aplica sobre esta questão. Tendo como base a teoria e o equacionamento usados para se construir as curvas de suportabilidade térmica e dielétrica dos equipamentos elétricos, e o aplicativo APR, que modela uma situação-problema para se avaliar a possibilidade de danos por um eventual distúrbio na rede, será apresentado a seguir o intuito deste trabalho, que compreende a comprovação (ou não) de um dado propagado comunmente pelas distribuidoras de energia no Brasil. Para se avaliar a possibilidade de danos devido a manobras no disjuntor da subestação, será usada como exemplo a seguinte estrutura:

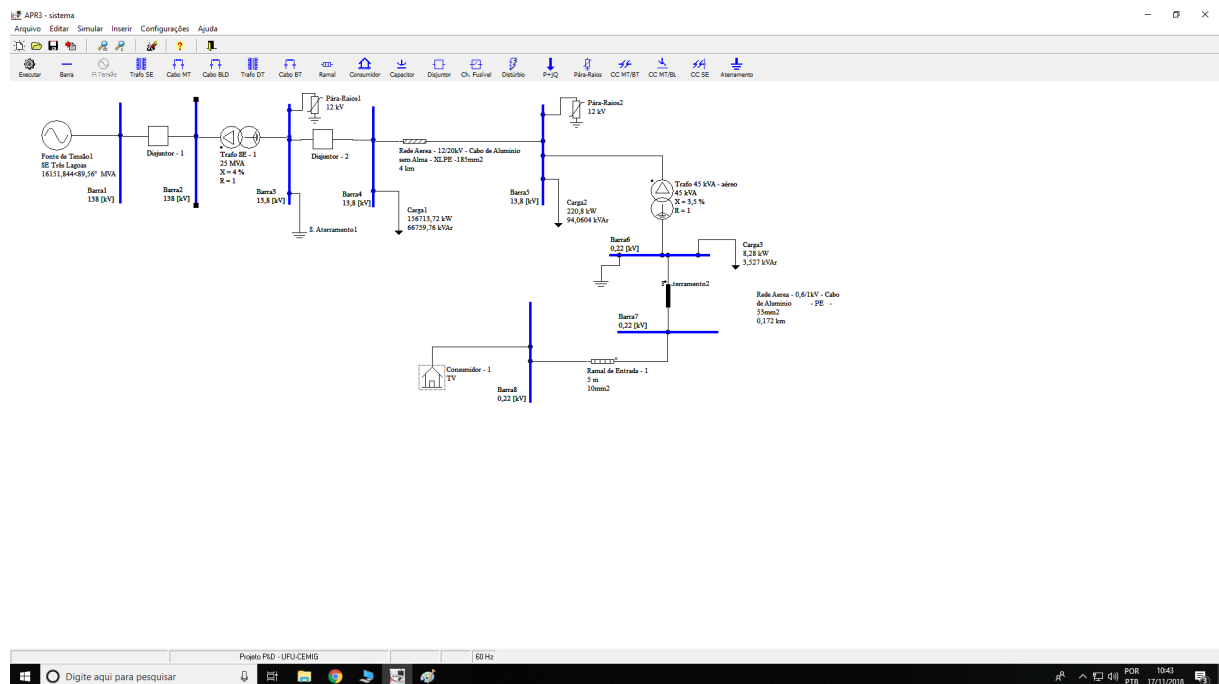


Figura 23 – Simulação no APR.

O diagrama unifilar em questão representa de forma simplificada a geração e distribuição de energia, como todas as suas etapas, que se inicia na geração, representada pela "Fonte de Tensão1", e se finda na residência, que está apresentada por "Consumidor - 1".

Os principais dados do circuito selecionado e seus componentes estão explicitados no conjunto de tabelas a seguir:

Tabela 1 – Dados dos componentes do sistema elétrico.

