

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

KARINY SILVA DE OLIVEIRA

**PROPOSIÇÃO DE UMA NOVA TÉCNICA PARA DETECÇÃO DE OSCILAÇÕES
ESTÁVEIS DE POTÊNCIA EM SEP**

**ALEGRETE
2015**

KARINY SILVA DE OLIVEIRA

**PROPOSIÇÃO DE UMA NOVA TÉCNICA PARA DETECÇÃO DE OSCILAÇÕES
ESTÁVEIS DE POTÊNCIA EM SEP**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte das atividades para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica, do curso de Engenharia Elétrica da Fundação Universidade Federal do Pampa.

Orientador: Prof. Me. Eduardo M. dos Santos.

**ALEGRETE
2015**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S18p Silva de Oliveira, Kariny
Proposição de uma nova técnica para detecção de oscilações
estáveis de potência em SEP / Kariny Silva de Oliveira.
83 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA ELÉTRICA, 2015.
"Orientação: Eduardo Machado dos Santos".

1. Proteção de SEP. I. Título.

KARINY SILVA DE OLIVEIRA

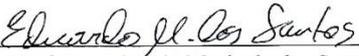
**PROPOSIÇÃO DE UMA NOVA TÉCNICA PARA DETECÇÃO DE OSCILAÇÕES
ESTÁVEIS DE POTÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Elétrica da Universidade
Federal do Pampa, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Elétrica.

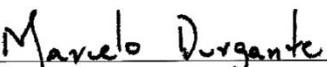
Área de Concentração: Sistemas Elétricos de
Potência

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 29 de junho de 2015.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Eduardo Machado dos Santos
Orientador



Prof. Me. Marcelo Durgante
UNIPAMPA



Prof. Ma. Ana Paula Carboni de Mello
UNIPAMPA

Dedico este trabalho a minha mãe, maior incentivadora e fonte inesgotável de amor, carinho, dedicação e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, minha mãe Dinair Moraes da Silva, meu irmão Igor, meu esposo Marcelo e minha querida filha Isis, pelo amor, carinho, por sempre acreditarem em mim e pelo constante incentivo ao longo de minha vida.

Em especial ao Prof. Mestre Eduardo Machado dos Santos, pelo apoio, confiança, amizade e por sua sábia e segura orientação no desenvolvimento deste trabalho.

A todo corpo docente da UNIPAMPA pelos conhecimentos transmitidos durante o período de graduação.

Agradeço a todos que de alguma maneira me incentivaram e apoiaram.

“Existe uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade.”

Albert Einstein

RESUMO

O sistema de potência cresce consideravelmente, aumentando a sua complexidade. Desse modo, surge a necessidade de combinar características de operação de relés de proteção, visando a rápida eliminação de faltas, além de garantir a seletividade na atuação desses dispositivos. Sendo assim, torna-se indispensável o uso de um relé de distância (função ANSI 21) combinado com uma lógica operacional que bloqueie sua operação durante uma oscilação de potência, tendo em vista a constante ocorrência desse fenômeno em sistemas elétricos. Durante uma oscilação deste tipo, o relé de distância pode atuar indevidamente uma vez que as impedâncias vistas pelo referido relé invadem sua região de operação no plano R-X. Tendo como base a análise das principais técnicas para bloqueio do relé de distância em oscilações de potência, utilizando ferramentas computacionais de baixa complexidade de implementação, este trabalho propõe uma nova técnica para a detecção de OEPs (oscilações estáveis de potência). Tal técnica fundamenta-se na análise do comportamento das amostras dos sinais de tensão da rede, dispostos como pares ordenados em um plano cartesiano junto com o respectivo valor da primeira função-diferença do referido sinal. No estudo, foram simuladas no Matlab[®] diferentes situações de oscilações estáveis de potência para diversas frequências de oscilação e variados instantes de incidência da oscilação. Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que a técnica proposta é robusta e precisa, identificando oscilações estáveis de potência rapidamente, podendo ser implementada em relés digitais de distância como lógica de bloqueio do referido dispositivo durante as oscilações estáveis de potência.

Palavras-chave: Detecção, Linhas de transmissão, Oscilação Estável de potência, Proteção, Relé de bloqueio, Relé de distância.

ABSTRACT

The power system grows considerably increasing its complexity. Thus, there is a need to combine operating characteristics of protection relays, for the rapid elimination of faults and ensures selectivity in the performance of these devices. Therefore, it becomes necessary to use a distance relay (ANSI 21 function) combined with an operational logic to block its operation during a power swing due to the constant occurrence of this phenomenon in electrical systems. During such oscillation, the distance relay can act improperly since the impedances seen by the relay invade its operational region in the R-X plane. Based on the analysis of the main techniques for blocking the distance relay during power swings, using computational tools with low implementation complexity, this paper proposes a new technique for the detection of SPSs (stable power swings). This technique is based on analyzing the behavior of the samples of the voltage signals, arranged as ordered pairs in a Cartesian plane with its respective value of the first-difference function. In the study, were simulated in Matlab different situations of stable power swings for different frequency of oscillation and varied moments of oscillation incidence. Based on the obtained results, it can be said that the proposed technique is robust, quickly and accurately identifies stable power swings and this technique can be implemented in digital distance relays with blocking logic during stable power swings.

Keywords: Blocking Relay, Detection, Distance Relay, Protection, Transmission Line, Stable Power Swings.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Características dos tipos de relés mais comuns. (a) Relé de impedância. (b) Relé de admitância ou MHO. (c) Relé de reatância. (d) Relé quadrilateral.	21
Figura 2 – Diagrama R-X e impedância aparente da LT.	22
Figura 3 – Característica de detecção de oscilação de potência.	24
Figura 4 – Curto-circuito.	26
Figura 5 – Oscilações de potência.	27
Figura 6 – Ajuste das regiões concêntricas.	30
Figura 7 – Fluxograma.	31
Figura 8 – Distribuição dos pontos no plano $del1Va \times Va..$ (a) Até o momento da ocorrência da OEP. (b) Durante a OEP.	34
Figura 9 – Forma de onda da tensão da fase A para a distribuição da Figura 8.	35
Figura 10 – Atuação do detector de transitórios. (a) Distâncias no plano $del1VA \times VA$. (b) Distâncias no plano $del1VB \times VB$. (c) Distâncias no plano $del1VC \times VC$. (d) Estado do detector de transitórios.	37
Figura 11 – Atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $P(n)$. (b) Variação do ângulo de $P(n)$	39
Figura 12 – Detalhe da atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $P(n)$. (b) Variação do ângulo de $P(n)$	40
Figura 13 – Fluxograma da metodologia proposta.	41
Figura 14 – Sistema teste.	43
Figura 15 – Distribuição dos pontos para incidência da oscilação de 1,005 s no plano $del1Va \times Va$. (a) Até o momento da ocorrência da OEP. (b) Durante a OEP.	44
Figura 16 – Formas de ondas de tensão para o Caso 1.	45

Figura 17 – Atuação do detector de transitórios. (a) Distâncias no plano $del1VA \times VA$. (b) Distâncias no plano $del1VB \times VB$. (c) Distâncias no plano $del1VC \times VC$. (d) Estado do detector de transitórios.	45
Figura 18 – Atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $P(n)$. (b) Variação do ângulo de $P(n)$	46
Figura 19 – Detalhe da atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $P(n)$. (b) Variação do ângulo de $P(n)$	47
Figura 20 – Distribuição dos pontos para incidência da oscilação de 0,992 s no plano $del1Va \times Va$. (a) Até o momento da ocorrência da OEP. (b) Durante a OEP.	48
Figura 21 – Formas de ondas de tensão para o Caso 2.	49
Figura 22 – Atuação do detector de transitórios. (a) Distâncias no plano $del1VA \times VA$. (b) Distâncias no plano $del1VB \times VB$. (c) Distâncias no plano $del1VC \times VC$. (d) Estado do detector de transitórios.	50
Figura 23 – Atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $P(n)$. (b) Variação do ângulo de $P(n)$	51
Figura 24 – Detalhe da atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $P(n)$. (b) Variação do ângulo de $P(n)$	51
Figura 25 – Distribuição dos pontos para incidência da oscilação de 0,998 s no plano $del1Va \times Va$. (a) Até o momento da ocorrência da OEP. (b) Durante a OEP.	53
Figura 26 – Formas de ondas de tensão para o Caso 3.	53
Figura 27 – Atuação do detector de transitórios. (a) Distâncias no plano $del1VA \times VA$. (b) Distâncias no plano $del1VB \times VB$. (c) Distâncias no plano $del1VC \times VC$. (d) Estado do detector de transitórios.	54
Figura 28 – Atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $P(n)$. (b) Variação do ângulo de $P(n)$	55
Figura 29 – Detalhe da atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $P(n)$. (b) Variação do ângulo de $P(n)$	55

Figura 30 – Distribuição dos pontos para incidência da oscilação de 0,998 s no plano <i>del1Va x Va</i> . (a) Até o momento da ocorrência da OEP. (b) Durante a OEP.	57
Figura 31 – Formas de ondas de tensão para o Caso 4.	57
Figura 32 – Atuação do detector de transitórios. (a) Distâncias no plano <i>del1VA x VA</i> . (b) Distâncias no plano <i>del1VB x VB</i> . (c) Distâncias no plano <i>del1VC x VC</i> . (d) Estado do detector de transitórios.	58
Figura 33 – Atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $P(n)$. (b) Variação do ângulo de $P(n)$	59
Figura 34 – Detalhe da atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $P(n)$. (b) Variação do ângulo de $P(n)$	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados obtidos para frequência de oscilação -2 Hz e 96 Amostras/ciclo	47
Tabela 2 – Resultados obtidos para frequência de oscilação 0,5 Hz e 96 Amostras/ciclo	52
Tabela 3 – Resultados obtidos para frequência de oscilação -1 Hz e 96 Amostras/ciclo	56
Tabela 4 – Resultados obtidos para 96 Amostras/ciclo (parte 1)	64
Tabela 5 – Resultados obtidos para 96 Amostras/ciclo (parte 2)	65
Tabela 6 – Resultados obtidos para 96 Amostras/ciclo (parte 3)	66
Tabela 7 – Resultados obtidos para 96 Amostras/ciclo (parte 4)	67
Tabela 8 – Resultados obtidos para 96 Amostras/ciclo (parte 5)	68
Tabela 9 – Resultados obtidos para 64 Amostras/ciclo (parte 1)	69
Tabela 10 – Resultados obtidos para 64 Amostras/ciclo (parte 2)	70
Tabela 11 – Resultados obtidos para 64 Amostras/ciclo (parte 3)	71
Tabela 12 – Resultados obtidos para 64 Amostras/ciclo (parte 4)	72
Tabela 13 – Resultados obtidos para 64 Amostras/ciclo (parte 5)	73
Tabela 14 – Resultados obtidos para 32 Amostras/ciclo (parte 1)	74
Tabela 15 – Resultados obtidos para 32 Amostras/ciclo (parte 2)	75
Tabela 16 – Resultados obtidos para 32 Amostras/ciclo (parte 3)	76
Tabela 17 – Resultados obtidos para 32 Amostras/ciclo (parte 4)	77
Tabela 18 – Resultados obtidos para 32 Amostras/ciclo (parte 5)	78
Tabela 19 – Resultados obtidos para 16 Amostras/ciclo (parte 1)	79
Tabela 20 – Resultados obtidos para 16 Amostras/ciclo (parte 2)	80
Tabela 21 – Resultados obtidos para 16 Amostras/ciclo (parte 3)	81
Tabela 22 – Resultados obtidos para 16 Amostras/ciclo (parte 4)	82
Tabela 23 – Resultados obtidos para 16 Amostras/ciclo (parte 5)	83

LISTA DE ABREVIATURAS

LT – Linha de Transmissão

MCC – Método das características concêntricas

MCS – Método de detecção de oscilações de potência por meio das componentes simétricas e derivada do ângulo da corrente de sequência positiva

SEP – Sistema Elétrico de Potência

SIN – Sistema Interligado Nacional

OEP – Oscilação estável de potência

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	6
RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	10
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE ABREVIATURAS	14
SUMÁRIO.....	15
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Objetivos	18
1.2. Estrutura do Trabalho	19
2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1. Considerações gerais	20
2.2. Relé de distância.....	20
2.2.1 Tipos de relés de distância	20
2.3. Relé de bloqueio	22
2.4. Oscilações de potência.....	23
2.4.1 Oscilações síncronas	25
2.4.2 Oscilações assíncronas	25
2.4.3 Perturbações durante oscilações de potências	25
2.5. Métodos para detecção de oscilação de potência	28
2.5.1. Método das características concêntricas	29
2.5.2. Método de Detecção de Oscilações de Potência por meio das Componentes Simétricas e Derivada do Ângulo da Corrente de Sequência Positiva.....	30
2.6. Considerações finais	32
3. Proposta para a Detecção de Oscilações Estáveis de Potência.....	33
3.1. Considerações gerais	33
3.2. Metodologia proposta	33
3.2.1. Detecção de transitórios.....	33
3.2.2. Classificação das oscilações estáveis de potência	37
3.3. Considerações finais	40

4. Sistema teste e análise dos resultados	42
4.1 Considerações gerais	42
4.2 Sistema teste.....	42
4.3 Resultados	43
4.3.1. Caso 1: $f_{oscilação} = -2$ Hz; Incidência da oscilação em 1,005 s; 96 amostra/ciclo	43
4.3.2. Caso 2: $f_{oscilação} = -2$ Hz; Diferentes instantes de oscilação; 96 amostras/ciclo	47
4.3.3. Caso 3: $f_{oscilação} = +0,5$ Hz; incidência da OEP em 0,998 s; 96 amostras/ciclo	52
4.3.4. Caso 4: $f_{oscilação} = -1$ Hz; incidência da OEP em 0,998 s; 96 amostras/ciclo.....	56
4.4 Considerações finais.....	60
5 Considerações finais.....	61
5.1 Conclusões	61
5.2 Sugestões para trabalhos futuros	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS.....	64

1. INTRODUÇÃO

Os Sistemas Elétricos de Potência (SEP) sempre estão submetidos a distúrbios capazes de causar perturbações, que muitas vezes provocam violações nas restrições operativas, levando o sistema a blecautes, como já ocorrido algumas vezes no Sistema Interligado Nacional (SIN). Um exemplo foi o ocorrido em 2009, onde oscilações de potência ocasionaram a interrupção de 40% das cargas do SIN.

Estes são sistemas robustos, que contêm equipamentos de custos elevados e, através destes, transportam-se grande quantidade de energia elétrica até os centros de consumo. Logo, uma boa proteção é necessária para dar confiabilidade ao SEP, sendo dever da mesma, isolar um ponto em falta, diminuindo, para o menor possível, o impacto causado por algum distúrbio em qualquer ponto do sistema.

Essa proteção é realizada através dos relés, os quais devem estar estrategicamente habilitados a operarem corretamente para qualquer defeito. Distúrbios como, por exemplo, a desconexão de geradores, que podem ser controlados a ponto do sistema alcançar um novo estado de operação aceitável, são ditas oscilações estáveis. Nesse caso o relé de bloqueio deve evitar a atuação do relé de distância. Já as oscilações que não resultam em um novo ponto de operação aceitável, capazes de levar o sistema a perda de sincronismo, são ditas do tipo instável e, nesse caso, cabe aos relés operarem de modo a isolar o trecho defeituoso do resto do sistema.

As referidas oscilações de potência são variações no fluxo de potência, capazes de causar o desligamento indesejável das linhas de transmissão (LT). Os relés de proteção devem detectar essas oscilações. Para isso, vale-se da ideia de que a variação da impedância aparente vista pelo relé durante uma oscilação de potência apresenta comportamento mais lento do que em curtos-circuitos.

Quando ocorrem oscilações de potência a proteção de distância registra grandes correntes transitórias e pequenas tensões, resultando em pequenas impedâncias transitórias que, se não forem detectadas pelos relés de proteção, irão ocasionar desligamentos indevidos do sistema. Logo, para que o sistema obtenha novamente um equilíbrio, os relés de distância não podem atuar no momento das oscilações estáveis de potência (OEP). Sendo assim, utilizam-se técnicas de bloqueio dos relés de distância, com o objetivo de identificar a oscilação de potência e logo caracterizá-la como oscilação síncrona (estável) ou assíncrona (instável).

A necessidade de estudos de sistemas sofisticados pode ser eliminada através de métodos computacionais desenvolvidos para a detecção de oscilações de potência em sistemas de proteção de distância. Nesse contexto, muitas técnicas para este fim já foram propostas na literatura especializada, como as metodologias clássicas registradas em PHADKE & THORP (1988), ANDERSON (1999), ZIEGLER (1999), IEEE PSRC WG D6 (2005) e MOONEY & FISHER (2006), entre outros. Dentre estes trabalhos, destaca-se, por ser um dos mais utilizados, o Método das Características Concêntricas proposto por ZIEGLER (1999).

Além destes, métodos fundamentados na análise da componente de sequência negativa e da primeira derivada do ângulo da corrente de sequência positiva foram propostos nos trabalhos de JONSSON & DAALDER (2001) e BOLZAN et al. (2009). Por fim, uma metodologia que detecta uma oscilação de potência através da variação da magnitude de tensão no centro elétrico foi proposta em BENMOUYAL et al. (2005).

Embora todas as referidas metodologias tenham sido apresentadas com resultados satisfatórios, todas apresentam problemas de atuação frente à algumas condições de carregamento e operação dos sistemas. Sendo assim, elaborou-se um algoritmo composto por dois módulos, com objetivo de classificar corretamente a ocorrência de OEP, a qual poderá ser utilizada como metodologia para bloqueio do relé de distância.

Tal técnica fundamenta-se na análise da distribuição dos pontos dados pelos pares ordenados das amostras de tensão e suas respectivas funções-diferença para a detecção do transitório, o qual dispara o processo de classificação da OEP. A partir do momento em que um variação brusca nas características do sinal de tensão de uma das fases é detectado, o algoritmo analisa o módulo e ângulo dos fasores resultantes dos referidos pares ordenados em relação à origem do sistema cartesiano, de modo a identificar uma OEP.

1.1. Objetivos

Este trabalho tem por objetivo geral descrever os conceitos básicos a respeito das oscilações estáveis de potência e descrever algumas das metodologias utilizadas para detectar as OEPs.

Por objetivos específicos citam-se:

- * Simular casos de oscilação de potência em um sistema teste;
- * Propor uma nova metodologia para detecção das oscilações estáveis de potência;

* Analisar o desempenho da metodologia proposta processando os sinais resultantes das simulações do sistema teste.

1.2. Estrutura do Trabalho

Com o auxílio do MATLAB[®], elaborou-se um algoritmo para simular os casos de oscilações de potência. A técnica elaborada no programa utilizou, basicamente, as equações descritas no capítulo 3, tendo como referência um sistema teste, composto por uma LT e duas barras conectadas a dois geradores, que se encontra melhor explicado no capítulo 4. Foram analisados diversos casos, variando a frequência de oscilação e a incidência da oscilação, para analisar o desempenho do mesmo frente a todas as possíveis alterações que podem ocorrer no SEP, totalizando 480 análises diferentes, sendo que a técnica atuou corretamente em 100% dos casos.

Por fim, após a verificação das OEP, foram propostas sugestões para trabalhos futuros. Com a intenção de contornar o fenômeno de oscilações de potência, sugere-se a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para utilizar essa técnica junto aos relés de bloqueio e de distância, a fim de evitar a atuação desnecessária da proteção de distância.

