

# Aplicação da Linguagem Python na Localização de Faltas em Linhas de Transmissão Através do Kit Smart Grid

Italo M. Cordeiro. Aryfrance R. Almeida.  
Bartolomeu F. S. Junior. Nelber X. Melo

*Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, Brasil, (e-mail: {italomartins, aryfrance, bartolomeu, nelber}@ufpi.edu.br).*

---

**Abstract:** This work presents a fault location algorithm using the Traveling Wave Theory - TOV and Discrete Wavelet Transform - TWD, through Python. The Python language is presented as a programming language for extracting data characteristics from fault signals modeled on transmission lines using the Smart Grid Kit. The results found in this article showed good accuracy in locating the fault with errors below 1% for phase-to-ground faults.

**Resumo:** Esse trabalho apresenta um algoritmo de localização de faltas usando a Teoria das Ondas Viajantes - TOV e Transformada Wavelet Discreta – TWD, através do Python. A linguagem Python é apresentada como uma linguagem de programação para extração de características de dados de sinais de faltas modeladas em linhas de transmissão usando o Kit Smart Grid. Os resultados encontrados neste artigo apresentaram uma boa acurácia na localização da falta com erros abaixo de 1% para faltas fase-terra.

**Keywords:** Fault location; Theory of Traveling Waves; Python; Transformed Wavelet; Smart Grid.

**Palavras-chaves:** Localização da Falta; Teoria das Ondas Viajantes; Python; Transformada Wavelet; Smart Grid.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica são constantemente sujeitos a distúrbios, como descargas elétricas e curtos-circuitos, comprometendo a qualidade da energia fornecida e ocasionando falhas que geram grandes impactos econômicos nas indústrias e para as distribuidoras de energia (Leão, 2013). As Linhas de Transmissão (LT) são as mais sujeitas às falhas, devido a sua grande extensão, complexidade de operação e pelos diferentes ambientes que elas se encontram (Ramadani, Erastus Moshia and Ramadani, 2014). A localização da falta é de fundamental importância, pois possibilita encontrar a distância da linha de transmissão sob falta no menor tempo possível e com menor gasto de recursos pelas equipes operacionais e de monitoramento das concessionárias de transmissão de energia (Alves *et al.*, 2015).

Estudos que desenvolvem ou propõem técnicas de localização de faltas em linha de transmissão têm sido pesquisado ao longo de várias décadas, com o objetivo de otimizar os esquemas de proteção e responder a tempo para faltas na LT (Sousa *et al.*, 2019). Atualmente vários métodos vêm sendo empregados na localização de faltas como, por exemplo técnicas baseadas na análise de componentes de frequência fundamental, na análise de componentes de alta frequência, na utilização de inteligência artificial e na Teoria das Ondas Viajantes - TOV (Ruíz, 2015). Devido às novas tecnologias de monitoramento e também à grande confiabilidade e precisão, técnicas

baseadas na TOV vêm sendo cada vez mais empregadas em relés de proteção com Ondas Viajantes (Fischer *et al.*, 2012).

Com o crescente desenvolvimento de técnicas de monitoramento de LTs, que possibilitam monitorar dois terminais, interligando suas informações por meio de protocolos de comunicação e com o uso cada vez mais frequente de relés microprocessados o desenvolvimento de algoritmos para localização de faltas tendo como base a teoria das Ondas Viajantes se torna mais viável (Sousa *et al.*, 2019).

O surgimento de novos algoritmos de localização de faltas que usam técnicas de Processamento Digital de Sinais (PDS) (Fortes, Ferreira and Zanghi, 2015) estão crescendo cada vez mais, necessitando de novas linguagens de programação para a sua implementação. Uma linguagem que vem se destacando muito para resolver os mais diversos problemas na engenharia é a linguagem Python (Van Rossum, 1982), a qual foi escolhida nesse artigo para o desenvolvimento do algoritmo de localização de falta, pois se trata de uma linguagem de alto nível, com fácil implementação de bibliotecas desenvolvidas pela comunidade e muito amigável a implementação em nuvem ou *mobile*. O fato de a linguagem ser aberta facilita o aprendizado da linguagem e fomenta o desenvolvimento de diversas aplicações.