Fonte de Tensão	
Tensão	138kV
Potência de Curto-Circuito	16151,844MVA
Transformador da Subestação	
Potência	25MVA
Relação de Transformação	138/13,8kV
Impedância	4%
Tipo de Conexão	Delta-Estrela
Rede Aérea - 12/20kV - 4km	
Resistência de sequência positiva	0,286066667 Ω/km
Resistência de sequência zero	0,078266667 Ω/km
Impedância de sequência positiva	0,209033333 Ω/km
Impedância de sequência zero	0,067333333 Ω/km
Transformador de Distribuição	
Potência	45kVA
Relação de Transformação	13,8/0,22kV
Impedância	3,5%
Tipo de Conexão	Delta-Estrela
Rede Aérea - 0,6/1kV - 0,172km	
Resistência de sequência positiva	1,0098 Ω/km
Resistência de sequência zero	0,3457 Ω/km
Impedância de sequência positiva	0,437133333 Ω/km
Impedância de sequência zero	0,306033333 Ω/km

A análise pertinente a este trabalho está direcionada ao "Disjuntor - 2- o disjuntor da subestação, localizado entre o "Trafo SE - 1" e a "Rede Aérea 12/20kV". Através de sua manipulação, serão obtidos os resultados pertinentes para se tomar uma conclusão acerca do tema. Acessando as opções do disjuntor, pode-se observar as seguintes opções:

Figura 24 – Parâmetros do disjuntor - APR.

Como foi comentado previamente, o procedimento que será adotado é o de simular uma pequena dessincronia no momento de abertura e/ou fechamento das fases, da ordem de 0,1 segundos, para então averiguar a possibilidade de dano nos eletrodomésticos escolhidos para este estudo.

Para se efetuar os testes, serão usados um televisor e um refrigerador, ambos com opção de tensão fase-fase (220V, AB) e fase-neutro (127V, AN). O aparelho de TV foi escolhido para a realização dos testes por ser um representante abundante de equipamentos que contam com uma fonte chaveada no seu funcionamento, equipamentos estes que representam uma parcela significativa nas aberturas de processo de ressarcimento.

O refrigerador, por sua vez, é um equipamento de linha branca, ou seja, um eletrodoméstico de maior porte, como microondas, fogão, freezer, etc., que tem a finalidade principal atender a necessidades básicas em uma residência. Dentre essa classe de eletrodomésticos, o refrigerador corresponde a um número significativo de danos elétricos, razão esta que motivou a sua escolha para o teste.

Tendo feitas as considerações supracitadas que explanam as escolhas dos eletrodomésticos a serem avaliados, na seção a seguir será explicada a metodologia adotada para a execução e obtenção dos resultados.

4.2 Simulações dos Casos

As simulações serão executadas conforme exemplificado na seguinte tabela:

Em cada uma das tabelas, nota-se quatro colunas: Três representando as tensões de fase da saída do transformador de distribuição (Fases A, B e C) e uma coluna intitulada de

Tabela 2 – Tabela modelo - exemplo

Fase A	Fase B	Fase C	Resultado
0,60/0,61	0,60/0,62	0,60/0,61	
0,60/0,61	0,60/0,62	0,60/0,62	
0,60/0,62	0,60/0,61	0,60/0,61	
0,60/0,62	0,60/0,62	0,60/0,61	
0,59/0,60	0,59/0,60	0,58/0,60	
0,59/0,60	0,58/0,60	0,59/0,60	
0,58/0,60	0,59/0,60	0,59/0,60	
0,58/0,60	0,58/0,60	0,59/0,60	

"Resultado". Nas colunas referentes às tensões de fase, existem dois números. O primeiro representa o instante de abertura do disjuntor da fase da coluna, e o segundo número trata do instante de fechamento da fase, ambos em segundos (s). A coluna "Resultado" indicará a possibilidade, ou não de ocorrência de danos. O resultado "sim" indica que existe a possibilidade de a manobra ter causado danos, tanto por violação da suportabilidade dielétrica ou térmica, ou ambas. Já o resultado "não" aponta que a operação não causou a transgressão dos níveis de tensão e de corrente admitidos pelo aparelho, então, não há possibilidades de dano no caso.