O capítulo 2 descreve o funcionamento básico dos relé de distância e relé de bloqueio, os tipos de oscilações de potência, síncronas, assíncronas, e perturbações durante essas oscilações, e também os métodos de detecção de oscilações de potência estudados para elaboração desse trabalho. O capítulo 3 expõe detalhadamente a elaboração da técnica utilizada para classificação de OEP, com todas as equações utilizadas no algoritmo. Já no capítulo 4, encontram-se os resultados obtidos através das análises das simulações, demonstrando nas figuras os efeitos causados na ocorrência de OEP.

2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Considerações gerais

Oscilações de potência são variações no fluxo de potência, capazes de fazer com que as impedâncias vistas pelos relés de distância ultrapassem as condições de carga pré-determinadas do sistema, causando a atuação destes dispositivos e, conseqüentemente, o desligamento indesejável das linhas de transmissão por eles monitoradas. Essas oscilações normalmente são detectadas pelos relés de proteção mediante o cálculo da velocidade do vetor impedância.

Durante esses distúrbios, a geração torna-se oscilatória buscando o novo equilíbrio da carga, e a proteção de distância registra grandes correntes transitórias e pequenas tensões, resultando em pequenas impedâncias transitórias que, se não forem detectadas pelos relés de proteção, irão ocasionar desligamentos indevidos do sistema.

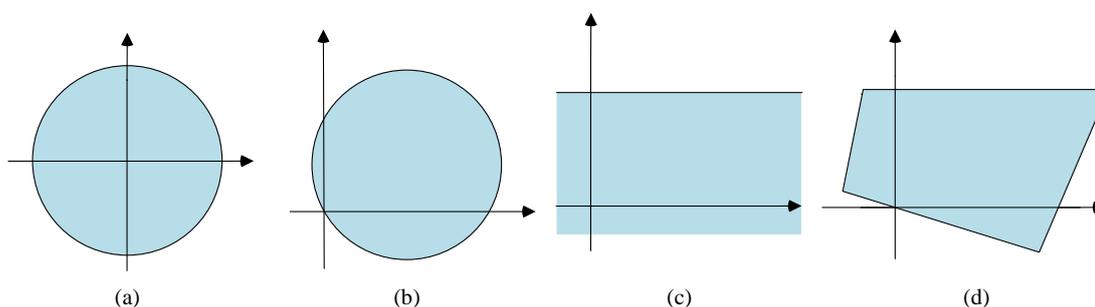
2.2. Relé de distância

Os relés de distância, representados segundo o padrão ANSI 21, são amplamente utilizados para proteção de linhas de transmissão, pois operam quando a impedância da linha for menor do que o ajuste do relé. Normalmente, esses dispositivos são polarizados através dos sinais de corrente e tensão da rede.

2.2.1 Tipos de relés de distância

Os tipos mais comuns de relés de distância, ANSI 21 são: Relé de impedância, relé de admitância ou relé MHO, relé de reatância e relé quadrilateral. Suas características estão mostradas na Figura 1.

Figura 1 – Características dos tipos de relés mais comuns. (a) Relé de impedância. (b) Relé de admitância ou MHO. (c) Relé de reatância. (d) Relé quadrilateral.



Fonte: Autoria Própria.

Estes relés estimam a impedância desde a sua posição até o ponto em falta. Como a impedância característica por quilometro de uma LT é relativamente constante, esses relés identificam a distância do ponto em curto-circuito, ou seja, a impedância aparente até esse ponto. Também podem operar utilizando os parâmetros de reatância e admitância até o ponto em falta.

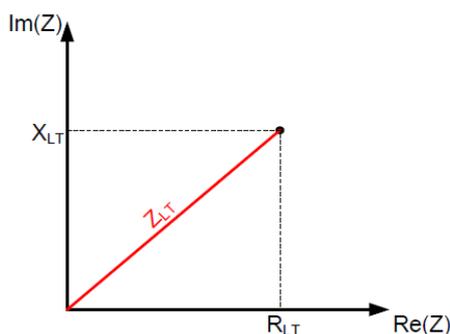
A impedância aparente primária é obtida através da Equação (1) e é dada em ohms primários.

$$Z = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Sendo V e I , respectivamente, a tensão e a corrente na barra adjacente ao relé.

A impedância aparente possui uma parte real (resistência aparente) e uma parte imaginária (reatância aparente), sendo assim é possível colocá-la em um plano complexo chamado de Diagrama R-X. Na Figura 2 pode-se observar o Diagrama R-X, onde Z_{LT} é a impedância aparente da linha de transmissão.

Figura 2 – Diagrama R-X e impedância aparente da LT.



Fonte: Autoria Própria.

Para a determinação das regiões de operação e não operação de um relé de distância, é extremamente útil o uso deste diagrama, pois os conjugados dos diversos tipos de relé possuem regiões de operação bem definidas no plano R-X. Sempre que a impedância aparente for vista pelo relé como um ponto dentro de sua região de operação, este irá atuar enviando um sinal para a abertura do disjuntor.

2.3. Relé de bloqueio

Os relés de bloqueio (68, segundo o padrão ANSI) atuam sobre os disjuntores quando recebem sinais provenientes de outros relés. Desse modo, esse tipo de relé tem a função de bloquear o religamento sempre que houver falta, evitando assim que o disjuntor seja ligado, garantindo sua ligação após ser verificado e concluído o momento correto para esta ação. Além de trabalhar juntamente com o relé de distância, esse relé inicia um sinal de bloqueio de abertura durante faltas externas a uma LT.

Além disso, esses dispositivos são utilizados em conjunto com relés de distância de modo a bloquear o sinal de abertura enviado pelos relés 21 em situações de oscilações estáveis de potência. Nesta aplicação, o relé de bloqueio verifica relação de mudança do vetor impedância, já que, dessa forma, é possível diferenciar faltas de oscilações de potência, uma vez que a taxa de variação deste vetor é muito maior para curtos-circuitos. Uma vez detectada uma OEP no sistema, o relé de bloqueio impede a chegada do sinal enviado pelo relé de distância até a bobina de abertura do disjuntor. Ou seja, assim que a condição de oscilação de potência é classificada, a função de distância da linha é bloqueada pelo relé 68.

Para evitar operações incorretas, deve-se garantir um tempo suficiente para bloquear a função de distância em uma oscilação de potência. Para isso, ajusta-se a temporização para operação da lógica de bloqueio contra oscilações de potência em função dos alcances das unidades de medida e da maior velocidade de detecção da oscilação. Essa velocidade é obtida através de estudos de estabilidade transitória da rede. É importante ressaltar que relés digitais implementam as lógicas de distância e de bloqueio, onde a segunda função é feita através de programação específica para esta ação.

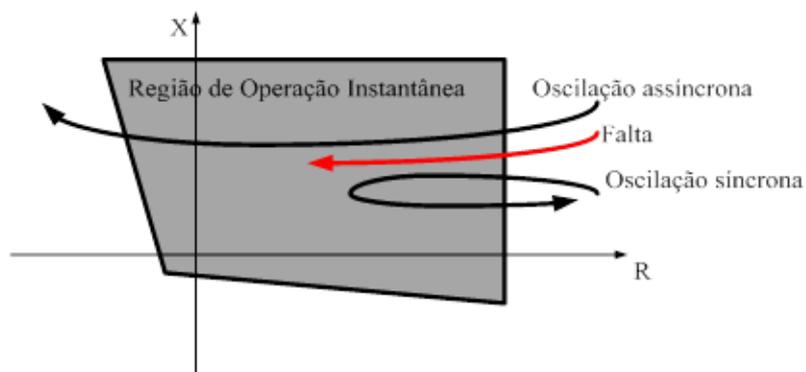
2.4. Oscilações de potência

Oscilações de potência são causadas por distúrbios que causam variações no fluxo de potência, tais como falhas na rede, conexões e desconexões de geradores e LTs. Ainda, são causadas pelas variações de fluxo de potência que surgem no sistema após a eliminação de uma falta. Considerando que o SEP está continuamente sujeito à perturbações, faz-se necessário à utilização de proteções capazes de distinguir corretamente oscilações de potência de curtos-circuitos, de modo a determinar o exato momento de bloqueio do relé de distância, evitando o desligamento desnecessário dos elementos que compõem o sistema de potência.

De forma geral, oscilações de potência provocam grandes correntes e pequenas tensões que resultam em impedâncias transitórias, capazes de fazer o relé de distância operar indevidamente. Por isso, são usadas lógicas operacionais de bloqueio, as quais têm a função de detectar o ciclo de oscilações de potência e bloquear a função de proteção de distância.

Quando ocorre uma oscilação de potência, a impedância aparente pode invadir a zona de atuação de proteção de distância. Nesse momento, deve operar a proteção de bloqueio, a fim de evitar a atuação indevida do relé de distância. A Figura 3 apresenta o comportamento das impedâncias aparentes vistas por um relé 21 de característica quadrilateral para a ocorrência de oscilações de potência distintas. Nesse relé sua operação é definida por quatro retas, onde são ajustados limites máximos e mínimos de reatância e resistência, com dois elementos direcionais definem os limites inferiores de operação.

Figura 3 – Característica de detecção de oscilação de potência.



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 3, a falta e as oscilações de potência entram na zona de detecção do relé de distância. Entretanto, enquanto a falta permanece no interior da região de operação do relé, ambas as oscilações de potência retornam para a região de não operação. Assim, para evitar que haja operação indevida na ocorrência de oscilações de potência, no momento em que ocorrer uma oscilação, esta deve ser devidamente identificada, para que o relé de distância seja devidamente bloqueado. Normalmente, uma vez que, durante as oscilações síncronas, as impedâncias aparentes vistas pelos relés de distância tendem a retornar ao lugar geométrico das cargas no plano R-X, mantém-se bloqueado o relé 21 durante toda a oscilação. Já as oscilações assíncronas devem ser detectadas pela proteção contra perda de sincronismo.

Desse modo, torna-se indispensável a utilização de métodos confiáveis que garantam a classificação de OEP, pois assim, evita-se a atuação indevida da proteção de distância e, conseqüentemente, evita-se a atuação dos equipamentos de proteção que poderão levar o sistema a perda de sincronismo. Como as oscilações de potência diferem-se de faltas, pois ocorrem com variação gradual da impedância aparente, a detecção de oscilação de potência normalmente, ocorre através de métodos que medem o tempo que a impedância permanece nas zonas de atuação do relé de distância.

2.4.1 Oscilações síncronas

Oscilações síncronas ou estáveis são variações que ocorrem após uma perturbação com comportamento oscilatório amortecido, ou seja, o sistema tende a voltar aos parâmetros que o definirá como estável após um determinado período de tempo.

Na ocorrência de uma OEP, o sistema de proteção de bloqueio deve agir adequadamente, evitando a operação da proteção de distância e, em casos de perda de sincronismo, deve haver a separação de partes dos sistemas.

Além disso, é importante ressaltar que as oscilações estáveis são de pequenas magnitudes, ou seja, são distúrbios que não causarão grandes variações nos ângulos das máquinas ligadas ao sistema, sendo possível o retorno ao sincronismo. Por isso, a abertura desnecessária de qualquer elemento do sistema de potência deve ser evitada.

2.4.2 Oscilações assíncronas

Oscilações assíncronas ou instáveis, ao contrário das oscilações síncronas, são oscilações não amortecidas ocorridas no período transitório. Isso significa que, após a ocorrência de uma perturbação, as máquinas ligadas ao sistema não conseguem voltar a condição inicial estabelecida. Além disso, são caracterizadas por distúrbios severos no sistema de potência, como por exemplo, a conexão ou desconexão de um grande volume de geração de energia.

Nesse caso, a proteção de bloqueio deve-se manter inoperante caso não ocorram perturbações durante a oscilação de potência. Logo, o relé de distância também não irá operar. Essas oscilações devem ser detectadas pela proteção contra a perda de sincronismo, que realizará a separação dos sistemas conforme a coerência dos geradores e o balanço entre a geração e a carga.

2.4.3 Perturbações durante oscilações de potências

Perturbações que causam oscilações de potências são as faltas que ocorrem no sistema de potência, desconexões de geradores, conexões de LT, e perda ou inserção de grandes centrais geradoras. Para isso, os sistemas de proteção devem estar habilitados a controlar as variações repentinas de potência que ocorrem a qualquer momento no sistema.

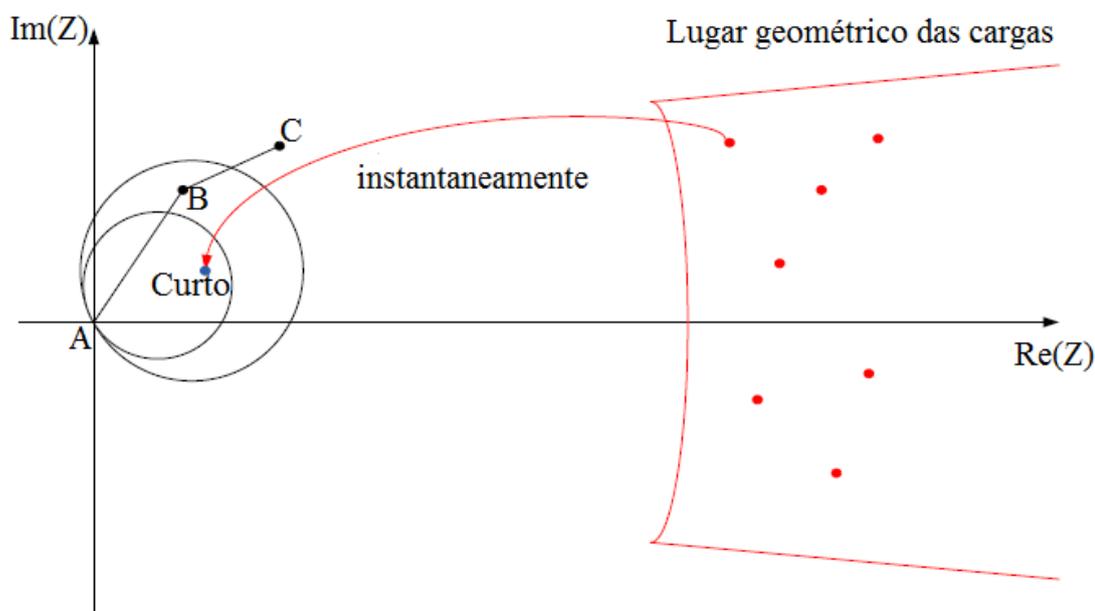
A ocorrência de curto-circuito em oscilações de potência deve ser detectada, e consequentemente, o relé de bloqueio deve desbloquear o relé de distância no momento da falta,

quanto mais rápido ocorrer essa detecção, maior será o limite de estabilidade transitória do sistema, assim, mais confiável torna-se a proteção.

Quando ocorre um curto-circuito em um sistema de energia, assim como, a perda de uma unidade geradora, geralmente considera-se uma forte perturbação. Já as pequenas perturbações, como as variações de carga que ocorrem diariamente, são ditas fracas, pois tendem a oscilar em torno do seu ponto de equilíbrio, ou seja, oscilações síncronas.

Na ocorrência de um curto-circuito, a impedância vista por um relé de distância muda instantaneamente de posição, indo do lugar geométrico das cargas para o interior de uma das regiões de operação do relé, conforme mostrado na Figura 4. Neste caso, a proteção deverá atuar de acordo com a temporização da zona onde se encontra o valor de impedância.

Figura 4 – Diagrama representando um curto-circuito.

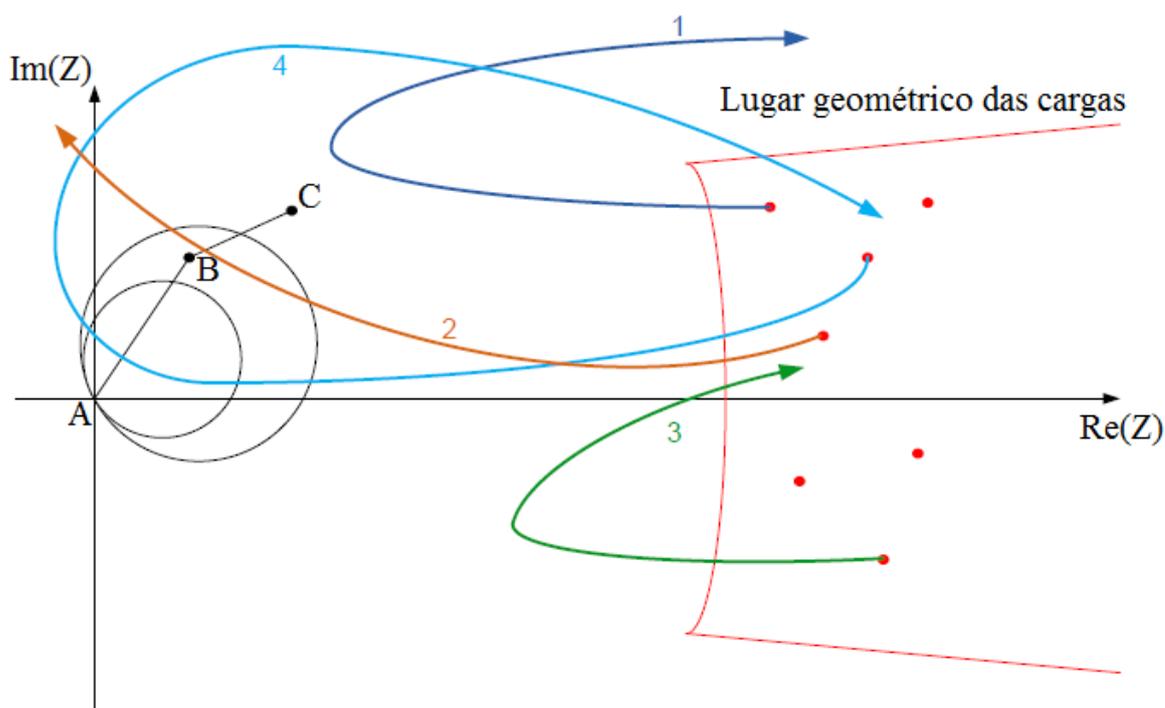


Fonte: Autoria Própria.

Na oscilação de potência, a variação da impedância vista pelos relés ocorre com certa velocidade (Ω/s), ou seja, a variação da impedância não é instantânea como no curto-circuito. Esta é a diferença fundamental entre oscilação de potência e curto-circuito. A variação da impedância durante uma oscilação de potência depende da configuração do sistema e pode

ocorrer numa taxa de 300 a 700 Ω/s , por exemplo. A Figura 5 mostra o comportamento de algumas oscilações de potência.

Figura 5 – Oscilações de potência.



Fonte: Autoria Própria.

Analisando a Figura 5, pode-se concluir que:

A oscilação 1 foi vista pelo relé 21, mas não houve perigo de atuação, pois a impedância não invadiu nenhuma das regiões de operação do relé;

A oscilação 2 entrou na 2ª zona de operação do relé, que poderá atuar de acordo com a sua temporização, dependendo do tempo no qual a impedância permanece dentro da zona (o relé irá operar caso a oscilação seja muito lenta e tenha um tempo maior do que a temporização da 2ª zona);

A oscilação 3 se assemelha ao ocorrido na oscilação 1;

Para a oscilação 4, ocorrerá atuação indevida da proteção de distância, uma vez que a impedância vista pelo relé entra na região de operação da 1ª zona (instantânea). Para evitar

esta atuação indevida, deve-se utilizar um relé de bloqueio (68), o qual é capaz de detectar oscilações de potência.