Este artigo está organizado da seguinte maneira: seção 2 fundamentação teórica sobre localização de faltas em linhas de transmissão usando Transformada Wavelet – TW, a Teoria das ondas Viajantes - TOV; na seção 3 é apresentado o modelo da

linha de transmissão modelado no Kit Smart Grid; o detalhamento do algoritmo utilizado para localizar a falta é feito na seção 4 e os resultados e conclusão são apresentados respectivamente nas seções 5 e 6.

## 2. LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

Para realizar a localização da falta é necessário a realização da aquisição de dados do sinal de potência do Kit Smart Grid, usar Transformada de Clarke (Stevenson, 1986) para obter os modos de separação das fases e aplicar a *Transformada Wavelet* (TW) (El *et al.*, 2018) para então obter a extração dos sinais transitórios de faltas pela Teoria das Ondas Viajantes - TOV (Sousa *et al.*, 2019), para então calcular a distância estimada da falta numa linha de transmissão em sistemas elétricos trifásicos.

### 2.1 Transformada de Clarke

Uma característica importante dos sistemas trifásicos é que os condutores são paralelos entre si e o plano terra, são acoplados eletricamente e magneticamente (Ramadani, Erastus Mosha and Ramadani, 2014), por esses motivos faltas que ocorrem em um condutor gera interferência nos demais. Os sinais das três fases são decompostos em seus modos para que possam ser analisados separadamente.

Para realizar a decomposição das fases nos seus módulos utiliza-se a Transformada de Clarke (Stevenson, 1986), na qual é realizado o produto da matriz de Clarke pelo vetor da tensão ou corrente das fases, conforme apresentado em (1) e (2)

$$V_m = T \cdot V \quad (1)$$

$$I_m = T \cdot I \quad (2)$$

onde,  $V_m$  e  $I_m$  são respectivamente os vetores da tensão modal e corrente modal,  $V$  e  $I$  são respectivamente os vetores de tensão e corrente das fases e  $T$  é a matriz de Transformada de Clarke dada por:

$$T = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & -1 & -1 \\ 0 & \sqrt{3} & -\sqrt{3} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Ao realizar a Transformada de Clarke os valores das fases são transformados em três modos desacoplados: um modo terra (modo M0) e dois modos aéreos (modo M1 e M2). O modo M0 só apresenta alterações significativas quando a falta envolve à terra, tornando sua análise essencial nesse tipo de falta. O modo aéreo M1 apresenta alterações em qualquer tipo de falta (Silva, 2000).

### 2.2 Transformada Wavelet - TW

Para poder extrair as características dos sinais transitórios das Ondas Viajantes, que geralmente apresentam energia mais baixa que o sinal das fases (Sousa *et al.*, 2019), é necessário realizar a TW. Diferente da transformada de Fourier que oferece uma resolução do sinal apenas no domínio da frequência a *wavelet* oferece resolução no tempo e frequência

em uma janela ajustável (Penha, 1999). Com a TW é possível decompor o sinal em diferentes escalas e diferentes resoluções (El *et al.*, 2018), por esses motivos a TW foi escolhida para extrair as características dos sinais transitórios.

A TW pode ser realizada em sinais contínuos ou discretos, em ambos os casos a decomposição é dependente de uma função chamada *wavelet mãe*. Matematicamente a Transformada *Wavelet Continua* (Continuous Wavelet Transform - CWT) de um sinal  $x(t)$  em relação a uma *wavelet mãe*  $g(t)$  é definida por (Araújo, 2011):

$$CWT(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) g\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (4)$$

onde,  $a$  é a dilatação ou fator de escala,  $b$  é o fator de translação e ambos são contínuos.

