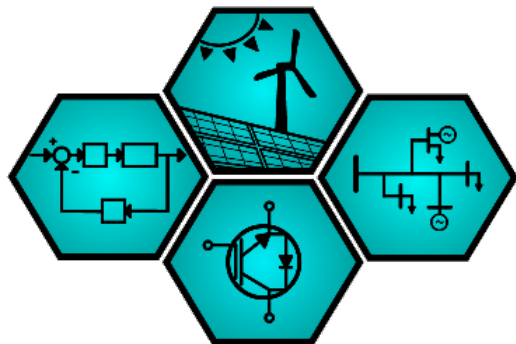


# SISTEMA COMPUTACIONAL PARA SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE REDES COM ELEVADA PRESENÇA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA

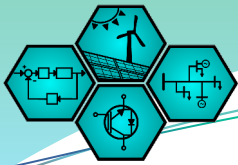
Luiz Guilherme Riva Tonini

**Orientador:** Oureste Elias Batista



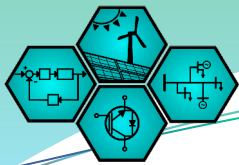
# LEPAC

Power Electronics and Drives Laboratory  
Federal University of Espírito Santo  
Vitória – Espírito Santo, Brazil



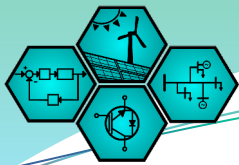
# SUMÁRIO

- Introdução e Motivação
- Conceitos de rede com alta penetração de GD
- Metodologias de cálculo do fluxo de potência e curto-circuito
- Metodologia proposta e Resultados:
  - Sistema computacional – IEEE 123 nós
  - Convergência e sensibilidade
  - Intermitência da potência – IEEE 34 nós
- Conclusões



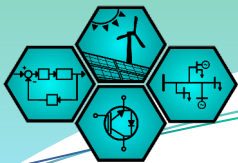
## INTRODUÇÃO

- Há uma crescente demanda por energia elétrica, que esta seja sustentável, tanto no Brasil quanto no mundo.
- Uma solução é a instalação de geradores próximos dos centros de consumo, denominada geração distribuída (GD) .
- As GDs são componentes baseados em inversores (GDBI), com capacidade de controlar a geração de potência ativa/reactiva.
- Mediante falta na rede as GDBI podem contribuir de forma prejudicial ao sistema, com consequências maiores em elevada presença.