Desse modo, torna-se indispensável o uso de métodos que definam e diferenciem a ocorrência de um curto-circuito durante uma oscilação de potência, considerando oscilações de potência lentas, e as oscilações de potência seguidas de curtos-circuitos.

2.5. Métodos para detecção de oscilação de potência

Existem inúmeras maneiras para detectar oscilações de potência, onde nem todas as técnicas são aplicadas a todos os relés. A ideia básica na detecção de uma oscilação de potência é que a mudança na impedância aparente vista pelo relé devido à ocorrência de faltas é instantânea. Em contrapartida, a oscilação de potência é um processo lento, pois é limitado pela inércia dos geradores. Assim, esta diferença de tempo pode ser usada para distinguir oscilações de potências de faltas.

Durante as oscilações de potência, a proteção de distância registra grandes correntes transitórias e pequenas tensões, resultando em pequenas impedâncias transitórias, que se não forem detectadas pelos relés de proteção irão ocasionar desligamentos indevidos do sistema. Logo, para que o sistema obtenha novamente um equilíbrio, os relés de distância não podem atuar no momento das oscilações. Após identificar uma oscilação, alguns relés, principalmente os digitais, ainda utilizam outros critérios para a confirmação do fenômeno. Segundo (SALGE et al., 2011), os critérios de decisão adicionais de PSD (Power swing detection) são utilizados porque identificar uma oscilação somente medindo o tempo gasto para a impedância atravessar duas zonas não é um método tão confiável, uma vez que existem situações onde o relé não opera quando deveria e vice e versa. Um exemplo de bloqueio desnecessário baseado na medição do tempo passando entre as zonas é no caso de uma falta de alta impedância, onde as mudanças no valor da impedância durante a falta podem ser tão lentas que o relé entenda como uma oscilação e ative desnecessariamente o bloqueio.

Para que a proteção opere apenas em curtos-circuitos, são inseridos no relé de distância bloqueadores de oscilação de potência, evitando que a zona 1 do relé de distância (de atuação instantânea) entre em operação incorretamente nas oscilações de potência. Essa é a zona mais propensa a apresentar erros e operar indevidamente. Desse modo, descreve-se a seguir dois métodos utilizados que, segundo (MORAIS et al., 2010) apresentam comportamento

satisfatório, cujos desempenhos serviram de referência para a elaboração da técnica de detecção de oscilações de potência proposta no Capítulo 3.

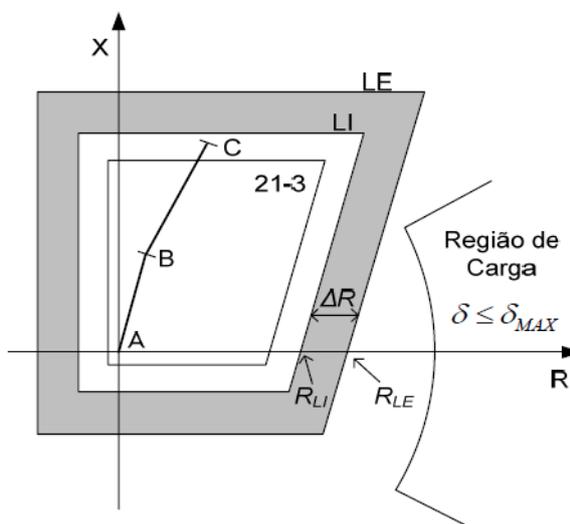
2.5.1. Método das características concêntricas

O Método das Características Concêntricas (MCC) é a técnica mais tradicional para bloqueio de relés de distância, na qual o relé cria duas regiões, onde a zona externa é denominada faixa de detecção da oscilação de potência e a zona interna é denominada como faixa de detecção de falta. Segundo MORAIS et al. (2010), a principal vantagem desse método é que a oscilação pode ser determinada antes que a impedância atinja a zona de proteção de distância. Além disso, caracteriza-se por ser lenta nas oscilações e rápida nos curtos-circuitos. Assim, esse método determina o tempo em que a impedância aparente demora a passar pela região pré-determinada e o compara com o tempo que foi ajustado.

A região pré-determinada é restringida por dois limites, um limite externo e outro limite interno. Uma vez definida a característica da proteção de distância da linha de transmissão (ohm, mho, poligonal, entre outros), os limites consistem em regiões concêntricas à zona mais externa da proteção da linha de transmissão, sendo estes separados entre si por um offset (ΔR).

A Figura 6 representa as zonas de proteção de distância e os limites interno e externo do método das características concêntricas. Quando a impedância aparente ultrapassa o limite externo (LE) o temporizador é inicializado. Ao cruzar o limite interno (LI), o temporizador é finalizado. Se o tempo medido for maior ou igual ao tempo ajustado, uma condição de oscilação de potência é detectada e o relé de distância da linha de transmissão é bloqueado. O relé permanece bloqueado até que a impedância saia do interior da região do limite externo. Por outro lado, se a impedância cruzar a região pré-determinada em um tempo menor que o ajustado (característica do curto-circuito) a proteção de distância da linha de transmissão não é bloqueada.

Figura 6 – Ajuste das regiões concêntricas.



Fonte: MORAIS et. al (2010).

2.5.2. Método de Detecção de Oscilações de Potência por meio das Componentes Simétricas e Derivada do Ângulo da Corrente de Sequência Positiva

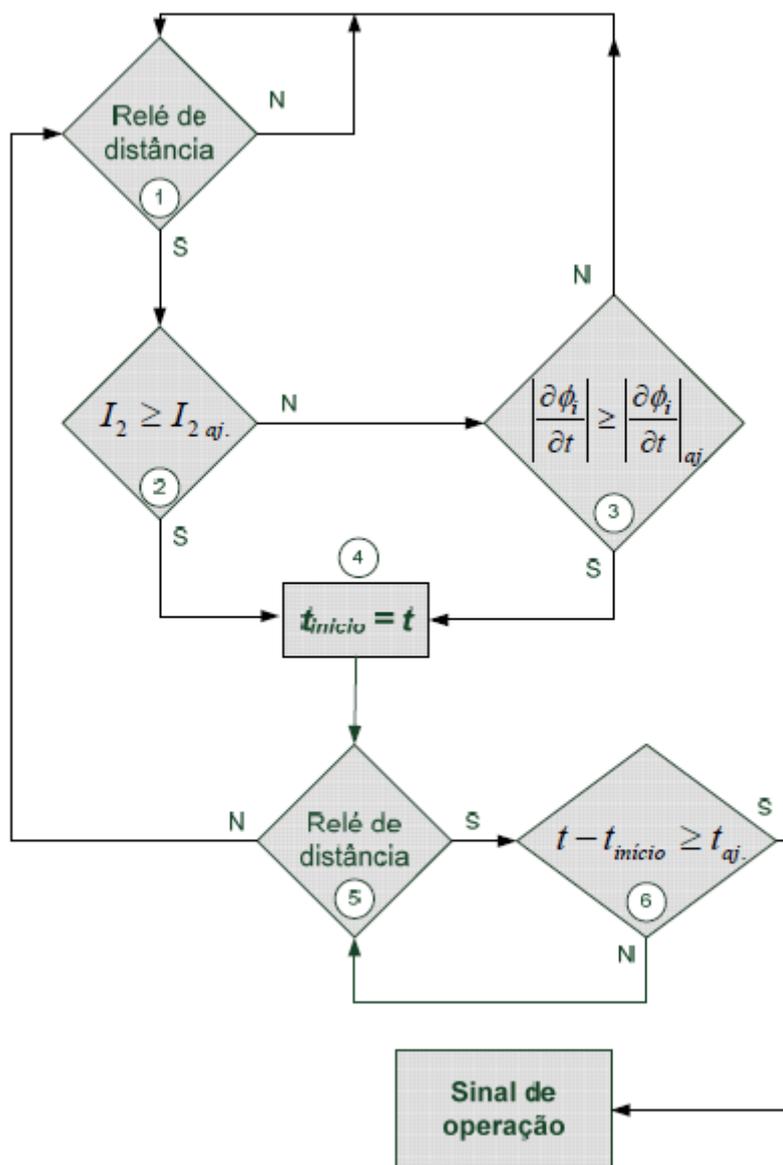
O Método de Detecção de Oscilações de Potência por meio das Componentes Simétricas e Derivada do Ângulo da Corrente de Sequência Positiva (MCS) utiliza dois critérios adicionais. Este tem aplicação para falta equilibrada e desequilibrada, onde se utilizam avaliações da corrente de sequência negativa para faltas monofásicas e bifásicas e, para faltas trifásicas, avalia-se a derivada do ângulo da corrente de sequência positiva.

A vantagem de se utilizar esse método é a sua ótima capacidade de detectar faltas tanto trifásicas como monofásicas. De um modo geral, para as LTs que não possuem abertura e religamento monopolar, este método apresenta-se como o mais adequado quando comparado com o método citado anteriormente, pois detecta 100% das oscilações, sem considerar a possibilidade de ocorrência de curtos-circuitos durante as oscilações. Além disso, apresenta altos percentuais de atuação correta para condições de curto-circuito durante oscilações.

A lógica operacional dessa técnica divide-se em blocos, conforme MORAIS et al. (2010). No fluxograma da Figura 7, o primeiro bloco, onde se inicia o fluxograma, tem por objetivo verificar se a impedância aparente está no interior da zona de atuação do relé 21, en-

quanto os outros dois blocos seguintes são responsáveis por verificar se a razão da ativação do bloco inicial ocorreu devido a um curto-circuito ou a uma oscilação de potência. Um desses blocos avalia o grau de desequilíbrio entre as fases, sendo capaz de distinguir faltas desequilibradas. O terceiro bloco distingue as faltas trifásicas das oscilações de potência através da derivada do ângulo da corrente de fase, comparando este valor com um pré-ajustado. Nos blocos 4, 5 e 6, é realizada a temporização das zonas do relé de distância.

Figura 7 – Fluxograma.



Fonte: MORAIS et. al (2010).

2.6. Considerações finais

Neste capítulo foram apresentados os princípios básicos sobre os relés utilizados na operação contra OEP, bem como os conceitos sobre oscilações de potência. Também, foram descritos os principais métodos utilizados para detecção dessas oscilações. Com base nos conceitos discutidos neste Capítulo, foi elaborada uma nova técnica para detecção das OEPs, a qual é apresentada no Capítulo seguinte.

3. PROPOSTA PARA A DETECÇÃO DE OSCILAÇÕES ESTÁVEIS DE POTÊNCIA

3.1. Considerações gerais

O presente Capítulo descreve uma nova metodologia para a detecção de OEPs em Sistemas Elétricos de Potência. Tal método fundamenta-se na análise da distribuição dos pontos dados pelos pares ordenados das amostras de tensão e suas respectivas funções-diferença.

A técnica proposta conta com um detector de transitório, o qual determina a ocorrência de um evento com base na variação da distância euclidiana entre pontos consecutivos no plano $del_1 \times V$. Assim que um transitório é detectado, ativa-se o classificador de OEP que, por sua vez, atua de acordo com as variações de módulo e ângulo dos fasores \bar{P} , dados pelos números complexos formados pelas coordenadas del_1 e V .

As descrições completas das técnicas de detecção de transitórios e de classificação de OEPs aparecem nas seções seguintes.

3.2. Metodologia proposta

Conforme mencionado, a técnica para detecção de OEPs possui duas partes distintas, sendo estas para a determinação da ocorrência de um transitório na rede e para a classificação deste evento como uma oscilação estável de potência. Os procedimentos envolvidos em cada uma dessas etapas são descritos nas Subseções seguintes.

3.2.1. Detecção de transitórios

A detecção de transitórios é feita de acordo com a proposta de (DOS SANTOS et al., 2013), na qual é feita a análise das distâncias euclidianas entre pontos consecutivos do plano formado pelas amostras do sinal em questão e os respectivos valores da primeira função-diferença deste sinal. Para os sinais de tensão da rede trifásica, as primeiras funções-diferença para as fases A, B e C são dadas, respectivamente, pelas Equações (2, 3 e 4).

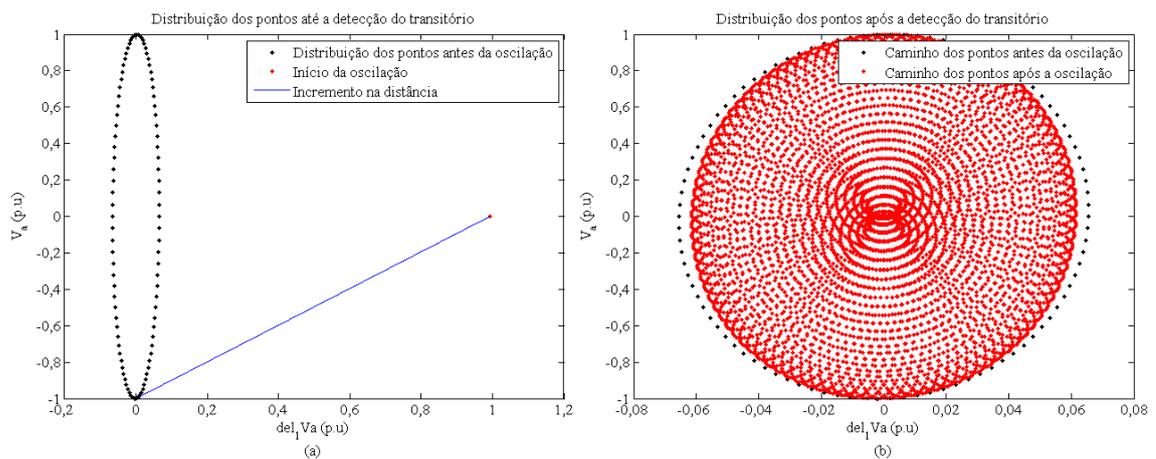
$$\text{del1}_{V_A}(n) = V_A(n) - V_A(n - 1) \quad (2)$$

$$\text{del1}_{V_B}(n) = V_B(n) - V_B(n - 1) \quad (3)$$

$$\text{del1}_{V_C}(n) = V_C(n) - V_C(n - 1) \quad (4)$$

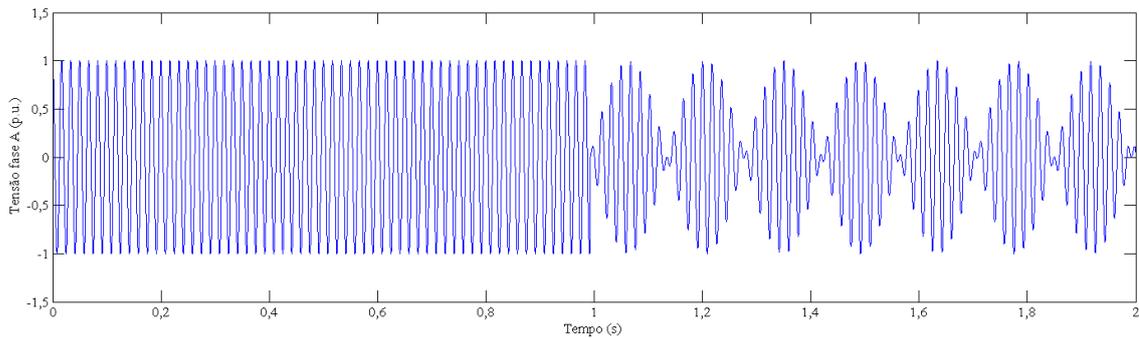
As Equações (2), (3) e (4), representam as amostras atuais dos sinais de tensão V das fases A, B e C do sistema. Colocando os valores amostrados de tensão e suas respectivas funções-diferença como pares ordenados num plano cartesiano de eixos $\text{del}_1 \times V$, os pontos aparecerão distribuídos em uma trajetória bem definida em torno da origem do sistema. Além disso, durante a operação normal do sistema, a distância euclidiana entre dois pontos consecutivos no referido plano é relativamente pequena. Entretanto, quando um transitório ocorre, o respectivo ponto é subitamente desviado da trajetória original, e um incremento considerável na distância entre pontos consecutivos no referido plano pode ser observado. Isto pode ser visto na Figura 8(a), a qual mostra a distribuição os pontos no plano $\text{del}_1 V_a \times V_a$ durante a operação normal do sistema até o momento da ocorrência de uma oscilação estável de potência. Já a Figura 8(b), mostra a distribuição dos pontos durante a oscilação estável de potência, na qual os pontos aparecem distribuídos aleatoriamente, em decorrência das variações de amplitude ocorridas no sinal de tensão da fase A (Figura 9), para uma frequência de Oscilação de -7 Hz.

Figura 8 – Distribuição dos pontos no plano $\text{del}_1 V_a \times V_a$. (a) Até o momento da ocorrência da OEP. (b) Durante a OEP.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 9 – Forma de onda da tensão da fase A para a distribuição da Figura 8.



Fonte: Autoria Própria.

Tendo em vista o súbito incremento na distância euclidiana entre os pontos nos planos $dell \times V$ que caracteriza a ocorrência de um transitório na rede, afirma-se que é possível detectar um evento na rede com base na análise dos sinais de distância para cada fase do sistema. As referidas distâncias euclidianas entre dois pontos consecutivos nos planos $dell_{VA} \times V_A$, $dell_{VB} \times V_B$ e $dell_{VC} \times V_C$, podem ser facilmente obtidas segundo as Equações (5, 6 e 7).

$$dist1_{VA}(n) = \sqrt{[dell1_{VA}(n) - dell1_{VA}(n-1)]^2 + [V_A(n) - V_A(n-1)]^2} \quad (5)$$

$$dist1_{VB}(n) = \sqrt{[dell1_{VB}(n) - dell1_{VB}(n-1)]^2 + [V_B(n) - V_B(n-1)]^2} \quad (6)$$

$$dist1_{VC}(n) = \sqrt{[dell1_{VC}(n) - dell1_{VC}(n-1)]^2 + [V_C(n) - V_C(n-1)]^2} \quad (7)$$

Sempre que o valor de distância calculado para a amostra n for maior do que um valor limítrofe caracteriza-se a ocorrência de um transitório. Esse valor limítrofe pode ser obtido e atualizado com base na estatística do histórico das respectivas distâncias. Logo, os valores os quais, quando ultrapassados, caracterizam a incidência de um evento na rede, para cada fase do sistema, podem ser calculados de acordo com as Equações (8, 9 e 10).

$$Th_{\text{transitório A}}(n) = \mu[janela_A(n)] + 1,2 \times \sigma[janela_A(n)] \quad (8)$$

$$Th_{\text{transitório B}}(n) = \mu[janela_B(n)] + 1,2 \times \sigma[janela_B(n)] \quad (9)$$

$$Th_{\text{transitório C}}(n) = \mu[janela_C(n)] + 1,2 \times \sigma[janela_C(n)] \quad (10)$$

Nas Equações (8, 9 e 10), μ e σ representam, respectivamente, a média e o desvio padrão de janela contendo N valores de distâncias para uma das respectivas fases do sistema. N representa o número de amostras por ciclo dado pela frequência de amostragem (por exemplo, para $f_{\text{amostragem}} = 5760 \text{ Hz}$, $N = 96$ amostras por ciclo). A janela de dados da fase é dada pela Equação (11)

$$janela_A(n) = [dist1_{VA}(n - 95), dist1_{VA}(n - 94), dist1_{VA}(n - 93), \dots, dist1_{VA}(n)] \quad (11)$$

A cada nova amostra de tensão da fase A, são calculados o respectivo valor da primeira função-diferença do referido sinal e o valor de distância entre os pontos $(del_1 V_A(n), V_A(n))$ e $(del_1 V_A(n - 1), V_A(n - 1))$ correspondente a $del_1 V_A(n)$. Para a amostra $(n + 1)$, a janela de dados será atualizada descartando-se o primeiro elemento da janela anterior e deslocando-se os termos restantes para a esquerda. O novo valor de distância $(n + 1)$ é então colocado na última posição da janela (extremidade direita), conforme a Equação (12).