Nesse trabalho utilizou-se a *Transformada Wavelet Discreta* (Discrete Wavelet Transform - DWT), pois os dados coletados são digitais. A DWT de um sinal  $x(n)$  é definida por (Araújo, 2011):

$$DWT(m, k) = \frac{1}{\sqrt{a_0^m}} \sum_n x(n) g\left(\frac{k - nb_0 a_0^m}{a_0^m}\right) \quad (5)$$

onde,  $m$  é o passo na escala discreta,  $n$  é o passo na translação,  $k$  é o número particular de amostra e  $g(\cdot)$  é a *wavelet mãe*. Fazendo analogia entre (4) e (5) os parâmetros de escala e translação  $a$  e  $b$  são funções do parâmetro  $m$ , ou seja,  $a = a_0^m$  e  $b = nb_0 a_0^m$ .

Em conjunto com a TW é possível realizar a técnica de análise multirresolução, que consiste em um processo de filtragem de sinal a ser analisado através de um banco de passa alta e passa baixa (Silva, 2003). Ao realizar a TW em conjunto com a análise de multirresolução em um sinal é possível obter tanto o coeficiente de Aproximação, que são as componentes de baixa frequência, quanto o coeficiente de Detalhe, que são as componentes de alta frequência, do mesmo sinal (Ruíz, 2015). De acordo com Ruíz (2015), o processo de filtragem ocorre como esquematizado na Fig.1, onde  $S$  é o sinal,  $A$  é o coeficiente de Aproximação (Filtro Passa Baixa) e  $D$  é o coeficiente de Detalhe (Filtro Passa Alta).

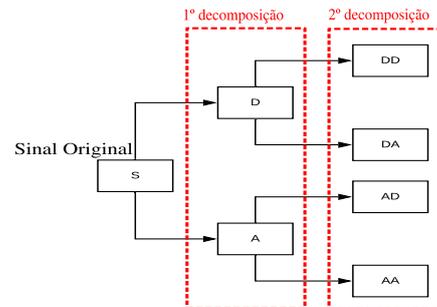


Fig. 1: Processo de decomposição de um sinal S usando transformada Wevelet e análise multirresolução.

Conforme a decomposição do sinal  $S$  evolui é possível obter tanto o coeficiente de Detalhe como o coeficiente de Aproximação e de acordo com o número de decomposições

aumenta, o sinal  $S$  (Sinal de Falta) é filtrado em coeficientes de filtros passa baixa e passa alta, conforme esquematizado na Fig. 1, deixando em evidência o sinal transitório de falta, para então fazer a localização da falta de acordo com a TOV.

### 2.3 Teoria das Ondas Viajantes - TOV

Quando ocorre uma mudança abruptada no sistema de transmissão, como faltas e curtos-circuitos, nesse ponto são geradas Ondas Viajantes de alta frequência que viajam pela LT em ambas as direções, quando encontram um ponto de descontinuidade uma parte das ondas reflete retornando ao ponto de faltas e outra parte refrata, esse processo se repete até toda a energia se dissipar(Sousa *et al.*, 2019) sendo ilustrada na Fig. 2 pelo Diagrama de Lattice.

No Diagrama de Lattice, observa-se que entre os terminais A e B da linha é representado uma falta em determinado ponto, do qual as Ondas Viajantes são refletidas e refratadas no ponto de defeito (curto-circuito) até o terminal de medição (A e B), no qual a determinação da distância da falta, é determinado pelo tempo de propagação das Ondas Viajantes e pela sua velocidade.