4.3 Simulação dos Casos

Levando a explicação supracitada em consideração, a seguir serão apresentadas as tabelas que compreendem os resultados obtidos através das simulações no APR:

Tabela 3 – Televisor Tensão Fase-Neutro (127V)

Fase A	Fase B	Fase C	Resultado
0,60/0,61	0,60/0,62	0,60/0,61	<i>não</i>
0,60/0,61	0,60/0,62	0,60/0,62	<i>não</i>
0,60/0,62	0,60/0,61	0,60/0,61	<i>não</i>
0,60/0,62	0,60/0,62	0,60/0,61	<i>não</i>
0,59/0,60	0,59/0,60	0,58/0,60	<i>não</i>
0,59/0,60	0,58/0,60	0,59/0,60	<i>não</i>
0,58/0,60	0,59/0,60	0,59/0,60	<i>não</i>
0,58/0,60	0,58/0,60	0,59/0,60	<i>não</i>

Ficou nítido, ao observar a coluna "Resultados" nas tabelas acima, que não houve danos à nenhum equipamento em nenhum dos casos analisados.

Tabela 4 – Televisor Tensão Fase-Fase (220V)

Fase A	Fase B	Fase C	Resultado
0,60/0,61	0,60/0,62	0,60/0,61	<i>não</i>
0,60/0,61	0,60/0,62	0,60/0,62	<i>não</i>
0,60/0,62	0,60/0,61	0,60/0,61	<i>não</i>
0,60/0,62	0,60/0,62	0,60/0,61	<i>não</i>
0,59/0,60	0,59/0,60	0,58/0,60	<i>não</i>
0,59/0,60	0,58/0,60	0,59/0,60	<i>não</i>
0,58/0,60	0,59/0,60	0,59/0,60	<i>não</i>
0,58/0,60	0,58/0,60	0,59/0,60	<i>não</i>

Tabela 5 – Refrigerador Fase-Neutro (127V)

Fase A	Fase B	Fase C	Resultado
0,60/0,61	0,60/0,62	0,60/0,61	<i>não</i>
0,60/0,61	0,60/0,62	0,60/0,62	<i>não</i>
0,60/0,62	0,60/0,61	0,60/0,61	<i>não</i>
0,60/0,62	0,60/0,62	0,60/0,61	<i>não</i>
0,59/0,60	0,59/0,60	0,58/0,60	<i>não</i>
0,59/0,60	0,58/0,60	0,59/0,60	<i>não</i>
0,58/0,60	0,59/0,60	0,59/0,60	<i>não</i>
0,58/0,60	0,58/0,60	0,59/0,60	<i>não</i>

Tabela 6 – Refrigerador Fase-Fase (220V)

Fase A	Fase B	Fase C	Resultado
0,60/0,61	0,60/0,62	0,60/0,61	<i>não</i>
0,60/0,61	0,60/0,62	0,60/0,62	<i>não</i>
0,60/0,62	0,60/0,61	0,60/0,61	<i>não</i>
0,60/0,62	0,60/0,62	0,60/0,61	<i>não</i>
0,59/0,60	0,59/0,60	0,58/0,60	<i>não</i>
0,59/0,60	0,58/0,60	0,59/0,60	<i>não</i>
0,58/0,60	0,59/0,60	0,59/0,60	<i>não</i>
0,58/0,60	0,58/0,60	0,59/0,60	<i>não</i>

4.3.1 Detalhamento de casos

Com a finalidade de ilustrar alguns casos executados nas etapas acima, apresenta-se, na sequência, alguns exemplos dos casos simulados onde foram obtidos os resultados que mais se aproximaram de um possível dano ao equipamento. São eles, respectivamente:

- O televisor com tensão AB (220V) e tempos de abertura/fechamento de fases A, B e C de 0,60/0,61; 0,60/0,62; 0,60/0,61;
- O televisor com tensão AN (127V) e tempos de abertura/fechamento de fases A, B e C de 0,60/0,61; 0,60/0,62; 0,6/0,61;

- O refrigerador com tensão AB (220V) e tempos de abertura/fechamento de fases A, B e C de 0,59/0,60; 0,59/0,60; 0,58/0,60;
- O refrigerador com tensão AN (127V) e tempos de abertura/fechamento de fases A, B e C de 0,59/0,60; 0,59/0,60; 0,58/0,60;