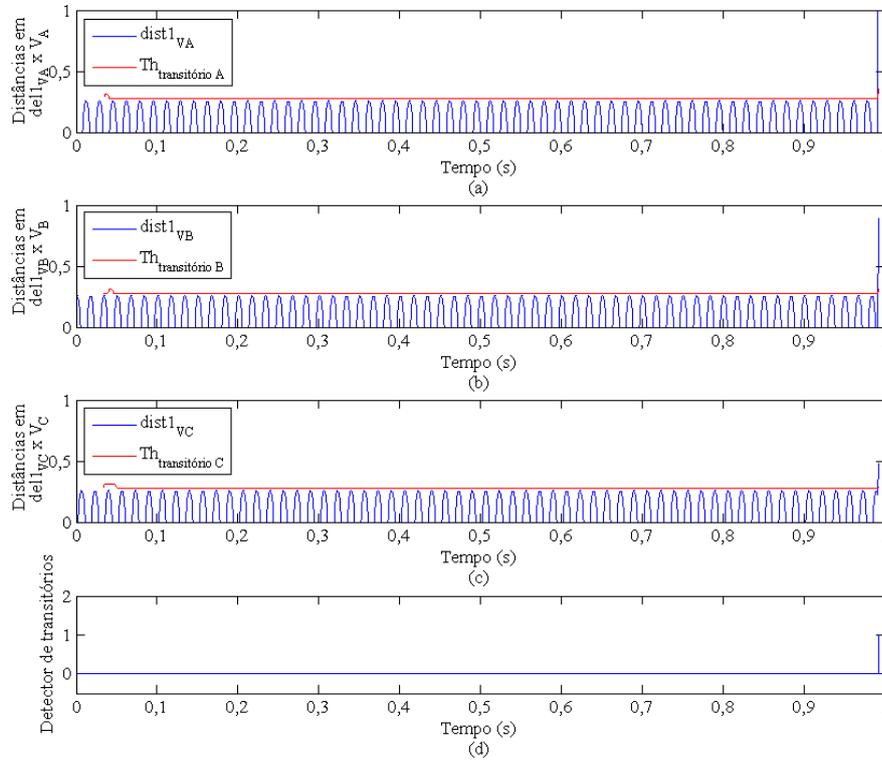
$$janela_A(n + 1) = [dist1_{VA}(n - 94), dist1_{VA}(n - 93), dist1_{VA}(n - 92), \dots, dist1_{VA}(n + 1)] \quad (12)$$

A atualização das janelas para as fases B e C se dá de forma análoga à descrição feita para a fase A. Para cada nova janela, são calculados os respectivos valores limítrofes e são feitas as comparações com os valores de distância correspondentes por fase. Dessa forma, a detecção de um transitório ocorre sempre que uma das condições descritas na Equação (13) for satisfeita.

$$\left. \begin{aligned} \text{dist1}_{VA}(n) &> \text{Th}_{\text{transitório A}}(n) \\ \text{ou} \\ \text{dist1}_{VB}(n) &> \text{Th}_{\text{transitório B}}(n) \\ \text{ou} \\ \text{dist1}_{VC}(n) &> \text{Th}_{\text{transitório C}}(n) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Logo, sendo satisfeita uma das condições na Equação (13), o estado do detector muda de zero para um, caracterizando a detecção do transitório. A partir daí inicia-se a fase de classificação de OEP. A Figura 10 ilustra o funcionamento desse detector.

Figura 10 – Atuação do detector de transitórios. (a) Distâncias no plano $del_1V_A \times V_A$. (b) Distâncias no plano $del_1V_B \times V_B$. (c) Distâncias no plano $del_1V_C \times V_C$. (d) Estado do detector de transitórios.



Fonte: Autoria Própria.

3.2.2. Classificação das oscilações estáveis de potência

Uma vez detectado um transitório, a metodologia cessa o cálculo das distâncias euclidianas e passa a analisar o módulo e ângulo dos fasores na Equação (14), de modo a identificar uma OEP. Durante esse procedimento, os dados obtidos a partir do sinal de uma das fases são suficientes para essa classificação. Neste trabalho, utilizaram-se os fasores $\overline{P(n)}$ da fase A.

$$\overline{P(n)} = \text{del}1_{V_A}(n) + j \cdot V_A(n) \quad (14)$$

Ressalta-se que o módulo e o ângulo de $\overline{P(n)}$ devem ser calculados durante todo o processo de detecção de um transitório e também durante a classificação da OEP, conforme as Equações (15 e 16) n e o. Isto se faz necessário porque os valores de $|\overline{P(n)}|$ e $\theta(n)$ calculados durante o procedimento de classificação da OEP serão comparados com os valores limítrofes para estes parâmetros obtidos durante a fase de detecção do transitório.

$$|\overline{P(n)}| = \sqrt{\text{del}1_{V_A}(n)^2 + V_A(n)^2} \quad (15)$$

$$\theta(n) = \tan^{-1} \frac{V_A(n)}{\text{del}1_{V_A}(n)} \quad (16)$$

Os valores limítrofes para módulo e ângulo de $\overline{P(n)}$ são dados, respectivamente, pelas Equações (17 e 18) para valores de $|\overline{P(n)}|$ e $\theta(n)$ antes da ocorrência da detecção do transitório.

$$Th_1 = \max(|\overline{P(n)}|) \text{ antes da detecção transitório} \quad (17)$$

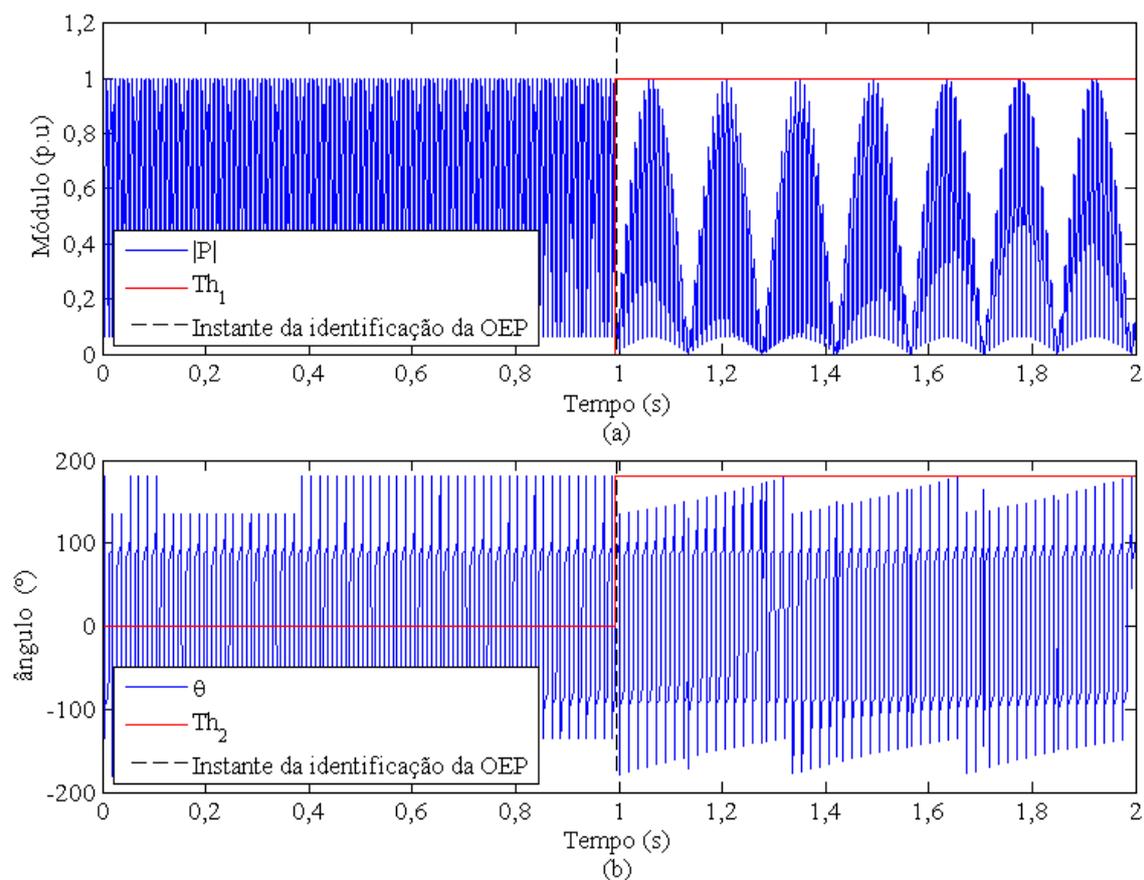
$$Th_2 = \max(\theta(n)) \text{ antes da detecção transitório} \quad (18)$$

Testes revelaram que os valores $|\overline{P(n)}|$ e $\theta(n)$ são menores do que Th_1 e Th_2 por mais do que $\frac{1}{4}$ de ciclo do sinal de tensão. Dessa forma, tendo em vista essa revelação, pode-se afirmar que uma oscilação estável de potência fica caracterizada quando as condições descritas na Equação (19) forem satisfeitas durante um $\frac{1}{4}$ de ciclo após a detecção do transitório.

$$|\overline{P(n)}| < Th_1 \text{ e } \theta(n) < Th_2 \quad (19)$$

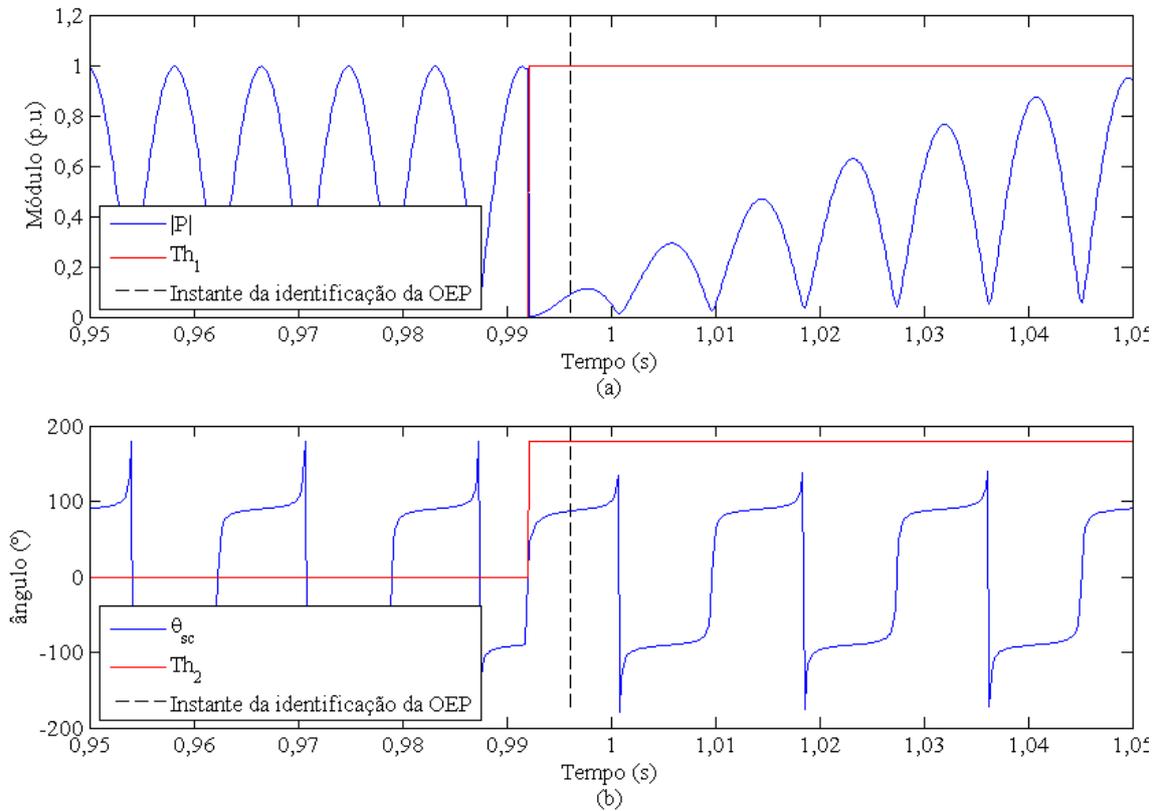
As Figuras 11 e 12 mostram o funcionamento do classificador de OEP para a oscilação da Figura 6. Percebe-se que a identificação da oscilação estável de potência ocorre no instante 0,9962 s, isto é, aproximadamente 4,2 ms (1/4 de ciclo) após a detecção do transitório.

Figura 11 – Atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $\overline{P(n)}$. (b) Variação do ângulo de $\overline{P(n)}$.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 12 – Detalhe da atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $\overline{P(n)}$. (b) Variação do ângulo de $\overline{P(n)}$.

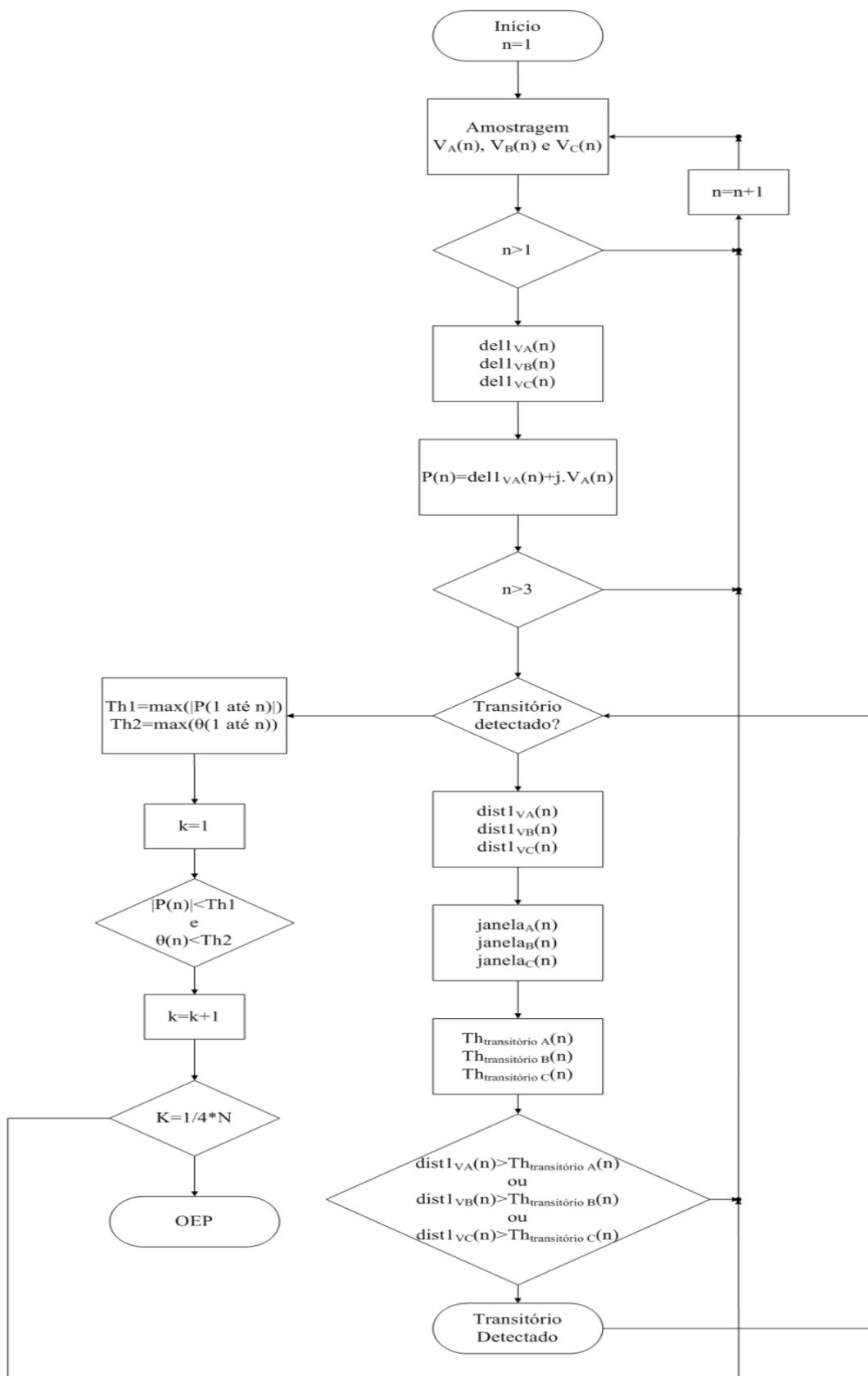


Fonte: Autoria Própria.

3.3. Considerações finais

A metodologia descrita neste Capítulo foi testada para diversos casos simulados a partir do sistema teste da Figura 13 vista no próximo capítulo, incluindo diferentes instantes de incidência da OEP e variados valores de frequência de oscilação. Além disso, foram testadas amostragens de 16, 32, 64 e 96 amostras por ciclo. Para todas as amostragens testadas, a metodologia classificou corretamente as OEPs em todos os casos analisados. Os resultados obtidos são mostrados no Capítulo seguinte. Por fim, o fluxograma completo da metodologia proposta para classificação de oscilações estáveis de potência aparece na Figura 13.

Figura 13 – Fluxograma da metodologia proposta.



Fonte: Autoria Própria.

4. Sistema teste e análise dos resultados

4.1 Considerações gerais

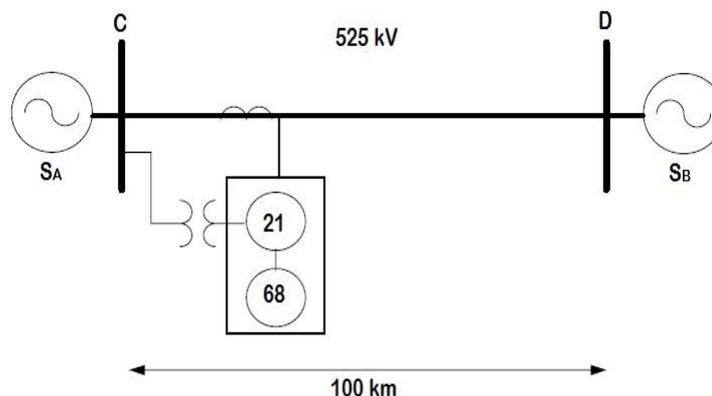
Neste capítulo, são apresentados o sistema teste, o qual foi utilizado para obtenção dos sinais de tensão processados pelo algoritmo proposto, bem como alguns dos resultados obtidos pela metodologia apresentada neste trabalho. Ressalta-se que a técnica proposta para detecção das oscilações estáveis de potência foi implementada no software MATLAB[®] e que o sistema teste foi simulado no EMTP-ATP[®]. Os resultados obtidos demonstraram que a metodologia proposta é robusta e precisa, detectando corretamente todos os casos de oscilação estável de potência analisados.

4.2 Sistema teste

O sistema teste simulado em EMTP-ATP[®] para obtenção dos sinais de tensão processados pelo algoritmo proposto, é mostrado na Figura 14. A partir desse sistema, foram simulados os casos de oscilação de potência analisados. Tal sistema é composto por uma LT, a qual conecta através de seus terminais. Cada barra está conectada a um gerador. Ambos os geradores são equivalentes, possuindo impedâncias idênticas e iguais a $41,7 \Omega$. Além disso, representam subsistemas externos de tensão igual a 525 kV. A impedância total da linha de transmissão é de $0,346+j1,066 \Omega/\text{km}$. Esses dados foram retirados das bibliografias estudadas.