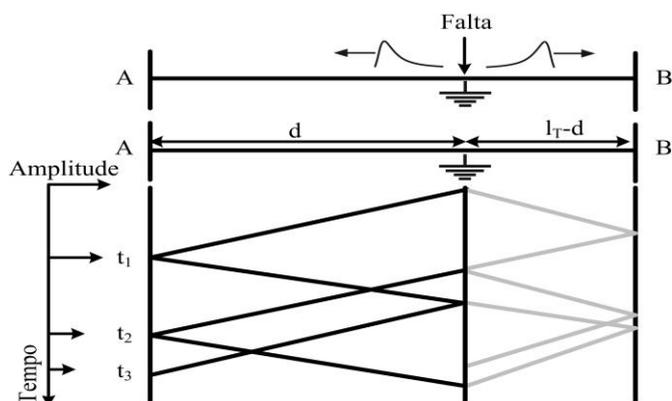


Fig. 2: Diagrama de Lattice

Nesse trabalho utilizou-se o método de um terminal para calcular a distância da falta, pois durante a aquisição de dados apenas um terminal foi monitorado. Esse método fornece apenas a menor distância do ponto da falta a qualquer uma das duas extremidades da linha de transmissão(Ruíz, 2015).

Para a realização do cálculo é necessário conhecer dois instantes de tempo consecutivos em que as ondas refletem no terminal. Matematicamente o cálculo da distância é realizado da seguinte maneira:

$$d = \frac{(t_2 - t_1)v}{2} \quad (6)$$

onde  $d$  é a distância da falta em km até o terminal mais próximo da linha,  $v$  é a velocidade de propagação (velocidade da luz =  $3 \times 10^8$  m/s),  $t_1$  e  $t_2$  são respectivamente o primeiro e o segundo tempo de reflexão no terminal de medição.

### 3. MODELO DA LINHA DE TRANSMISSÃO

As simulações de faltas na linha de transmissão e os dados coletados foram do Kit DeLorenzo Smart Grid(Lorenzo, 2013)

e obtidos através de Sousa *et al.*, (2019), um modelo físico que permite realizar diversas manobras e simulações com vários módulos de configuração e monitoramento, possibilita a implementação de várias fontes de geração ao sistema de distribuição, também é possível modificar a carga acoplada ao sistema e alguns parâmetros da linha, o sistema é mostrado na Fig. 3. O Kit Smart Grid possui dois painéis de linha de transmissão de dois terminais, um com comprimento de 100km e outro de 360km. Acoplando os dois paineis em série tem-se um tamanho total de 460km com distância da falta de 360km, vista da fonte ou 100km, vista da carga. O modelo descrito é apresentado na Fig. 4.



Fig. 3: Sistema de DeLorenzo Smart Grid

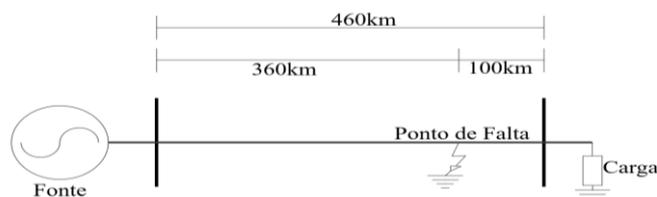


Fig. 4: Representações do modelo da linha do Kit Smart Grid

Os dados dos dois painéis modelo de linha de transmissão (modelo de parâmetros distribuídos) conectados em série, identificados como DL-7901TT e DL-7901TS, são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1. Dados da linha de 360km e 100km do modelo Kit Smart Grid**

Painel Linha de 360km (DL-7901TT)	Resistencia	6,11 mΩ/km
	Indutância	805,5 μH/km
	Capacitância da Terra	2,777 nF/km
	Capacitância Mutua	1,388 nF/km
	Resistencia da Terra	30,55 mΩ/km
Painel Linha de 100km (DL-7901TS)	Indutância de Terra	694,4 μH/km
	Resistencia	33,00 mΩ/km
	Indutância	0,800 μH/km
	Capacitância da Terra	1,000 nF/km
	Capacitância Mutua	2,000 nF/km
	Resistencia da Terra	30,00 mΩ/km
	Indutância de Terra	0,690 μH/km

A velocidade de propagação das ondas na linha de transmissão usada foi a velocidade da luz. A carga acoplada ao sistema durante as simulações é puramente resistiva de valor de  $400\Omega$ . A Coordenação foi feita por um relé multifuncional, capaz de se comunicar com um disjuntor e com o gatilho de registro de aquisição de dados. Os dados coletados foram adquiridos usando um osciloscópio de bancada de amostragem de 12,5 kHz e 4 janelas, que permitiam 600 amostras e distância de 12 km de resolução(Sousa *et al.*, 2019).