Seguem as representações gráficas das suportabilidades térmicas e dielétricas, respectivamente, dos casos citados acima:

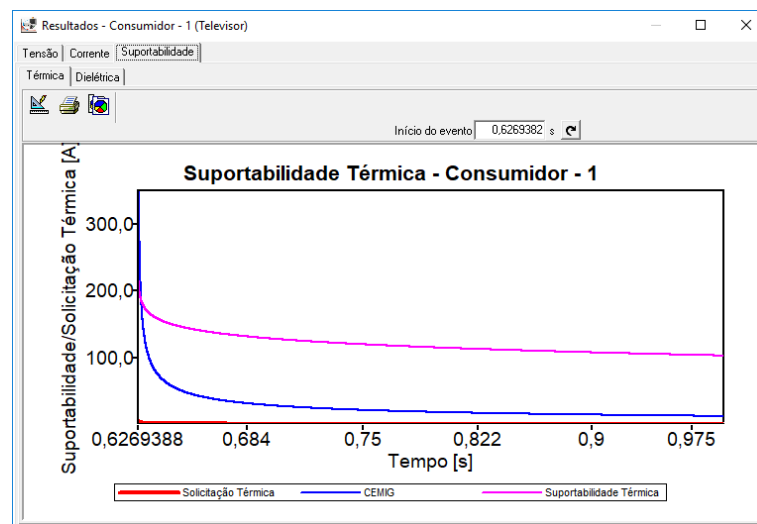


Figura 25 – Suportabilidade térmica do televisor tensão AB.

No gráfico de suportabilidade térmica do televisor de tensão AB, fica evidente que o evento não causou nenhum dano relacionado à sobreaquecimento, pois a solicitação térmica resultante ficou relativamente distante da suportabilidade térmica.

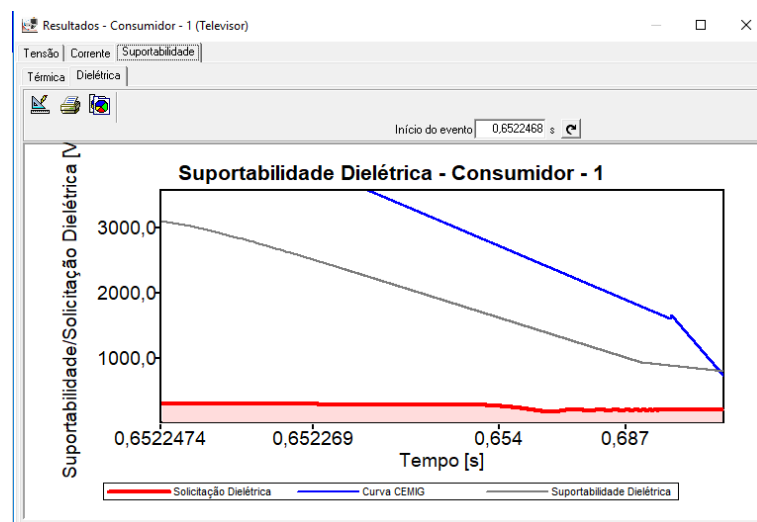


Figura 26 – Suportabilidade dielétrica do televisor tensão AB.

No caso da suportabilidade dielétrica do mesmo televisor mencionado acima, também observa-se que não houveram danos de natureza dielétrica, pois a solicitação dielétrica está afastada da suportabilidade dielétrica.