Para simulação dos casos de OEP, manteve-se constante a frequência do gerador conectado a barra C, a qual foi fixada como o valor nominal de 60 Hz. Já para o gerador da barra D, a frequência era mantida constante e igual a 60 Hz até o momento da incidência da OEP, a partir do qual, a esse valor, era somado um valor pré-definido para a frequência de oscilação do sistema. Foram simulados casos para diferentes valores de frequência de oscilação e instantes de incidência da OEP. Com os resultados dessas simulações, foi criado um banco de sinais trifásicos de tensão, o qual serviu como base para validação da metodologia proposta.

Figura 14 – Sistema teste.



Fonte: MORAIS et.al (2010).

4.3 Resultados

Os sinais obtidos a partir da simulação do sistema teste foram processados pelo algoritmo proposto em diferentes amostragens. Foram analisadas amostragens de 16, 32, 64 e 96 amostras/ciclo, dentre as quais, os melhores resultados foram verificados para a amostragem de 96 amostras/ciclo.

Ressalta-se que as oscilações de potência foram simuladas para frequências de oscilação de $\pm 0,2$, $\pm 0,5$, ± 1 , $\pm 1,3$, $\pm 1,5$, ± 2 , $\pm 2,7$, ± 3 , ± 5 , e ± 7 Hz. Além disso, cada oscilação foi simulada para instantes de incidência de 0,992, 0,995, 0,998, 1,002, 1,005 e 1,008 segundos. Isto foi feito com o intuito de verificar o desempenho da metodologia proposta frente a ocorrência da OEP em diferentes porções das formas de onda dos sinais de tensão, visto que isto provoca diferentes deformações nas formas de onda dos respectivos sinais. Ainda, os sinais de tensão tiveram suas amplitudes normalizadas em 1 p.u.

A seguir são descritos detalhadamente alguns dos resultados obtidos. Os demais estão resumidos nas Tabelas do Anexo 1. Destaca-se que a metodologia apresentou resultados satisfatórios, uma vez que o método foi capaz de detectar as OEPs corretamente em 100% dos casos analisados, independentemente da taxa de amostragem utilizada.

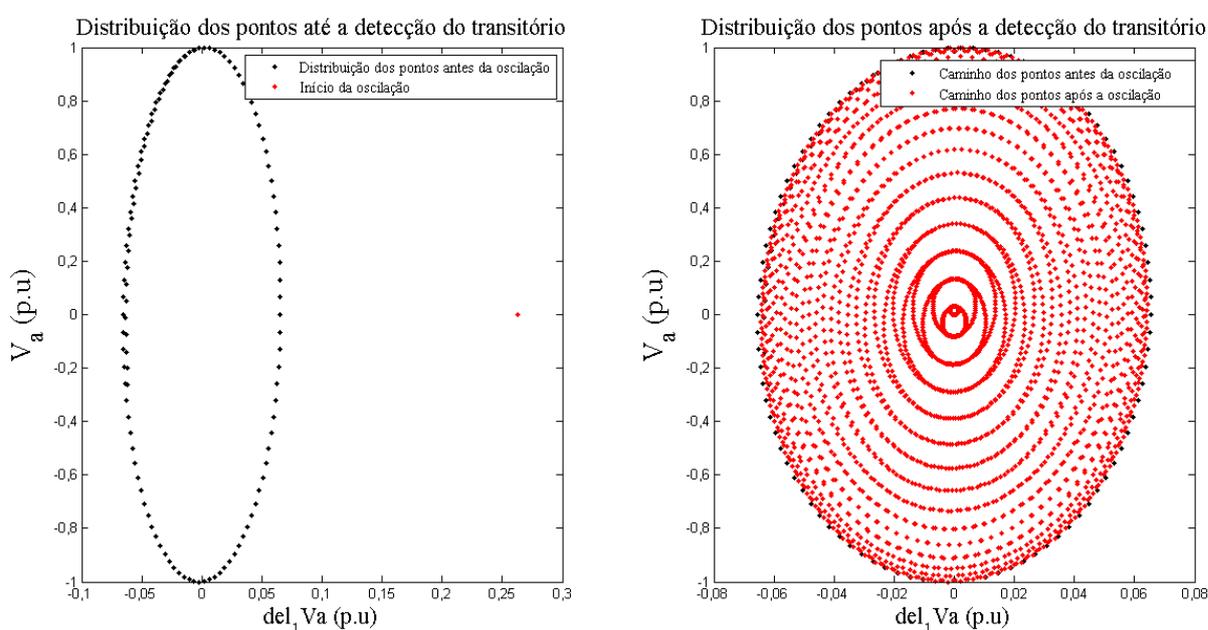
4.3.1. Caso 1: $f_{\text{oscilação}} = -2$ Hz; Incidência da oscilação em 1,005 s; 96 amostra/ciclo

Neste caso, o transitório foi detectado em 1,005 s e a OEP foi classificada em 1,0092 s, exatamente $\frac{1}{4}$ de ciclo após a detecção do transitório (Tabela 4 do Anexo 1). Caso esta metodologia fosse utilizada em conjunto com um relé de distância, o mesmo seria blo-

queado a partir do momento em que a OEP fosse detectada, evitando assim sua atuação indevida. Ressalta-se que o tempo demandado para a classificação da OEP (1/4 de ciclo) é bem menor do que o demandado pelas metodologias clássicas que monitoram as variações no vetor de impedâncias da rede, o que demonstra uma vantagem da metodologia proposta em relação às demais.

Além disso, a Figura 15 mostra, em (a) a distribuição dos pontos $\text{del}_1 V_a \times V_a$ até o momento da incidência da OEP. Já em (b), a referida Figura mostra a distribuição dos pontos durante a ocorrência da oscilação

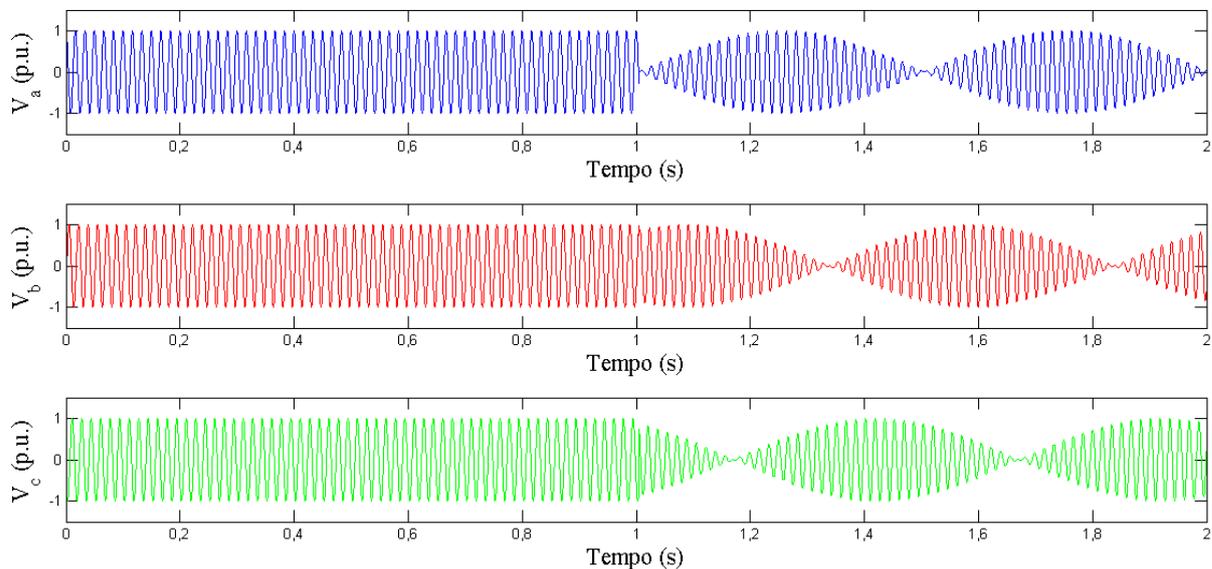
Figura 15 – Distribuição dos pontos para incidência da oscilação de 1,005 s no plano $\text{del}_1 V_a \times V_a$. (a) Até o momento da ocorrência da OEP. (b) Durante a OEP.



Fonte: Autoria Própria.

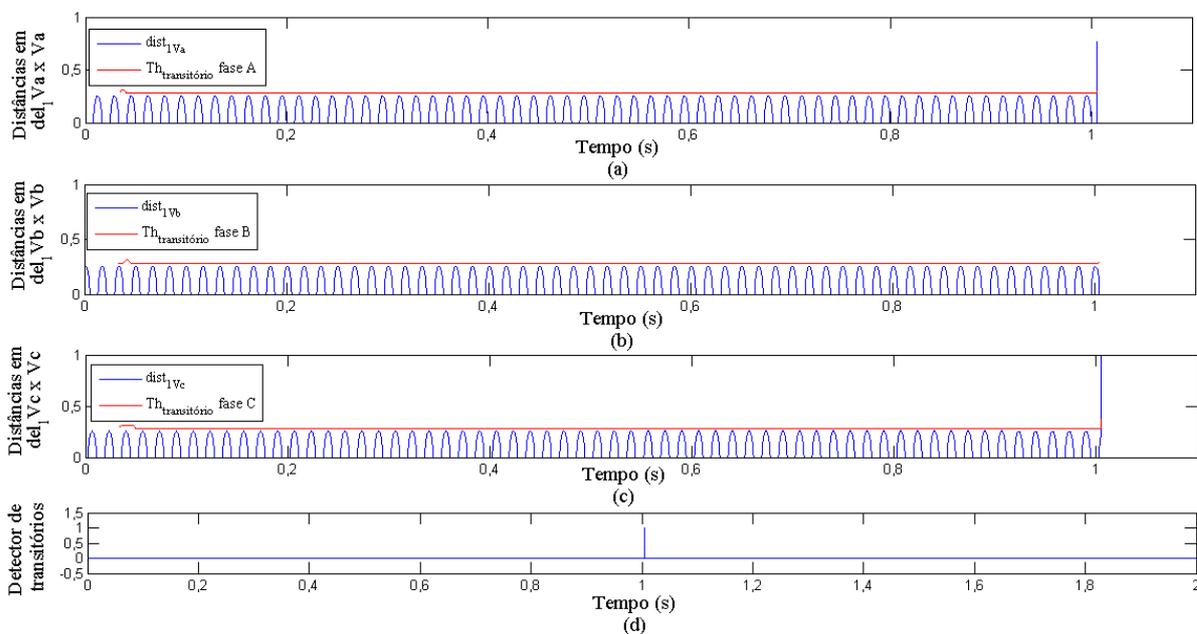
Na Figura 16, são apresentadas as formas de onda da tensão de cada fase do sistema. Nota-se que, até o instante da ocorrência da OEP, o sistema encontra-se em regime permanente. A partir do momento em que a oscilação se inicia, o caráter periódico do regime permanente não se verifica, apresentando amplitude oscilatória. Também, a Figura 17 apresenta a atuação do detector de transitórios, a qual demonstra que a metodologia detecta o exato instante em que a OEP se inicia.

Figura 16 – Formas de ondas de tensão para o Caso 1.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 17 – Atuação do detector de transitórios. (a) Distâncias no plano $del_1 V_A \times V_A$. (b) Distâncias no plano $del_1 V_B \times V_B$. (c) Distâncias no plano $del_1 V_C \times V_C$. (d) Estado do detector de transitórios.

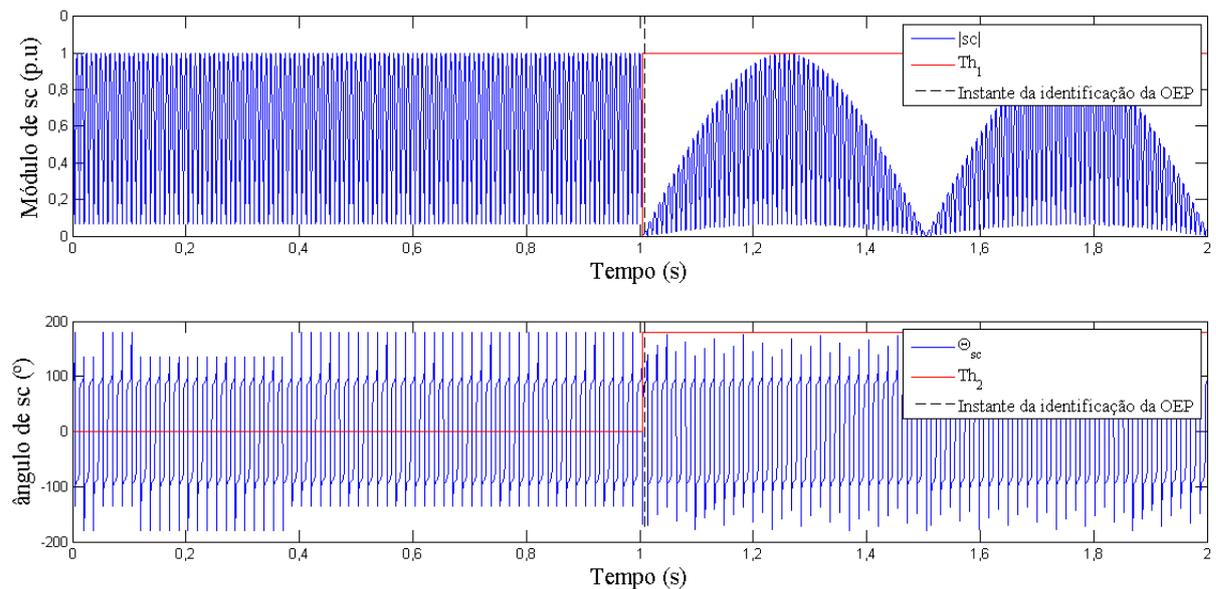


Fonte: Autoria Própria.

NA Figura 17, nota-se que para as fases A e C, as distâncias no plano $del_1V_A \times V_A$ e $del_1V_C \times V_C$ satisfazem a condição da Equação (14), caracterizando a detecção do transitório. Assim, o estado do detector de transitórios muda de zero para 1 e inicia-se a fase de classificação da OEP, não sendo mais preciso a análise das distâncias euclidianas.

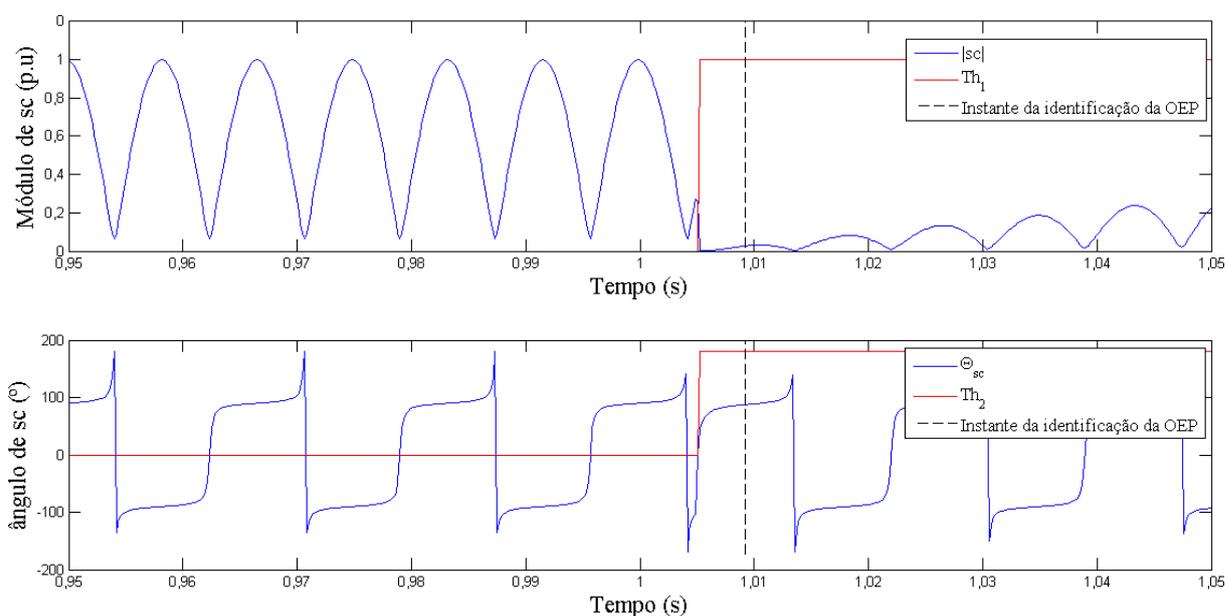
As figuras 18 e 19 apresentam o comportamento do módulo e ângulo dos fasores $\overline{P}(n)$, os quais servem para a classificação da OEP. Nesse caso, esses apresentaram valores inferiores aos valores limítrofes obtidos pelas Equações (18 e 19) por mais de $\frac{1}{4}$ de ciclo do sinal de tensão, caracterizando a OEP, cuja classificação ocorre em 1,0092 s, quando as condições da Equação (20) são satisfeitas, ou seja, 4,2 ms após a detecção do transitório.

Figura 18 – Atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $\overline{P}(n)$. (b) Variação do ângulo de $\overline{P}(n)$.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 19 – Detalhe da atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $\overline{P(n)}$. (b) Variação do ângulo de $\overline{P(n)}$.



Fonte: Autoria Própria.

4.3.2. Caso 2: $f_{\text{oscilação}} = -2$ Hz; Diferentes instantes de oscilação; 96 amostras/ciclo

Utilizando a mesma amostragem e frequência de oscilação do caso anterior, foi verificado o comportamento resultante da metodologia proposta quando se varia o instante de incidência da oscilação. A Tabela 1 resume os resultados, mostrando que os mesmos são condizentes com a metodologia aplicada, ou seja, a OEP foi classificada corretamente, em todos os casos, $\frac{1}{4}$ de ciclo após a detecção do transitório.

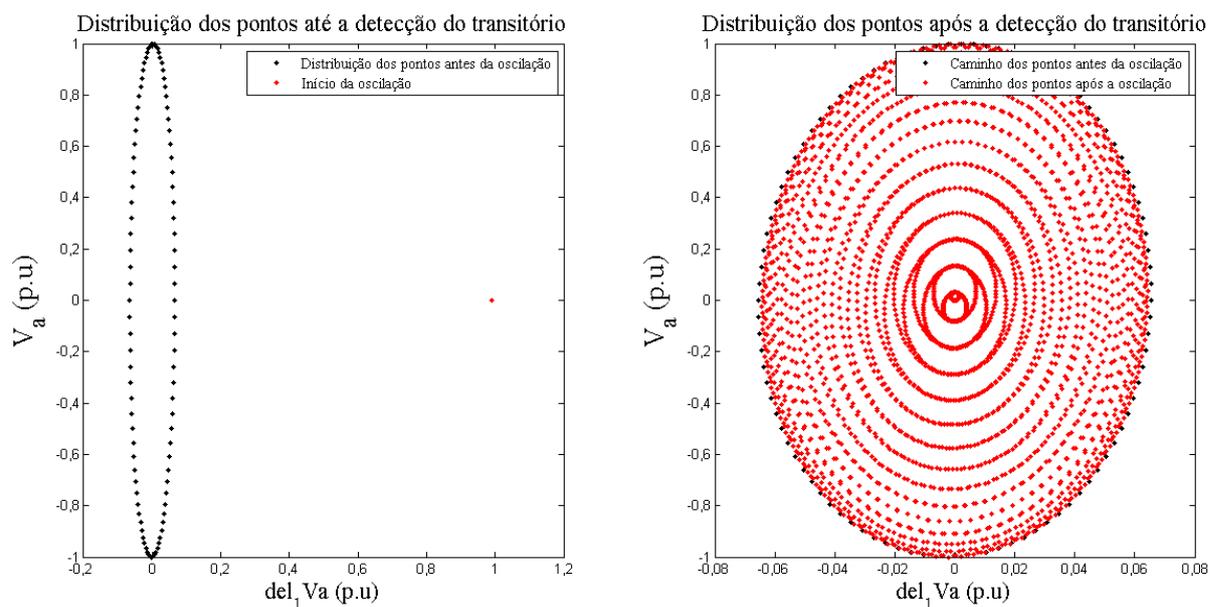
Tabela 1 – Resultados obtidos para frequência de oscilação -2 Hz e 96 Amostras/ciclo

Incidência da oscilação [s]	Detecção do transitório [s]	Classificação da oscilação estável [s]
0,992	0,99201	0,99618
0,995	0,99514	0,99931
0,998	0,99809	1,0023
1,008	1,0082	1,0123
1,005	1,005	1,0092
1,002	1,0021	1,0063

Fonte: Autoria Própria.