A Tabela 2 apresenta as faltas realizadas no *Smart Grid*. O banco de dados gerado possui três tipos de faltas distintas, podendo ser faltas envolvendo fase-terra, fase-fase ou fase-fase-terra.

**Tabela 2. Tipos de faltas no Kit Smart Grid**

Grupo de Faltas	Tipo de Falta	Número de Faltas
tw.100.360.xx	fase-terra	05
ff.100.360.xx	fase-fase	05
fft.100.360.xx	fase-fase-terra	05

Todas as faltas coletadas contêm 600 amostras formando um banco de dados bem robusto englobando diferentes tipos de faltas. No grupo de faltas apresentadas na tabela 2 os caracteres XX representam o número da falta dentro do grupo de faltas.

#### 4. ALGORITMO DE LOCALIZAÇÃO DE FALTA

Como mencionado anteriormente o método utilizado para localização das faltas baseado na TOV tem sido muito desenvolvido e vários algoritmos foram desenvolvidos nas mais diversas linguagens de programação com os mais diversos *softwares*(El *et al.*, 2018). Nesse artigo a linguagem Python foi utilizada para desenvolver algoritmo.

##### 4.1 Linguagem Python e Smart Grid

Existem linguagens e *softwares* específicos para o processamento de sinais que são usados para criar algoritmos de localização de falta baseado na técnica das Ondas Viajantes, que obtiveram ótimos resultados, entretanto não impossibilita a aplicação de novas linguagens para resolver os mesmos problemas podendo ter destaque maior em certos pontos da aplicação.

Os dados coletados do *Kit Smart Grid* foram processados usando a IDE *Spyder* que tem por base a linguagem Python e está presente no pacote *Anaconda* (CONTINUUM ANALYTICS; ANACONDA, INC., 2012), o qual possui diversas ferramentas que possibilitam o desenvolvimento científico usando a linguagem. Os dados carregados no *Spyder* provenientes do *Kit Smart Grid* contêm informações desnecessárias, por esse motivo eles são separados para conter apenas os sinais de potências das três fases.

Após os sinais das fases separados são decompostos em seus componentes modais através *Transformada de Clarke*, caso a falta não envolva a terra o modo analisado é o modo Aéreo 1 (M1). Caso a falta envolva à terra o modo analisado é o modo

terra (M0), pois a falta se torna mais perceptível nesse modo(Sousa *et al.*, 2019). Para melhor evidenciar a diferença entre uma falta envolvendo à terra são apresentadas nas Fig. 5 e na Fig. 6 os três modos do sinal de potência das fases de duas faltas, a primeira uma falta fase-fase e na segunda falta fase-terra.

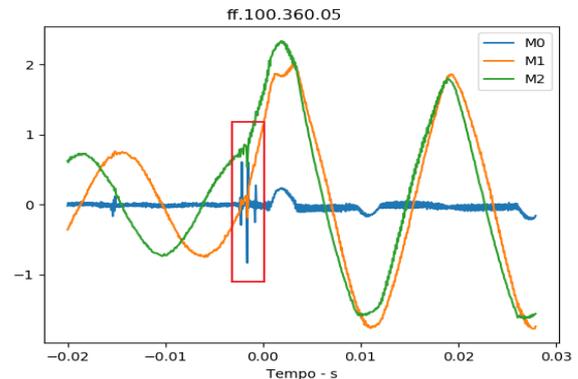


Fig. 5: Transformada de Clarke dos sinais das fases de uma falta fase-fase, amostra ff.100.360.07