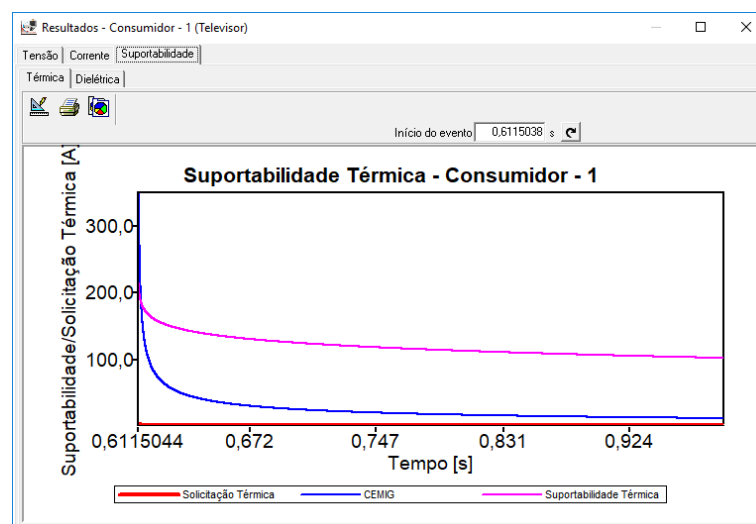


Figura 27 – Suportabilidade térmica do televisor tensão AN

Nesta ilustração referente ao televisor de tensão AN, fica claro que não houveram danos relacionados ao sobreaquecimento, conclusão esta tirada do fato de as curvas de solicitação térmica e suportabilidade térmica estarem distantes entre si.

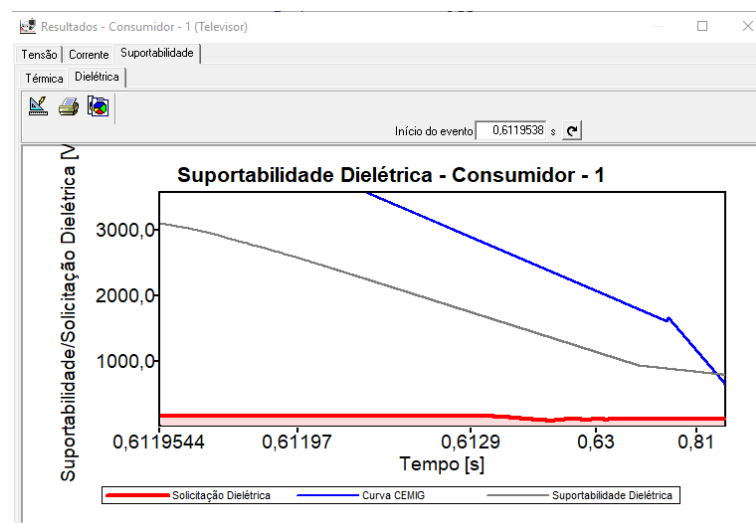


Figura 28 – Suportabilidade dielétrica do televisor tensão AN.

Observando o gráfico da suportabilidade dielétrica do mesmo televisor, da mesma forma que no caso anterior, pelo fato de as curvas de suportabilidade dielétrica e solicitação dielétrica estarem distantes, não houve nenhum dano relacionado a este efeito.

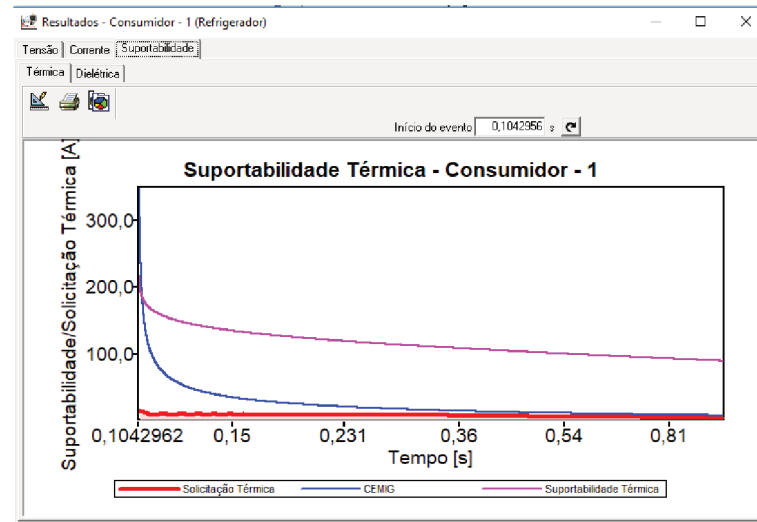


Figura 29 – Suportabilidade térmica do refrigerador tensão AB.