Nesse contexto, a Figura 20 expõe, em (a), a distribuição dos pontos no plano $\text{del}_1 V_A \times V_A$ durante a operação normal do sistema até o momento da ocorrência de uma oscilação estável de potência, e, em (b), a distribuição dos pontos durante a OEP, para a oscilação que se inicia no instante 0,992 s.

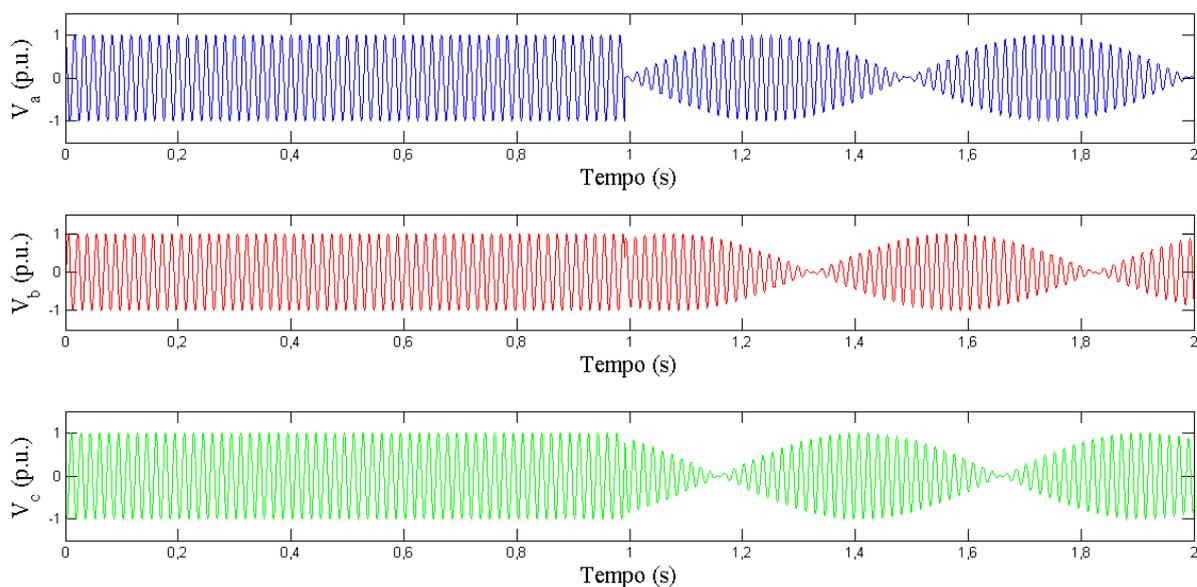
Figura 20 – Distribuição dos pontos para incidência da oscilação de 0,992 s no plano $\text{del}_1 V_A \times V_A$. (a) Até o momento da ocorrência da OEP. (b) Durante a OEP.



Fonte: Autoria Própria.

Além disso, a Figura 21 expõe o comportamento das tensões de fases A, B e C durante todo o intervalo de simulação, a partir da qual verificam-se as alterações nas formas de onda após a incidência da OEP.

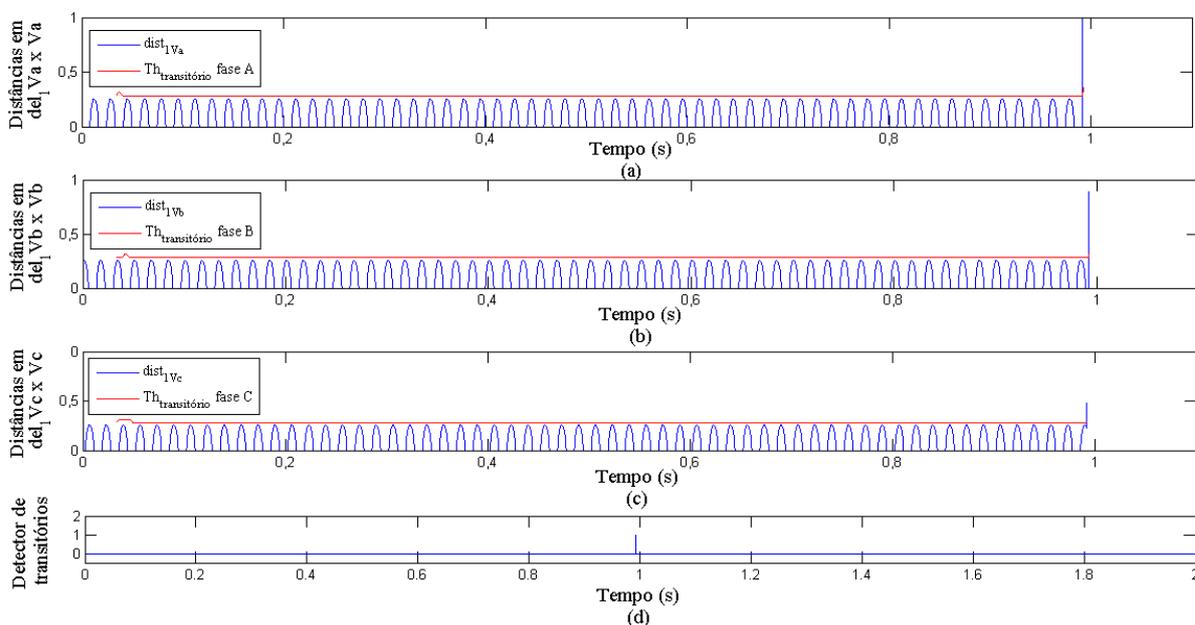
Figura 21 – Formas de ondas de tensão para o Caso 2.



Fonte: Autoria Própria.

Ainda, na Figura 22, está representada a atuação do detector de transitórios, cuja atuação, nesse caso, ocorreu para as três fases do sistema. Dessa forma, no instante da respectiva detecção, o detector de transitórios muda seu estado de zero para um no instante em que uma das distâncias euclidianas correspondentes a uma das fases do sistema satisfaz a condição da Equação (13).

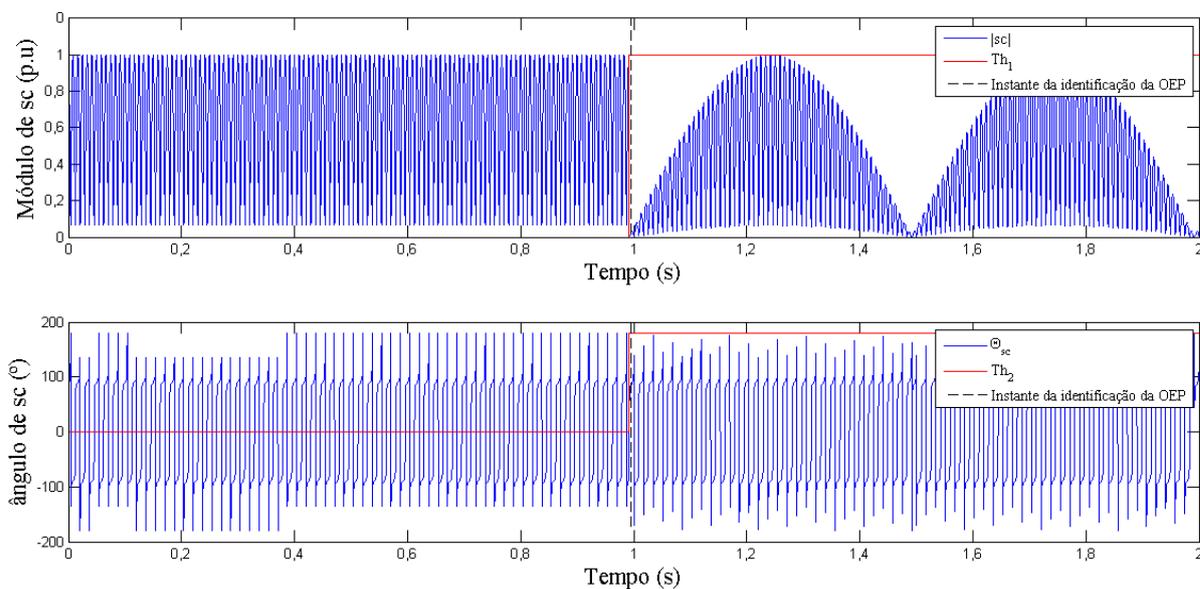
Figura 22 – Atuação do detector de transitórios. (a) Distâncias no plano $del_1V_A \times V_A$. (b) Distâncias no plano $del_1V_B \times V_B$. (c) Distâncias no plano $del_1V_C \times V_C$. (d) Estado do detector de transitórios.



Fonte: Autoria Própria.

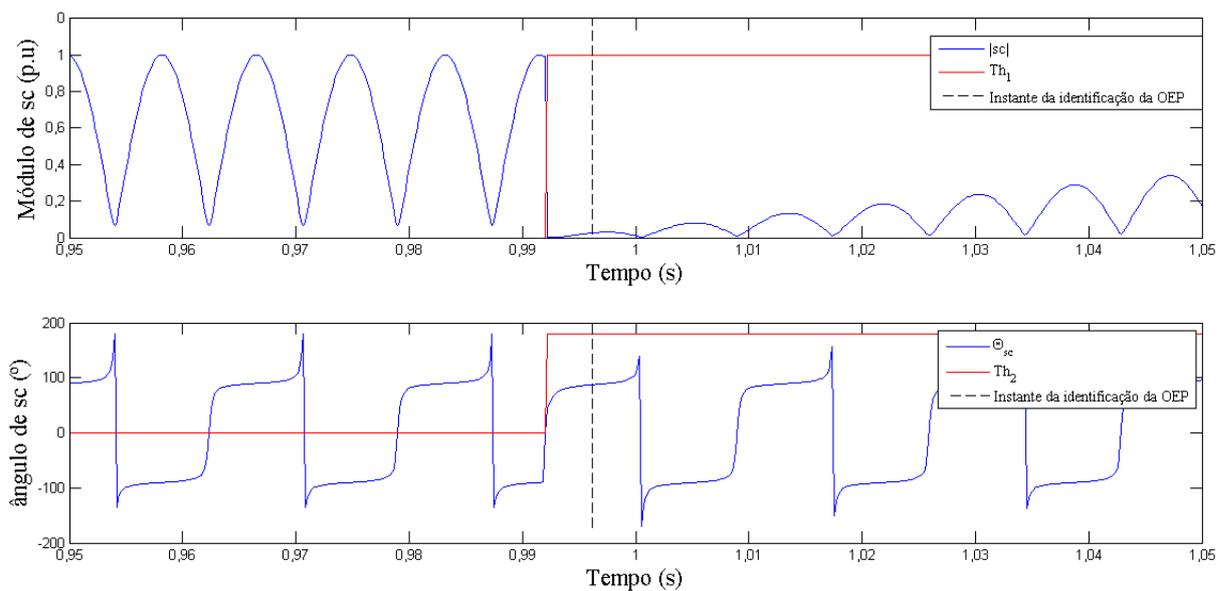
Por fim, as Figuras 23 e 24 apresentam a fase de classificação da OEP, com o comportamento do módulo e ângulo dos fasores $\bar{P}(n)$. Na Figura 23 é possível perceber claramente que o transitório é identificado antes de 1 s, diferentemente do que pode ser percebido na Figura 18. Isso ocorre devido à incidência da oscilação ocorrer em 0,992 s, sendo que, para o caso 1, a oscilação ocorre 1,005 s. Nesse caso o transitório é detectado em 0,99201 s e a OEP classificada corretamente em 0,99618 s, exatamente $\frac{1}{4}$ de ciclo após a detecção do transitório.

Figura 23 – Atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $\overline{P(n)}$. (b) Variação do ângulo de $\overline{P(n)}$.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 24 – Detalhe da atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $\overline{P(n)}$. (b) Variação do ângulo de $\overline{P(n)}$.



Fonte: Autoria Própria.

Logo, a partir da comparação entre os resultados obtidos para os casos 1 e 2, conclui-se que, independente do instante de incidência da oscilação, a metodologia atua satisfatoriamente, classificando corretamente a OEP de forma rápida após $\frac{1}{4}$ de ciclo depois da detecção do transitório.

4.3.3. Caso 3: $f_{\text{oscilação}} = +0,5 \text{ Hz}$; incidência da OEP em 0,998 s; 96 amostras/ciclo

Nesse caso, o transitório foi detectado no instante 0,99809 s e a OEP foi classificada $\frac{1}{4}$ de ciclo após sua incidência (instante 1,0023 s). Esses valores podem ser verificados na Tabela 2, a qual apresenta também os valores obtidos para outros instantes de incidência da OEP para a frequência de oscilação de + 0,5 Hz e taxa de amostragem 96 amostras/ciclo.

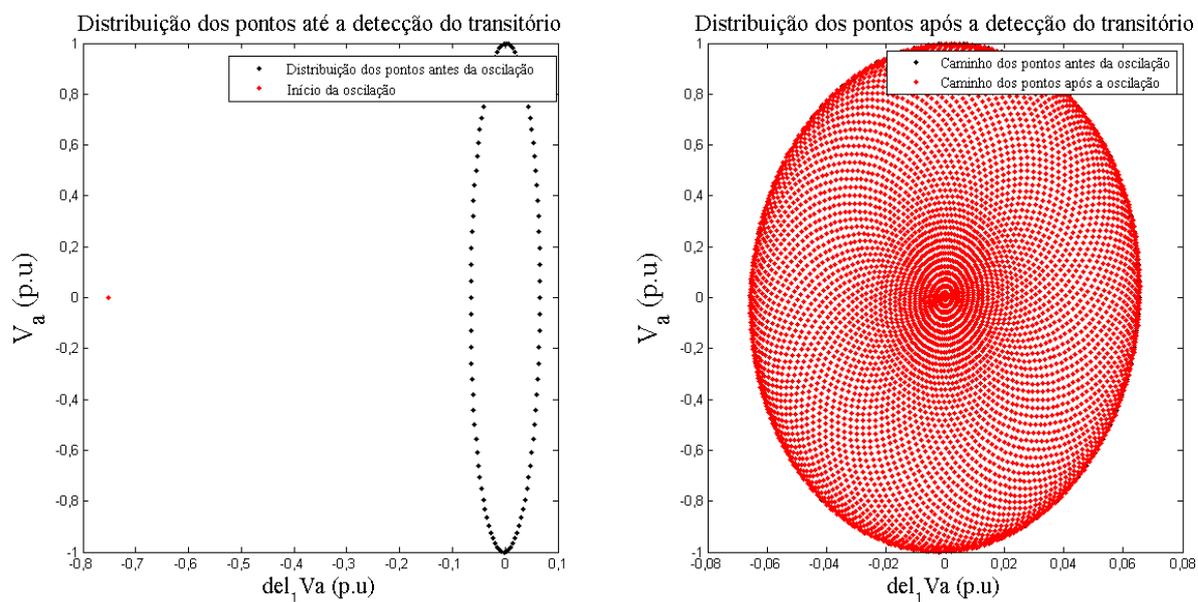
Tabela 2 – Resultados obtidos para frequência de oscilação 0,5 Hz e 96 Amostras/ciclo

Incidência da oscilação [s]	Deteção do transitório [s]	Classificação da oscilação estável [s]
0,992	0,99201	0,99618
0,995	0,99514	0,99931
0,998	0,99809	1,0023
1,008	1,0082	1,0123
1,005	1,005	1,0092
1,002	1,0021	1,0063

Fonte: Autoria Própria.

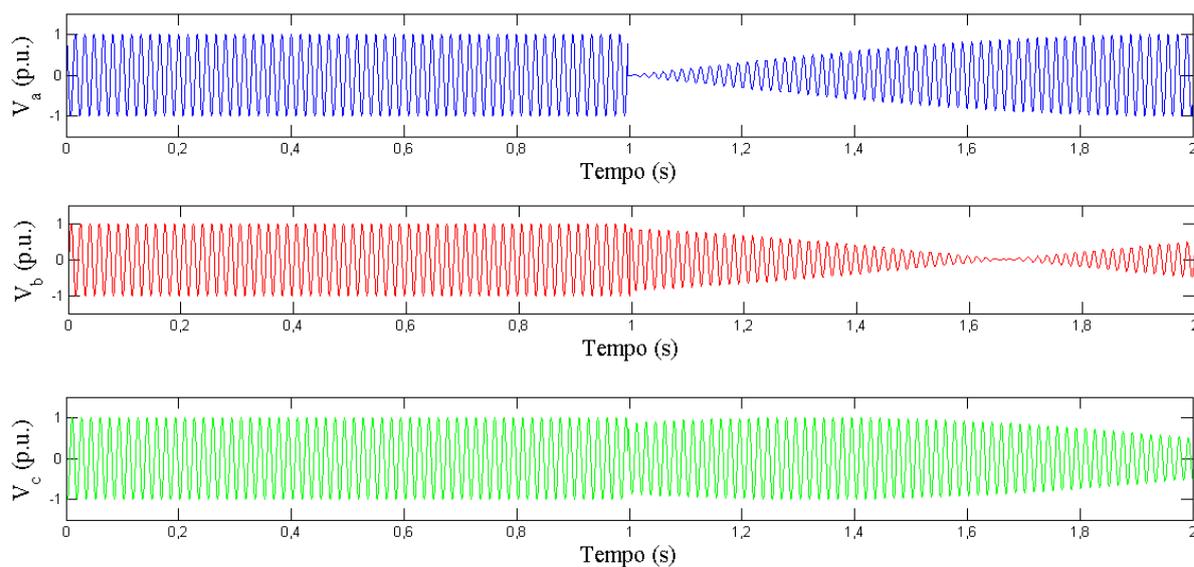
A Figura 25 mostra, em (a), a distribuição dos pontos no plano $del_1 V_A \times V_A$ durante a operação normal do sistema até o momento da ocorrência de uma oscilação estável de potência. Já em (b), é mostrada a distribuição dos pontos durante a OEP. Nesse caso, o transitório foi detectado adequadamente 90 μs após sua ocorrência. As formas de onda das tensões para este caso podem ser visualizadas na Figura 26. Além disso, a atuação do detector de transitórios pode ser vista na Figura 27.

Figura 25 – Distribuição dos pontos para incidência da oscilação de 0,998 s no plano $del_1 V_a \times V_a$. (a) Até o momento da ocorrência da OEP. (b) Durante a OEP.



Fonte: Autoria Própria.