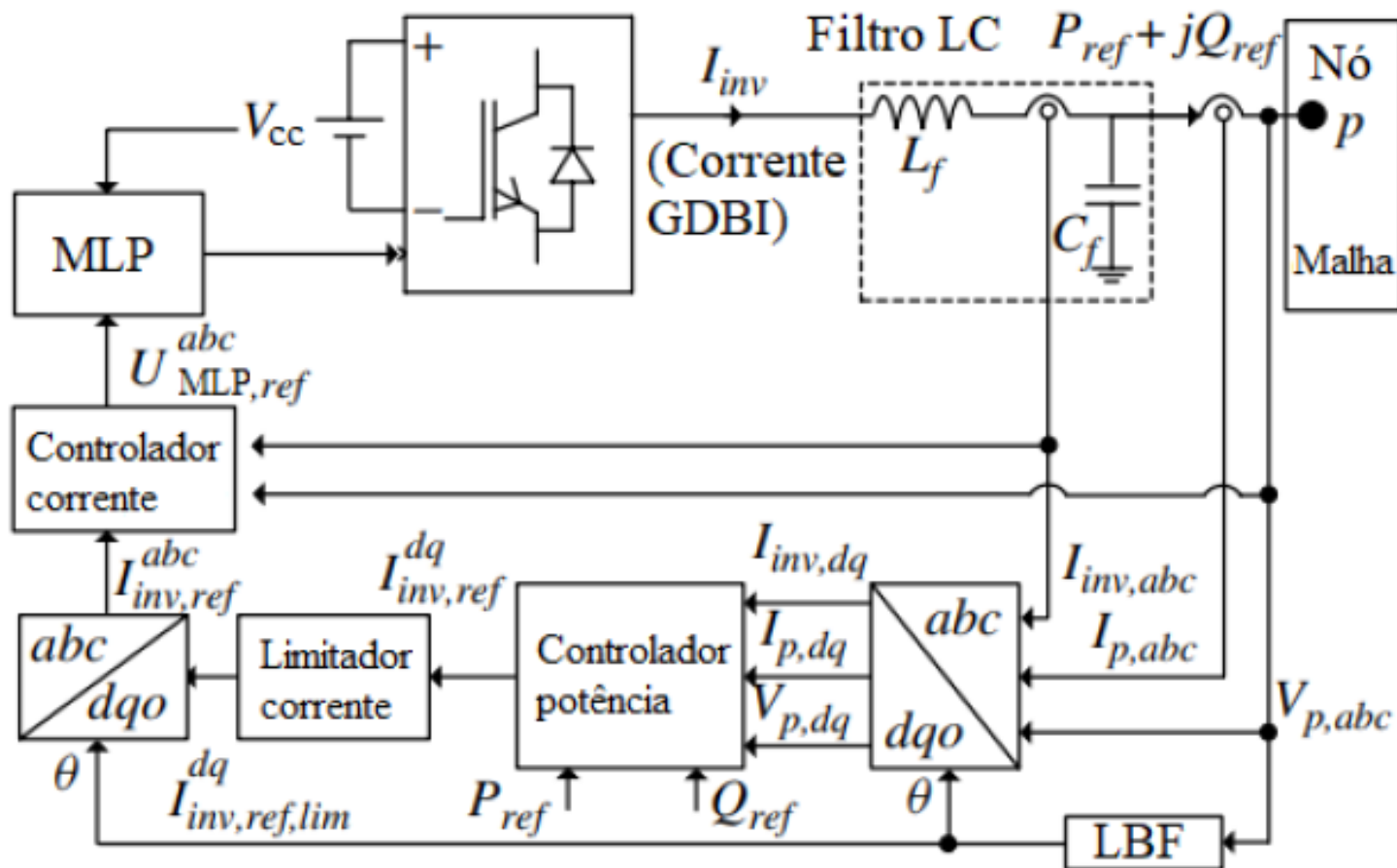
# MOTIVAÇÃO

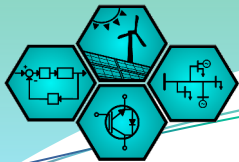
- Artigos recentes analisam os efeitos desses controladores para entender o comportamento neste cenário.
- Estes apresentam significativo esforço computacional, devido ao modelo do GDBI, a funcionalidade do simulador e não considerarem as curvas de capacidade e comportamento do GDBI.
- Como os cenários mudam durante o dia, a intermitência da geração e consumo devem ser consideradas.
- Assim: **É possível montar um sistema computacional que consiga simular o comportamento de redes com alta presença de GDBI, com estas considerações e a garantia de celeridade e exatidão?**



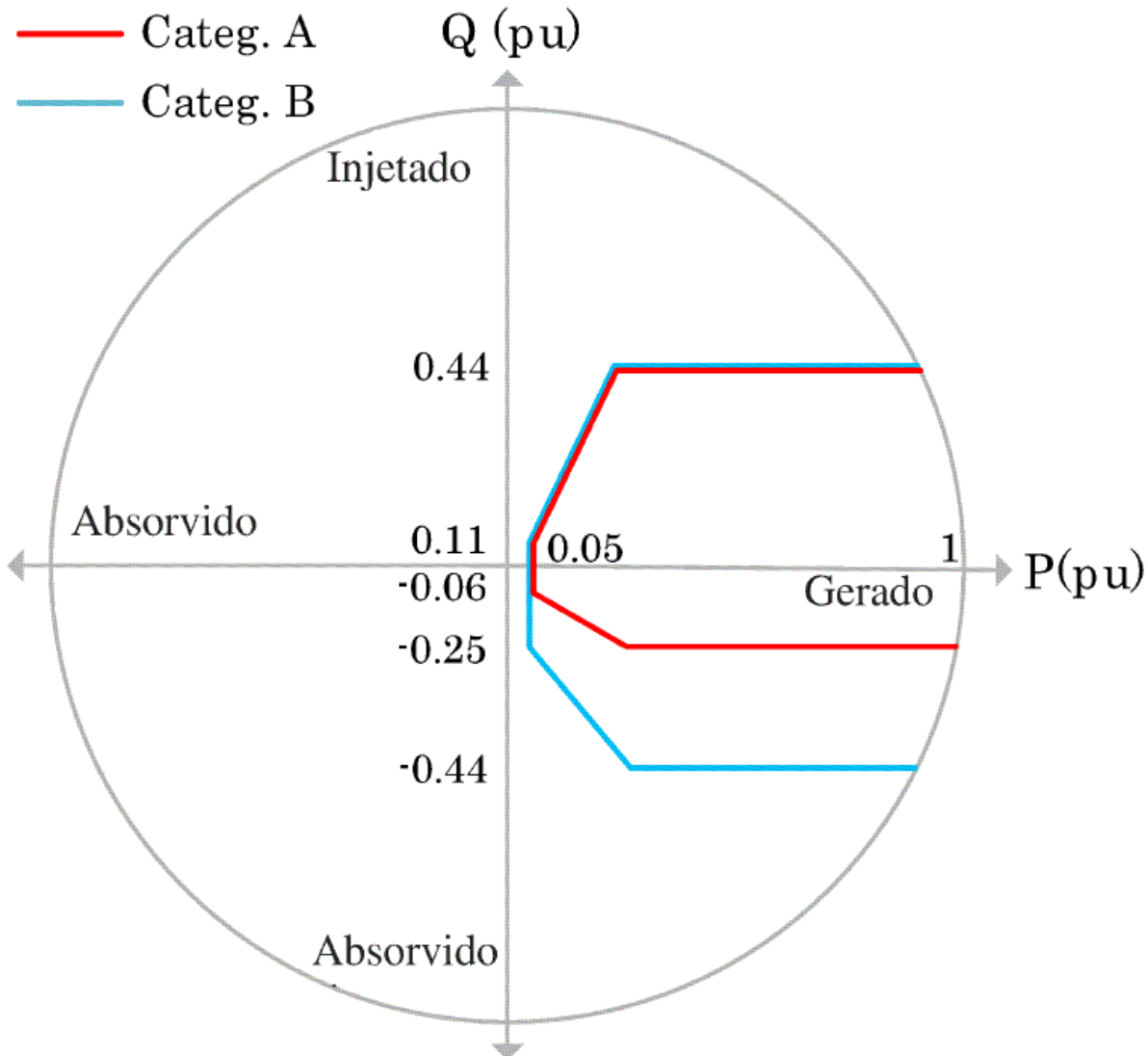
# CONCEITOS DE REDE COM ALTA PRESENÇA DE GD