Na ilustração da suportabilidade térmica do refrigerador de tensão AB, as curvas de solicitação térmica e suportabilidade térmica resultantes do evento se aproximam perto do instante de tempo 0,64 segundos, mas a solicitação, ainda sim, não foi ultrapassada, o que leva a conclusão que não existe possibilidade de danos resultantes por efeito térmico neste caso.

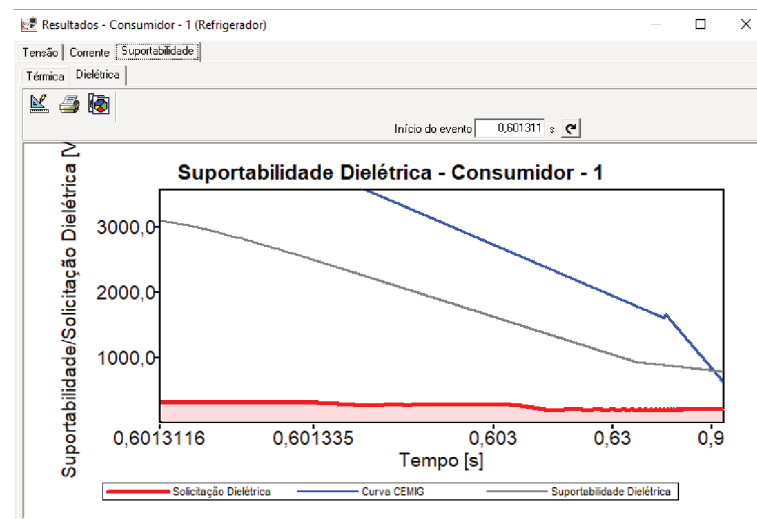


Figura 30 – Suportabilidade dielétrica do refrigerador tensão AB.

Em referência à suportabilidade dielétrica do mesmo refrigerador supracitado, fica evidente que a solicitação dielétrica não é ultrapassada devido à ocorrência, portanto, não se observou danos de natureza dielétrica neste caso.

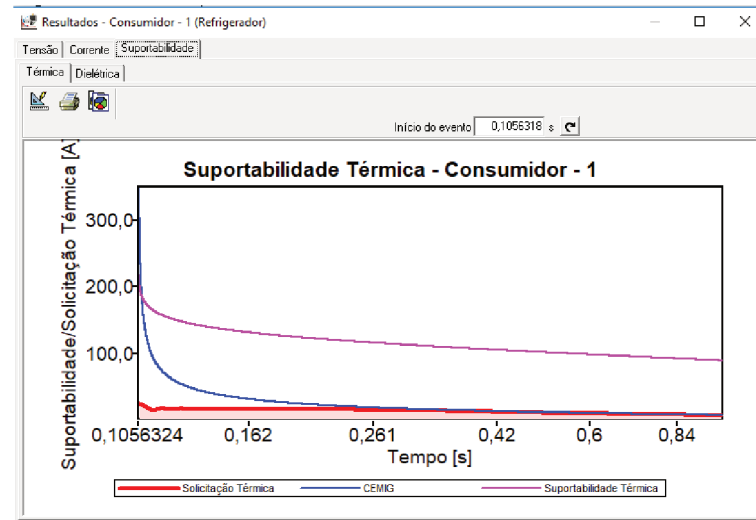


Figura 31 – Suportabilidade térmica do refrigerador tensão AN.

No gráfico de suportabilidade térmica do refrigerador de tensão AN, as curvas de solicitação e suportabilidade térmica se aproximam consideravelmente, porém, a solicitação térmica não foi ultrapassada, como é ilustrado na ampliação da imagem (vide Figura 38). Portanto, não foram observados danos por sobreaquecimento.