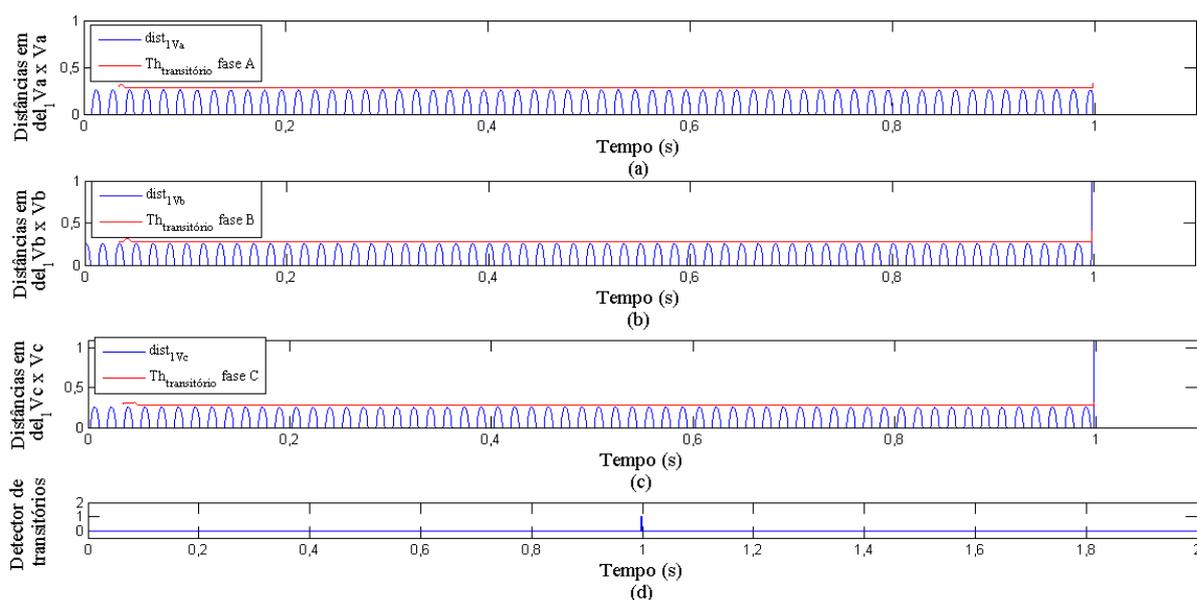
Figura 26 – Formas de ondas de tensão para o Caso 3.



Fonte: Autoria Própria.

Ressalta-se mais uma vez que a mudança repentina nas distâncias euclidianas, ocorridas em virtude da oscilação de amplitude dos sinais de tensão causada pela OEP determina a detecção do transitório, conforme pode ser visto na Figura 27. A partir dessa detecção, inicia-se a fase de classificação da OEP, a qual é mostrada nas Figuras 28 e 29. Essas Figuras demonstram o comportamento do módulo e ângulo dos fasores $\bar{P}(n)$ para a OEP que ocorre a partir do instante 0,998. A partir dessas Figuras, percebe-se que ambos os parâmetros apresentaram valores inferiores àqueles ocorridos no instante da detecção do transitório (0,99809 s) por mais de $\frac{1}{4}$ de ciclo do sinal, caracterizando a ocorrência de uma OEP.

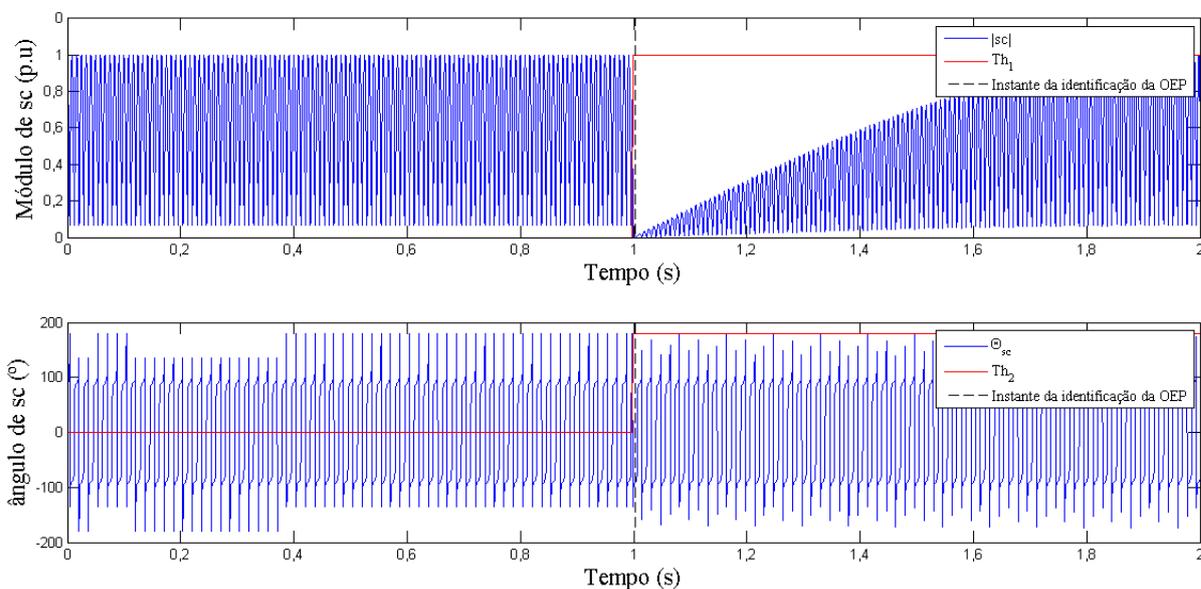
Figura 27 – Atuação do detector de transitórios. (a) Distâncias no plano $del_1V_A \times V_A$. (b) Distâncias no plano $del_1V_B \times V_B$. (c) Distâncias no plano $del_1V_C \times V_C$. (d) Estado do detector de transitórios.



Fonte: Autoria Própria.

Desse modo, inicia-se a classificação da OEP, nas Figuras 28 e 29 encontra-se o comportamento do módulo e ângulo dos fasores. A partir destas, percebe-se que o comportamento manteve valores inferiores aos que vinham apresentando até 0,99809 s (momento de detecção do transitório) por mais de $\frac{1}{4}$ de ciclo do sinal de tensão, logo, a partir das Equações (18 e 19) é identificada a OEP.

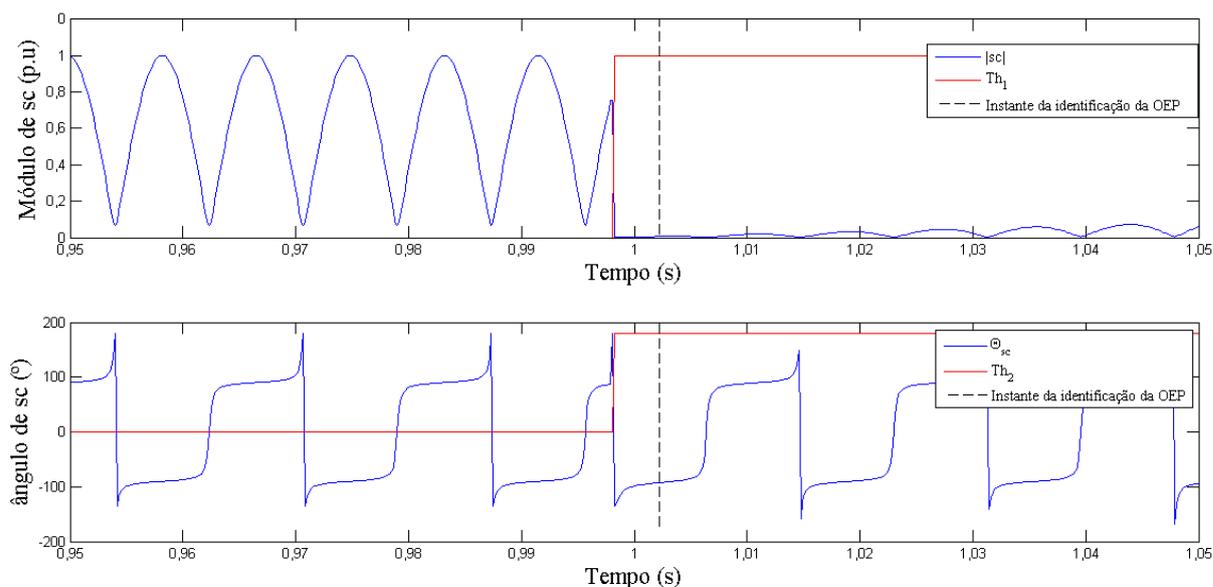
Figura 28 – Atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $\overline{P(n)}$. (b) Variação do ângulo de $\overline{P(n)}$.



Fonte: Autoria Própria.

Por fim, a Figura 29 apresenta o detalhe do exato momento da identificação da OEP, em 1,0023 s, exatamente 4,2 ms ou $\frac{1}{4}$ de ciclo após a detecção do transitório.

Figura 29 – Detalhe da atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $\overline{P(n)}$. (b) Variação do ângulo de $\overline{P(n)}$.



Fonte: Autoria Própria.

4.3.4. Caso 4: $f_{oscila\tilde{c}ao} = -1$ Hz; incidência da OEP em 0,998 s; 96 amostras/ciclo

Para consolidar a metodologia, esta Subseção apresenta os resultados obtidos para um caso de oscilação estável de potência com frequência de oscilação igual a -1 Hz, a qual se inicia no instante 0,998. Como pode ser visto na tabela 3, o transitório foi detectado no instante 0,99809 s e a OEP foi classificada corretamente $\frac{1}{4}$ de ciclo após a detecção do transitório. Além disso, a Tabela 3 mostra os resultados obtidos para outros instantes de incidência da OEP, para a mesma frequência de oscilação e taxa de amostragem.

Tabela 3 – Resultados obtidos para frequência de oscilação -1 Hz e 96 Amostras/ciclo

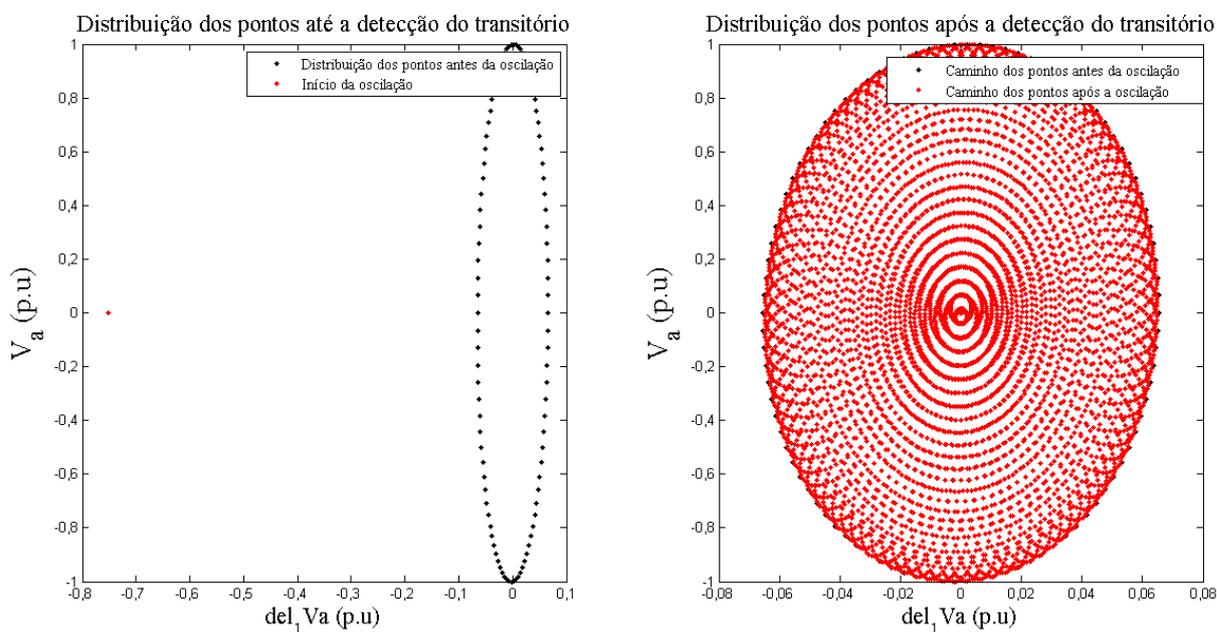
Incidência da oscilação [s]	Deteção do transitório [s]	Classificação da oscilação estável [s]
0,992	0,99201	0,99618
0,995	0,99514	0,99931
0,998	0,99809	1,0023
1,008	1,0082	1,0123
1,005	1,005	1,0092
1,002	1,0021	1,0063

Fonte: Autoria Própria.

É importante ressaltar que, apesar do atraso na detecção do transitório para os casos 3 e 4, a identificação da OEP ocorre em um tempo menor do que o intervalo demandado para que a impedância vista por um relé de distância entre em sua região de operação, estando este operando sob condição de oscilação de potência. Logo, a metodologia pode ser utilizada como lógica de bloqueio nestes relés, sem prejudicar a continuidade do serviço do equipamento monitorado.

A Figura 30 a distribuição dos pontos no plano de $1_{VA} \times V_A$ para a incidência da oscilação em 0,998 s, durante a operação normal do sistema e durante a ocorrência da OEP.

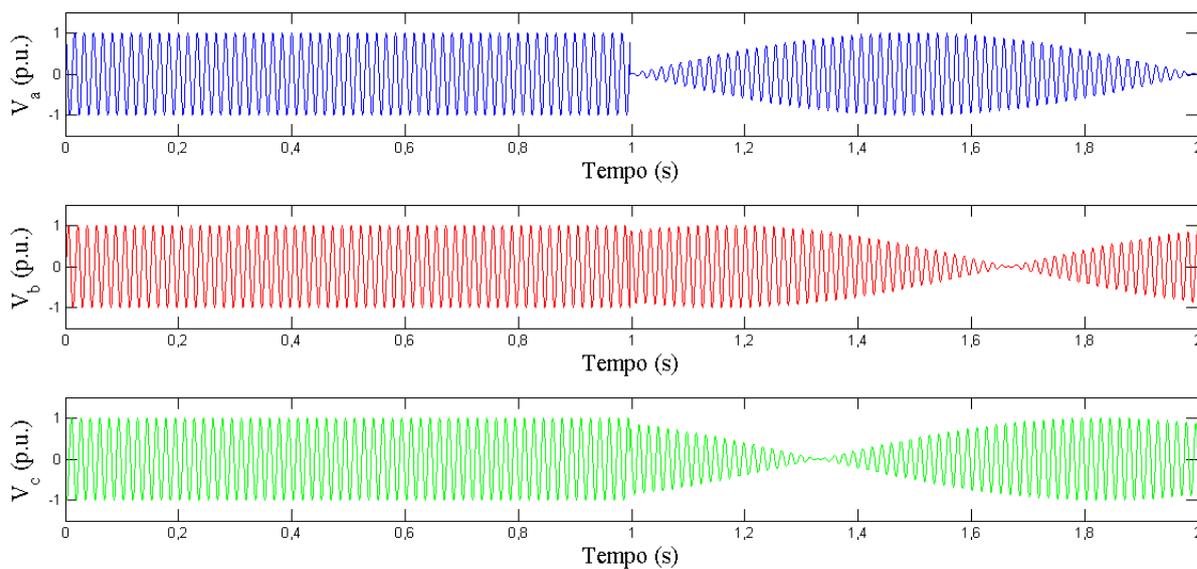
Figura 30 – Distribuição dos pontos para incidência da oscilação de 0,998 s no plano $del_1 V_a \times V_a$. (a) Até o momento da ocorrência da OEP. (b) Durante a OEP.



Fonte: Autoria Própria.

Além disso, a Figura 31 mostra as formas de onda para as tensões das fases A, B e C, obtidas a partir da simulação da ocorrência da OEP descrita no sistema teste descrito na Seção 4.2.

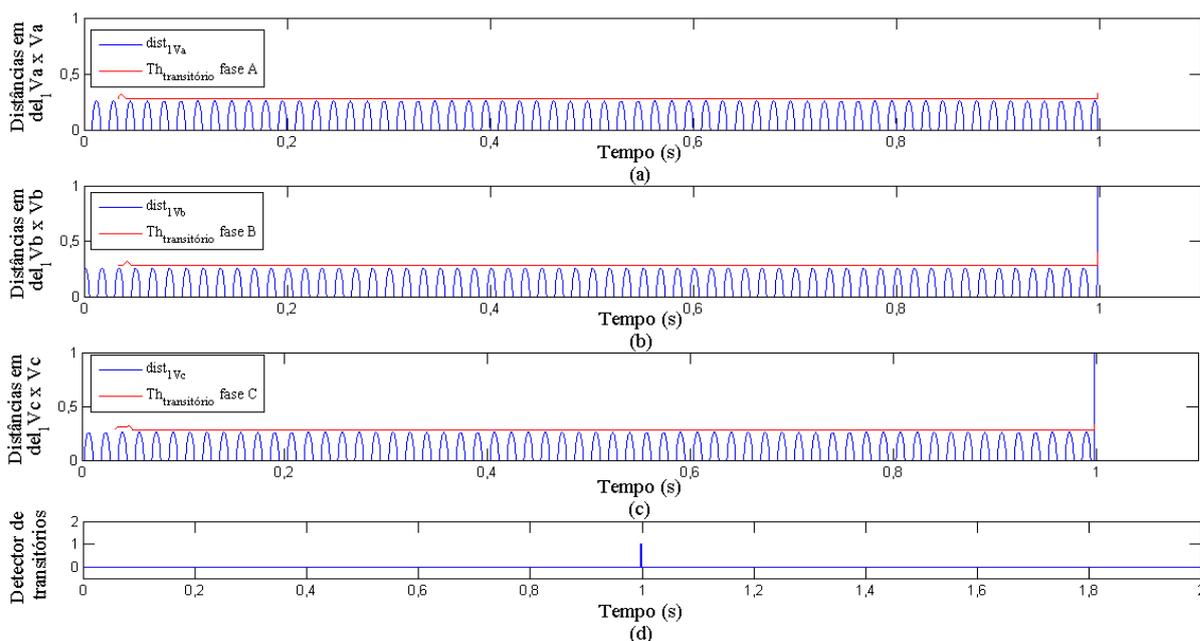
Figura 31 – Formas de ondas de tensão para o Caso 4.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 32 demonstra a atuação do detector de transitórios, a partir da qual pode-se verificar o instante em que o estado desse detector muda de zero para um, iniciando-se o processo de classificação da OEP.

Figura 32 – Atuação do detector de transitórios. (a) Distâncias no plano $del_1 V_A \times V_A$. (b) Distâncias no plano $del_1 V_B \times V_B$. (c) Distâncias no plano $del_1 V_C \times V_C$. (d) Estado do detector de transitórios.