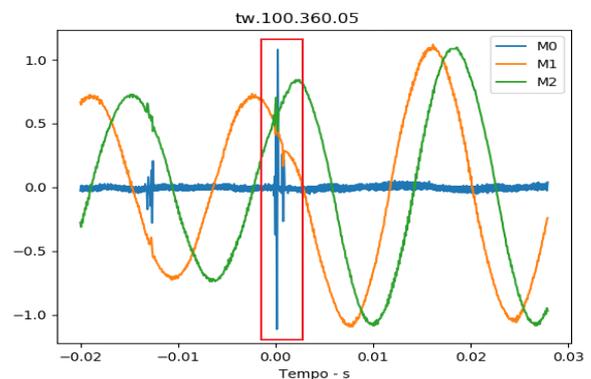


Fig. 6: Transformada Clarke dos sinais das fases de uma falta fase-terra, amostra tw.100.360.07

As regiões destacadas nas Fig. 5 e 6 são as alterações causadas pela falta nos modos dos sinais de potência das fases. Na Fig. 5 o modo M0 pouco é alterado no momento da falta em comparação aos modos M1 e M2, pois nesse caso a falta é fase-fase. Já na Fig. 6 o modo M0 sofre alterações mais significativas que nos dois outros modos, pelo fato dessa falta ser fase-terra, logo a escolha do modo que melhor representa a falta facilita o cálculo da distância da falta. Nesse artigo o algoritmo foi ajustado para analisar o modo M0 para as faltas fase-terra e para as faltas fase-fase foi ajustado para analisar o modo M1.

Após a escolha do modo que melhor define a falta, nele é realizado a TW com técnicas de análise de multirresolução usando a *wavelet mãe Daubechies 4*(Ruíz, 2015). A aquisição de dados do *Kit Smart Grid* foi amostrada na frequência de 12,5 kHz e são compostas por sinal de potência mais transitório de falta mais ruído. Com uma decomposição é possível separar esses dois grupos (transitório de falta e ruído). Além de separar esses dois grupos também é necessário obter o envelope do sinal de alta frequência das Ondas Viajantes (Sousa *et al.*, 2019) para a detecção dos instantes de propagação das Ondas Viajantes através da TW usando 4 níveis de decomposição pelos coeficientes de Detalhes.

#### 4.2 Detecção dos instantes de propagação da TOV

Para a realização do cálculo da distância da falta é necessário saber os dois instantes de tempo nos quais as Ondas Viajantes refletem nos terminais. No momento em que as ondas refletem nos terminais da LT os instantes de tempo de propagação são detectados pela TW e a distância de localização de falta, determinado em (6).

O sinal de transitório de falta mais ruídos possui muita interferência causada por ruídos não oriundos das Ondas Viajantes, por esse motivo e para destacar ainda mais os picos causados pelas Ondas Viajantes esse sinal é subtraído do sinal de envelope e sua energia é calculada. A principal diferença entre o transitório e os ruídos é a diferença de amplitude, o que significa que a influência do ruído é minimizada quando a derivada do modulo do sinal é calculado(Sousa *et al.*, 2019). O processo descrito é apresentado na Fig. 7.

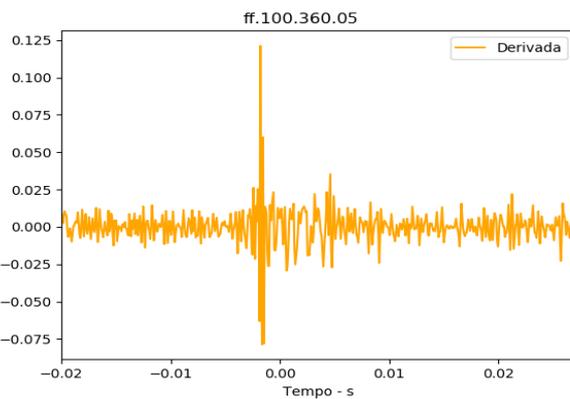


Fig. 7: Derivadas do coeficiente de Detalhe após 4 decomposições do modo 1 da amostra ff.100.360.05.