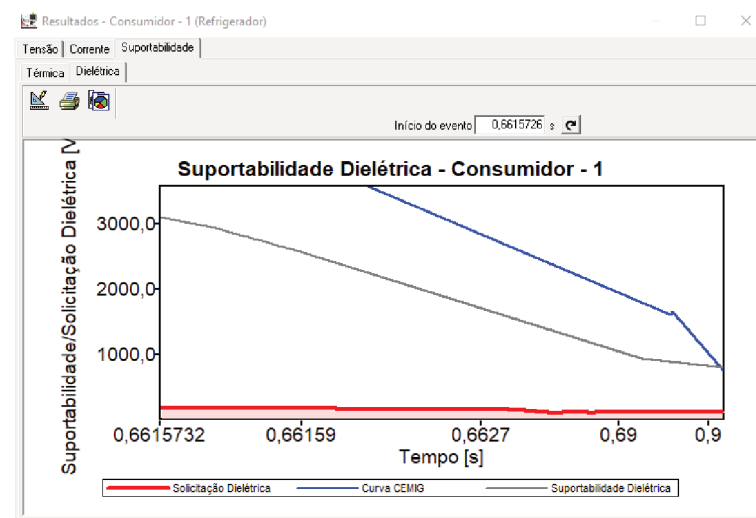


Figura 32 – Suportabilidade dielétrica do refrigerador tensão AN.

No caso da suportabilidade dielétrica do refrigerador de tensão AN, o gráfico ilustra claramente que a suportabilidade e a solicitação dielétrica se encontram razoavelmente distantes, o que automaticamente descarta a possibilidade de danos por rompimento de isolamento.

Dentre as curvas apresentadas, uma que chama atenção pela possibilidade de danos ao eletrodoméstico é a curva de suportabilidade térmica do refrigerador alimentado por tensão AN. Nota-se uma proximidade muito grande do limite de suportabilidade, a partir

de aproximadamente 0,2 segundos. Devido a dificuldade de se analisar criticamente o gráfico com as escalas padrões apresentadas pelo APR, a seguir será mostrada uma versão ampliada do mesmo:

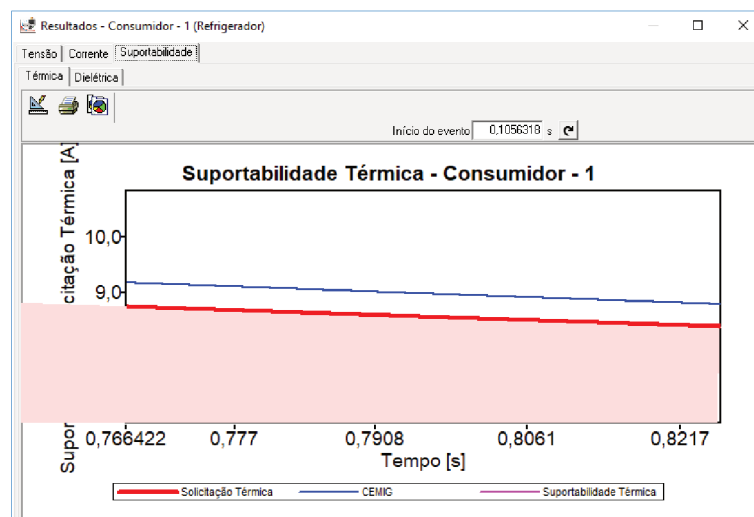


Figura 33 – Suportabilidade dielétrica do refrigerador tensão AN - ampliada.

A uma primeira vista, poderia assumir-se a possibilidade de ultrapassagem do limite térmico do equipamento, mas, após ampliação, fica claro que, em regime permanente, as curvas da solicitação térmica e da suportabilidade térmica tendem a ficarem paralelas entre si, o que então comprova que neste caso não existe possibilidade de danos no refrigerador devido a sobreaquecimentos.

5 Conclusão

Embora ao longo de cada capítulo tenha-se buscado expressar as conclusões importantes e os resultados obtidos, neste capítulo conclusivo, será descrito resumidamente as etapas percorridas ao longo desta tese. No primeiro capítulo do presente trabalho foram introduzidas as noções de Qualidade de Energia Elétrica, sua importância para o bom desempenho da rede, os variados tipos de distúrbios e a correlação dos mesmos com os danos averiguados em equipamentos elétricos, os quais ensejam pedidos de ressarcimento. Na sequência, foi apresentada a regulação que rege os processos de pedidos de ressarcimento, mostrando o prazo para solicitá-lo, os elementos que o consumidor deve fornecer à concessionária, a necessidade da distribuidora investigar a existência de nexo causal para com o evento danoso, entre outros pontos. Posteriormente, foi comentado a respeito do aplicativo APR (Analisador de Pedidos de Ressarcimento) desenvolvido na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), que é a principal ferramenta para aferir os resultados demonstrados neste trabalho. Também foi explicitado o equacionamento que fundamenta o aplicativo e que da origem às curvas de suportabilidade térmica e dielétrica.