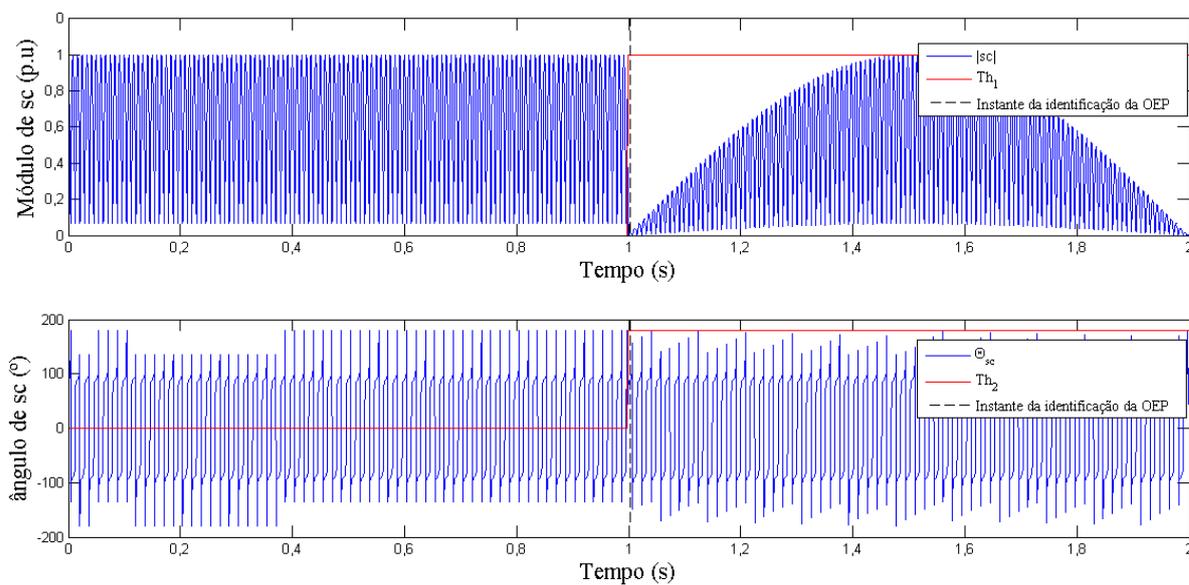


Fonte: Autoria Própria.

Por fim, as Figuras 33 e 34 mostram o processo de classificação da OEP, na qual pode-se observar que o módulo e ângulo dos fasores $\bar{P}(n)$ permanece menor do que os valores verificados para o instante da detecção do transitório por mais de $\frac{1}{4}$ de ciclo, caracterizando uma oscilação estável de potência.

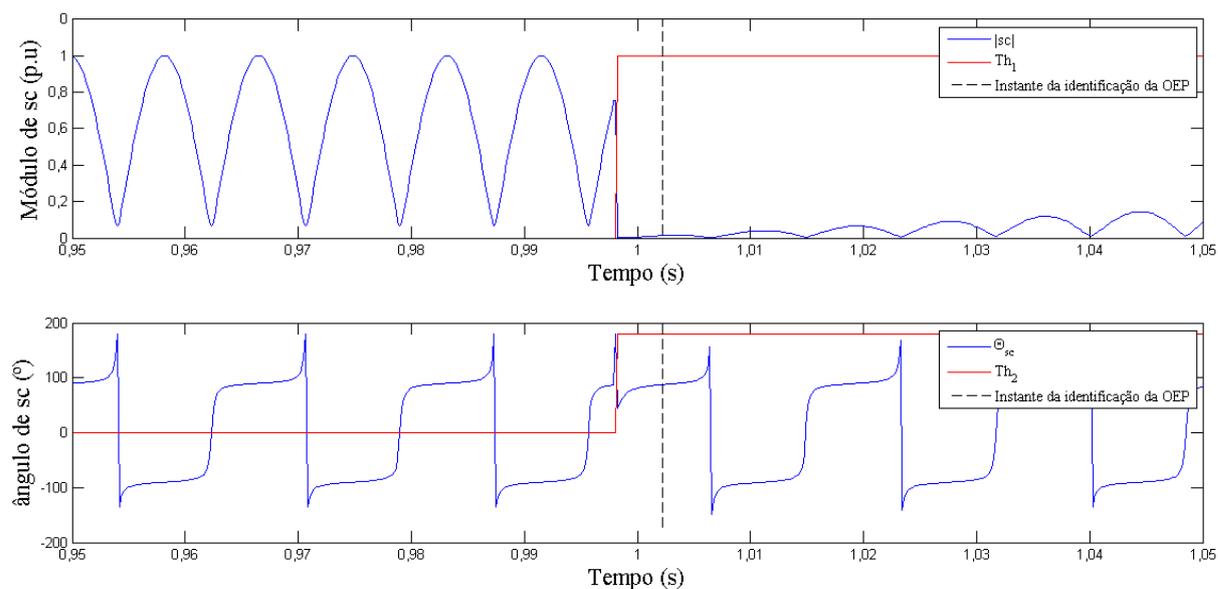
Comparando os casos 3 e 4, conclui-se que, independentemente da frequência de oscilação, a metodologia emprega-se satisfatoriamente, ou seja, as oscilações estáveis de potência são detectadas em qualquer situação.

Figura 33 – Atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $\overline{P(n)}$. (b) Variação do ângulo de $\overline{P(n)}$.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 34 – Detalhe da atuação do classificador de OEPs. (a) Variação do módulo de $\overline{P(n)}$. (b) Variação do ângulo de $\overline{P(n)}$.



Fonte: Autoria Própria.

4.4 Considerações finais

Neste Capítulo, foram apresentados os resultados obtidos pela metodologia proposta, demonstrando que a mesma atua corretamente em qualquer situação de oscilação estável de potência.

Ressalta-se que os resultados obtidos para o processamento de todos os sinais do banco de dados encontram-se em Tabelas no ANEXO 1. Observando os resultados obtidos e suas respectivas análises, verifica-se que a metodologia proposta é robusta e eficaz para a detecção de oscilações estáveis de potência, podendo ser empregada como lógica de bloqueio em relés digitais de distância.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

Nesse trabalho foram apresentados os resultados obtidos através de técnicas computacionais para análise de classificação de oscilações estáveis de potência, frente a diferentes condições de incidência de oscilações e frequências de oscilações. Essas técnicas tiveram como principal objetivo a análise dos sinais de tensões das três fases do sistema, averiguando a distribuição e trajetória dos pontos na ocorrência de distúrbios.

Utilizou-se a detecção de transitórios de acordo com a proposta de (DOS SANTOS et al., 2013), juntamente com a técnica para analisar o módulo e ângulo dos fasores para identificar uma OEP. Logo, constatou-se que no momento da ocorrência de uma OEP a tensão sofre um incremento considerável comparado ao seu comportamento original, sendo assim, utilizou-se a análise das distâncias euclidianas entre pontos, junto ao detector de transitório, para identificar o desvio ocorrido, e assim, verificar a variação de tensão que ocorre em OEP.

A metodologia proposta apresentou-se satisfatoriamente rápida, pois analisando o comportamento do módulo e ângulo dos fasores, e os comparando com valores limítrofes, foi possível analisar com exatidão e rapidez o momento de classificação das OEPs, pois o detector de transitório atua no exato instante em que uma das distâncias euclidianas correspondente a qualquer uma das fases sofre variação, tornando o tempo demandado para a classificação da OEP (1/4 de ciclo) menor do que o demandado pelas metodologias clássicas que monitoram as variações no vetor de impedâncias da rede.

Nos vários casos considerados, independente do instante de incidência da oscilação, não se constatou nenhum problema de falta de atuação da metodologia, como pode ser visualizado nas tabelas de resultados em anexo, a OEP sempre foi classificada 4,2 ms após a detecção do transitório, assim como, o detector de transitório obteve a mesma atuação em todos os casos de incidência de oscilação, como foi analisado nos Casos 3 e 4 do capítulo 4.

De forma geral, verificou-se o comportamento das tensões de fase do sistema quando ocorrem oscilações de potência, e com isso, obteve-se uma técnica para detectar essa ocorrência. A fim de garantir a correta atuação de sistemas de proteção, torna-se necessário a atuação dessa metodologia em conjunto com relés de distância e bloqueio, pois os resultados obtidos demonstraram que a metodologia proposta é robusta e precisa, sendo capaz de detectar corretamente todos os casos de oscilação estável de potência analisados. Na prática, a utilização dessa metodologia em conjunto ao relé de distância, garante que o mesmo será bloqueado rapidamente na ocorrência de uma OEP.

Por fim, tendo em vista os resultados obtidos, propõe-se uma técnica para bloqueio do relé de distância em caso de OEP, assim como, uma comparação com as principais técnicas utilizadas nesses casos. Essa técnica deve ser capaz de identificar o tipo de oscilação que ocorreu, e quando constatada a OEP, enviar um sinal de comando para o relé de bloqueio, evitando a atuação indevida do relé de distância.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Durante a elaboração do trabalho surgiram algumas sugestões para trabalhos futuros, visando diminuir a atuação indevida de relés de distância em oscilações de potência, dentre as quais, citam-se:

- Testar a metodologia em casos de OEP seguida de curto-circuito;
- Testar a metodologia em casos de OEP ocorrida juntamente com curto-circuito; e
- Comparar a técnica proposta com as outras metodologias apresentadas na literatura especializada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, P. M., **Power System Protection**. Ed. IEEE Press Power Engineering Series – MacGraw-Hill, Nova Iorque, EUA, 1999.
- BENMOUYAL, G., HOU, D. e TZIOUVARAS, D., **Zero-Setting Power Swing Blocking Protection**. Schweitzer Engineering Laboratories Inc, 2005.
- BOLZAN, R., MORAIS, A. P. e CARDOSO Jr., G., **Desenvolvimento de um Algoritmo para Proteção Digital de Linhas de Transmissão: aumento da confiabilidade e disponibilidade da linha durante oscilações de potência**. XI SEPOPE – Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica, Belém, Março, 2009.
- IEEE PSRC WG D6, **Power Swig and Out-of-Step Considerations on Transmission Lines**. Julho, 2005.
- JONSSON, M. e DAALDER, J., **A New Protection Scheme to Prevent Mal-trips Due to Power Swings**. 2001 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, Outubro, 2001.
- MOONEY, J. P. E. e FISCHER, N., **Application Guidelines for Power Swing Detection on Transmission Systems**. IEEE 59th Annual Conference for Protective Relays Engineers, Abril 2006.
- MORAIS, A. P., BOLZAN, R., CARDOSO Jr., G., MARIOTTO, L. e SANTOS, E. M., **Análise de Técnicas de Bloqueio da Proteção de Distância em Linhas de Transmissão Durante Oscilações de Potência**, SBSE, 2010.
- Operador Nacional do Sistema. **Filosofia das proteções das LTS de Alta e Extra Alta Tensão da Rede de Operação do ONS**. Rio de Janeiro, 2011.
- PHADKE, A. G. e THORP, J. S., **Computer Relaying for Power Systems**. Research Studies Press LTD., Baldok, Hertfordshire, Inglaterra, 1988.
- SALGE, G. S., PEREIRA Jr., P. S., MARTINS, C. M., PEREIRA, P. S. e LOURENÇO, G. E., **Análise das Metodologias de Detecção de Oscilações de Potência e Verificação do Desempenho dos IED'S**”, XXI SNPTEE, 2011.
- SANTOS, E. M; CARDOSO, G. Jr; FARIAS, P. E. and MORAIS, A. P., **CT Saturation Detection Based on the Distance Between Consecutive Points in the Plans Formed by the Secondary Current Samples and Their Difference-Functions**. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 28, 2013.
- ZIEGLER, G., **Numerical Distance Protection**. Siemens-Erlangen: Publicis-MCD-Verl. 1999.

ANEXOS

Tabela 4 – Resultados obtidos para 96 Amostras/ciclo (parte 1)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Deteccção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
-7	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
-5	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
-3	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
-2,7	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 5 – Resultados obtidos para 96 Amostras/ciclo (parte 2)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
-2	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
-1,5	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
-1,3	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
-1	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 6 – Resultados obtidos para 96 Amostras/ciclo (parte 3)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
-0,5	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
-0,2	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
0,2	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
0,5	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 7 – Resultados obtidos para 96 Amostras/ciclo (parte 4)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
1	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
	1,3	0,992	0,99201
0,995		0,99514	0,99931
0,998		0,99809	1,0023
1,002		1,0021	1,0063
1,005		1,005	1,0092
1,008		1,0082	1,0123
1,5		0,992	0,99201
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
	2	0,992	0,99201
0,995		0,99514	0,99931
0,998		0,99809	1,0023
1,002		1,0021	1,0063
1,005		1,005	1,0092
1,008		1,0082	1,0123

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 8 – Resultados obtidos para 96 Amostras/ciclo (parte 5)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscilação [s]	Deteccção do transitório [s]	Classificação da oscilação estável [s]
2,7	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
3	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
5	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123
7	0,992	0,99201	0,99618
	0,995	0,99514	0,99931
	0,998	0,99809	1,0023
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,005	1,0092
	1,008	1,0082	1,0123

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 9 – Resultados obtidos para 64 Amostras/ciclo (parte 1)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
-7	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99505	0,99922
	0,998	0,99818	1,0023
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0081	1,0122
	-5	0,992	0,99219
0,995		0,99505	0,99922
0,998		0,99818	1,0023
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0081	1,0122
-3		0,992	0,99219
	0,995	0,99505	0,99922
	0,998	0,99818	1,0023
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0081	1,0122
	-2,7	0,992	0,99219
0,995		0,99505	0,99922
0,998		0,99818	1,0023
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0081	1,0122

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 10 – Resultados obtidos para 64 Amostras/ciclo (parte 2)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
-2	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99505	0,99922
	0,998	0,99818	1,0023
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0081	1,0122
-1,5	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99505	0,99922
	0,998	0,99818	1,0023
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0081	1,0122
-1,3	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99505	0,99922
	0,998	0,99818	1,0023
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0081	1,0122
-1	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99505	0,99922
	0,998	0,99818	1,0023
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0081	1,0122

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 11 – Resultados obtidos para 64 Amostras/ciclo (parte 3)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
-0,5	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99505	0,99922
	0,998	0,99818	1,0023
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0081	1,0122
	-0,2	0,992	0,99219
0,995		0,99505	0,99922
0,998		0,99818	1,0023
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0081	1,0122
0,2		0,992	0,99219
	0,995	0,99505	0,99922
	0,998	0,99818	1,0023
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0081	1,0122
	0,5	0,992	0,99219
0,995		0,99505	0,99922
0,998		0,99818	1,0023
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0081	1,0122

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 12 – Resultados obtidos para 64 Amostras/ciclo (parte 4)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
1	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99505	0,99922
	0,998	0,99818	1,0023
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0081	1,0122
	1,3	0,992	0,99219
0,995		0,99505	0,99922
0,998		0,99818	1,0023
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0081	1,0122
1,5		0,992	0,99219
	0,995	0,99505	0,99922
	0,998	0,99818	1,0023
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0081	1,0122
	2	0,992	0,99219
0,995		0,99505	0,99922
0,998		0,99818	1,0023
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0081	1,0122

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 13 – Resultados obtidos para 64 Amostras/ciclo (parte 5)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
2,7	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99505	0,99922
	0,998	0,99818	1,0023
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0081	1,0122
	3	0,992	0,99219
0,995		0,99505	0,99922
0,998		0,99818	1,0023
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0081	1,0122
5		0,992	0,99219
	0,995	0,99505	0,99922
	0,998	0,99818	1,0023
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0081	1,0122
	7	0,992	0,99219
0,995		0,99505	0,99922
0,998		0,99818	1,0023
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0081	1,0122

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 14 – Resultados obtidos para 32 Amostras/ciclo (parte 1)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
-7	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
-5	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
-3	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
-2,7	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 15 – Resultados obtidos para 32 Amostras/ciclo (parte 2)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
-2	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
-1,5	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
-1,3	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
-1	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 16 – Resultados obtidos para 32 Amostras/ciclo (parte 3)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
-0,5	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	-0,2	0,992	0,99219
0,995		0,99531	0,99948
0,998		0,99844	1,0026
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125
0,2		0,992	0,99219
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	0,5	0,992	0,99219
0,995		0,99531	0,99948
0,998		0,99844	1,0026
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 17 – Resultados obtidos para 32 Amostras/ciclo (parte 4)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
1	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	1,3	0,992	0,99219
0,995		0,99531	0,99948
0,998		0,99844	1,0026
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125
1,5		0,992	0,99219
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	2	0,992	0,99219
0,995		0,99531	0,99948
0,998		0,99844	1,0026
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 18 – Resultados obtidos para 32 Amostras/ciclo (parte 5)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
2,7	0,992	0,99219	0,99635
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	3	0,992	0,99219
0,995		0,99531	0,99948
0,998		0,99844	1,0026
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125
5		0,992	0,99219
	0,995	0,99531	0,99948
	0,998	0,99844	1,0026
	1,002	1,0021	1,0062
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	7	0,992	0,99219
0,995		0,99531	0,99948
0,998		0,99844	1,0026
1,002		1,0021	1,0062
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 19 – Resultados obtidos para 16 Amostras/ciclo (parte 1)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
-7	0,992	0,99271	0,99688
	0,995	0,99583	1
	0,998	0,99896	1,0031
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	-5	0,992	0,99271
0,995		0,99583	1
0,998		0,99896	1,0031
1,002		1,0021	1,0063
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125
-3		0,992	0,99271
	0,995	0,99583	1
	0,998	0,99896	1,0031
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	-2,7	0,992	0,99271
0,995		0,99583	1
0,998		0,99896	1,0031
1,002		1,0021	1,0063
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 20 – Resultados obtidos para 16 Amostras/ciclo (parte 2)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
-2	0,992	0,99271	0,99688
	0,995	0,99583	1
	0,998	0,99896	1,0031
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
-1,5	0,992	0,99271	0,99688
	0,995	0,99583	1
	0,998	0,99896	1,0031
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
-1,3	0,992	0,99271	0,99688
	0,995	0,99583	1
	0,998	0,99896	1,0031
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
-1	0,992	0,99271	0,99688
	0,995	0,99583	1
	0,998	0,99896	1,0031
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 21 – Resultados obtidos para 16 Amostras/ciclo (parte 3)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
-0,5	0,992	0,99271	0,99688
	0,995	0,99583	1
	0,998	0,99896	1,0031
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	-0,2	0,992	0,99271
0,995		0,99583	1
0,998		0,99896	1,0031
1,002		1,0021	1,0063
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125
0,2		0,992	0,99271
	0,995	0,99583	1
	0,998	0,99896	1,0031
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	0,5	0,992	0,99271
0,995		0,99583	1
0,998		0,99896	1,0031
1,002		1,0021	1,0063
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 22 – Resultados obtidos para 16 Amostras/ciclo (parte 4)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
1	0,992	0,99271	0,99688
	0,995	0,99583	1
	0,998	0,99896	1,0031
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	1,3	0,992	0,99271
0,995		0,99583	1
0,998		0,99896	1,0031
1,002		1,0021	1,0063
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125
1,5		0,992	0,99271
	0,995	0,99583	1
	0,998	0,99896	1,0031
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	2	0,992	0,99271
0,995		0,99583	1
0,998		0,99896	1,0031
1,002		1,0021	1,0063
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 23 – Resultados obtidos para 16 Amostras/ciclo (parte 5)

Caso F_{osc} [Hz]	Incidência da oscila- ção [s]	Detecção do transitó- rio [s]	Classificação da osci- lação estável [s]
2,7	0,992	0,99271	0,99688
	0,995	0,99583	1
	0,998	0,99896	1,0031
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	3	0,992	0,99271
0,995		0,99583	1
0,998		0,99896	1,0031
1,002		1,0021	1,0063
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125
5		0,992	0,99271
	0,995	0,99583	1
	0,998	0,99896	1,0031
	1,002	1,0021	1,0063
	1,005	1,0052	1,0094
	1,008	1,0083	1,0125
	7	0,992	0,99271
0,995		0,99583	1
0,998		0,99896	1,0031
1,002		1,0021	1,0063
1,005		1,0052	1,0094
1,008		1,0083	1,0125

Fonte: Autoria Própria.