A escolha das magnitudes dos instantes de propagação causados pelas Ondas Viajantes leva em conta a magnitude de maior amplitude e as próximas a ela, logo é preciso analisar apenas uma janela de amostras ao invés de todas as amostras do sinal. Para determinar a janela de amostras observa-se a magnitude de maior amplitude e apenas as mais próximas delas são analisadas, determinando assim a janela de amostra. A Fig. 8 demonstra a janela de amostras que é levada em conta para localizar as magnitudes dos instantes de propagação das Ondas Viajantes.

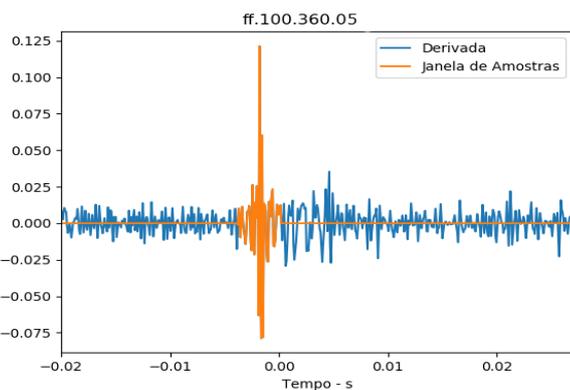


Fig. 8: Derivadas do coeficiente de Detalhe após 4 decomposições do modo 1 e a janela analisada das amostras ff.100.360.05.

## 5. RESULTADOS

Todos os resultados de localização de falta e erros foram processados em *Python* pelo algoritmo descrito na seção 4. Usar apenas uma janela de amostras em vez de todas as amostras do sinal diminui o erro e facilita a localização da magnitude dos instantes de propagação das Ondas Viajantes.

As Tabelas 3, 4 e 5 demonstram a distância encontrada pelo algoritmo de localização de falta. A acurácia da localização de faltas, é dado pela equação do erro relativo:

$$ERRO (\%) = \frac{d_{resultado} - d_{teórico}}{d_{linha}} \quad (7)$$

Onde,  $d_{resultado}$  é o valor de distância estimado em km,  $d_{teórico}$  é o valor de distância real em km e  $d_{linha}$  é o comprimento da linha de transmissão em km.

**Tabela 3. Resultado das faltas fase-terra**

Amostras	Distancias(km)	Erro (%)
tw.100.360.01	364,00	0,9
tw.100.360.02	363,99	0,9
tw.100.360.03	364,00	0,9
tw.100.360.04	364,00	0,9
tw.100.360.05	364,00	0,9

**Tabela 4. Resultado das faltas fase-fase**

Amostras	Distancias(km)	Erro (%)
ff.100.360.01	340,00	4,3
ff.100.360.02	376,00	3,5
ff.100.360.03	363,99	0,9
ff.100.360.04	339,99	4,3
ff.100.360.05	364,00	0,9

**Tabela 5. Resultado das faltas fase-fase-terra**

Amostras	Distancias(km)	Erro (%)
fft.100.360.01	352,00	1,7
fft.100.360.02	388,00	6,1
fft.100.360.03	388,00	4,3
fft.100.360.04	364,00	0,9
fft.100.360.05	388,00	6,1

Os resultados apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5 demonstram o sucesso do algoritmo na localização de faltas. Os melhores resultados tiveram erro menor que 1% para os tipos de faltas abordados apresentando uma boa acurácia para a estimação da localização da distância da falta.

## 6. CONCLUSÕES

Com todos os dados coletados e apresentados nesse trabalho pode-se concluir que a utilização da linguagem Python é viável para o desenvolvimento e implementação de algoritmos de localização de faltas em linha de transmissão com dados obtidos do *Kit Smart Grid*. Os erros encontrados são aceitáveis pela TOV podendo desenvolver aplicações *mobiles*, pois, a linguagem é amigável para esse tipo de aplicação.