A fim de se avaliar a consistência dos pedidos de ressarcimento de danos elétricos no que tange a danos gerados por manobras nas subestações das concessionárias, que somam uma parcela significativa de pedidos, objetivou-se concluir se estas manobras de fato resultam em uma parcela grande de prejuízos aos equipamentos de consumidores da rede elétrica. O tema em questão é de importância ímpar, é de suma importância avaliar se as concessionárias brasileiras de energia elétrica estão, de fato, a par dos reais motivos por trás das aberturas de pedidos de ressarcimento, e se, neste caso em particular, elas realmente tem a obrigação de arcar com estes custos, que somam uma grande quantia, visto a sua demanda.

Feitas estas considerações, após a análise dos resultados obtidos no capítulo "Análise de Religamentos via APR", tornou-se evidente que a questão que motivou este trabalho não é procedente, pois ao fim de um total de 32 (trinta e dois) testes realizados no aplicativo APR em dois tipos diferentes de equipamentos (um televisor e um refrigerador), ambos com opções de tensão de 127V e 220V, não houve se quer um caso onde observou-se a possibilidade de danos, pois em nenhuma simulação as solicitações térmicas e dielétricas dos equipamentos sob análise foi ultrapassada. Em outras palavras, a conclusão que se pôde chegar é que, em nenhum dos testes houve possibilidades de danos de natureza dielétrica ou térmica.

Diante desse resultado, fica reforçada a necessidade de maiores e mais profundos avanços sobre o presente tema, a fim de que se tenham mais dados a respeito do exposto.

Uma abordagem pertinente ao tema seria a análise das possíveis razões dos religamentos nas subestações de distribuição, para desta maneira se ter um conhecimento mais aprofundado sobre esta questão que é apontada como grande causadora de danos. Além desta, outras alternativas que venham a elucidar mais profundamente sobre o que é tratado neste trabalho são válidas, a fim de ampliar os conhecimentos sobre essa ocorrência e seu real impacto na rede de distribuição.

Referências

- [1] CIPOLI, J.A, NOGUEIRA, E.D.B., RIOS, A.J.S., "Ressarcimento de Danos Elétricos". 2003. Disponível em: <<http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20090428131506-Ressarcimento%20de%20Danos%20Eletricos.pdf>>. Acesso em: 20 Out. 2018.
- [2] TAVARES, C. E., "Uma Estratégia Computacional para a Análise Técnica de Pedidos de Ressarcimento de Danos a Consumidores", dissertação de doutorado, UFU, Uberlândia/MG, maio de 2008.
- [3] FERREIRA, D. D. "Análise de Distúrbios Elétricos em Sistemas de Potência", dissertação de doutorado, UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, dezembro de 2010.
- [4] "Sistema Elétrico". Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/infor/relampagos.e.efeitos/sistema.eletrico.php>>. Acesso em: 29 Nov. 2018.
- [5] COSTA, E. C. M. "Tipos de Curtos-Circuitos". Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4340224/mod_resource/content/1/Tipos_Curto.pdf>. Acesso em : 29 Nov. 2018.
- [6] MOREIRA, C. "Análise de Curto-Circuitos Simétricos". Disponível em: <<https://paginas.fe.up.pt/ee06226/images/bibliografia/17.pdf>>. Acesso em: 29 Nov. 2018.
- [7] LEÃO, R. "Distribuição de Energia Elétrica". Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/130060/mod_resource/content/1/Subestacoes-texto.pdf>. Acesso em : 29 Nov. 2018.
- [8] ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica PRODIST, "Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, Módulo 8 - Qualidade de Energia Elétrica", janeiro de 2016.