O Python também se mostrou uma excelente ferramenta de implementação de algoritmos de localização de faltas usando a TOV e TW com dados de sinais de falta obtidos pelo *Kit Smart Grid*, apresentando resultados na acurácia da localização de falta com erros inferiores a 1% na distância estimada para faltas fase-terra. O processo de localização das faltas poderia ter melhores resultados, caso o *Kit Smart Grid* trabalhasse com alta amostragem (1MHz), como encontrados em relés com Ondas Viajantes, obtendo assim mais informações sobre as faltas, e um banco de dados de faltas com muitas amostras e uma gama maior de tipos de faltas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Liga Acadêmica de Sistemas Inteligentes (LASI) e ao Grupo de Sistemas Elétricos de Energia (GSEE) da Universidade Federal do Piauí – UFPI, pelo apoio científico e desenvolvimento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Alves, M. H. S. *et al.* (2015) ‘Teoria das Ondas Viajantes e Filtragem Adaptativa de Sinais para Localização de Faltas em Linhas de Transmissão’, pp. 1–6. doi: 10.21528/cbic2015-114.

Araújo, M. S. (2011) ‘Influência de famílias wavelets e suas ordens no desempenho de um localizador de faltas em linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.’, p. 207.

El, E. *et al.* (2018) ‘LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO BASEADA NA TEORIA DAS ONDAS Florianópolis’.

Fischer, N. *et al.* (2012) ‘Protective relay traveling wave fault location’, *IET Conference Publications*, 2012(593 CP). doi: 10.1049/cp.2012.0093.

Fortes, M. Z., Ferreira, V. H. and Zanghi, R. (2015) ‘Fault Diagnosis in Transmission Lines: Trends and Main Research Areas’, *IEEE Latin America Transactions*, 13(10), pp. 3324–3332. doi: 10.1109/TLA.2015.7387238.

Leão, R. P. S. (2013) ‘Estudos Avançados de Distúrbios Elétricos de Curta Duração’.

Lorenzo, D. (2013) ‘MANUAL DE INSTRUÇÃO SMART GRID DL SGWD’. São Paulo.

Penha, R. M. L. da (1999) ‘Análise de Sinais em regime Transiente Aplicando a técnica de Wavelet’, p. 95.

Ramadani, R. F., Erastus Mosha and Ramadani, R. F. (2014) ‘LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO POR MEIO DE ONDAS VIAJANTES’, (c), pp. 1–43. doi: 10.16526/j.cnki.11-4762/tp.2014.11.051.

Ruíz, A. A. B. (2015) ‘LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO UTILIZANDO ONDAS VIAJANTES E TRANSFORMADA WAVELET SOB INFLUÊNCIA DE RUÍDO BRANCO’, pp. 54–67. Available at: <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>.

Silva, M. (2000) ‘A LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO BASEADA EM ONDAS VIAJANTES E TRANSFORMADA WAVELET Murilo’.

Silva, M. da (2003) ‘LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO UTILIZANDO A TEORIA DE ONDAS VIAJANTES E TRANSFORMADA WAVELET’.

Sousa, J. C. S. *et al.* (2019) ‘Fault Location in Transmission Lines Using Smart Grid’, *2019 IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies, ISGT Latin America 2019*. doi: 10.1109/ISGT-LA.2019.8895504.

Stevenson, W. D. (1986) ‘ELEMENTOS DE ANÁLISE DE SISTEMAS DE POTÊNCIA William D. Stevenson Jr.’, p. 459.

VAN ROSSUM, Guido. Python. *In: VAN ROSSUM, Guido. Python: Linguagem de programação. Versão 3.7.6. [S. l.]*, 1982. Disponível em: <https://www.python.org/downloads/>. Acesso em: 21 jan. 2019.