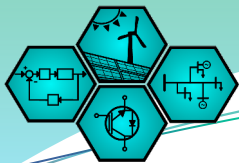
Figura 1: Modelo usual do GDBI.



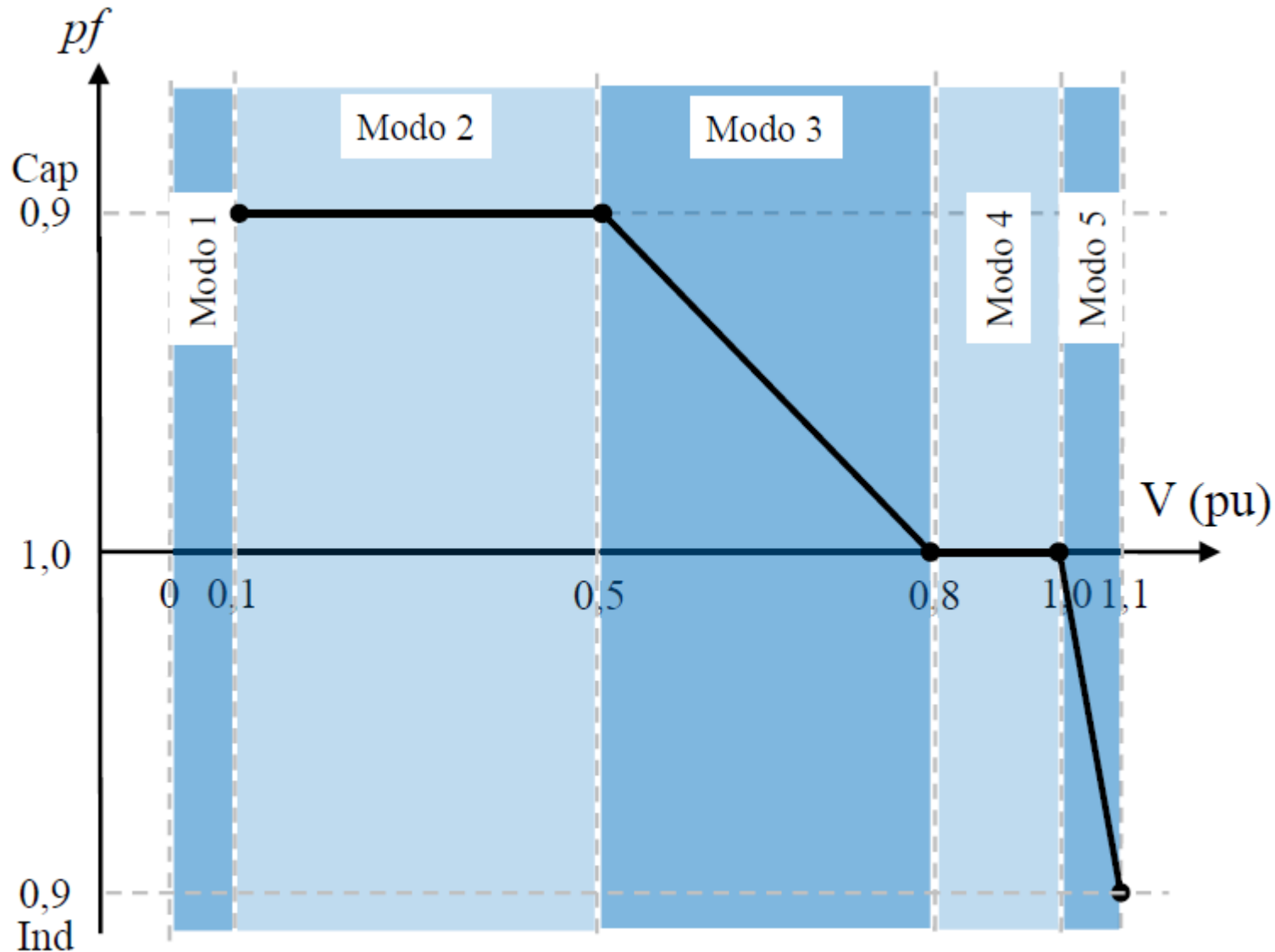


**Figura 2: Curvas de capacidade de potência: Categoria A e B.**

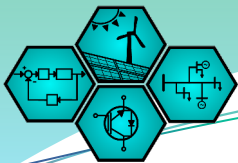




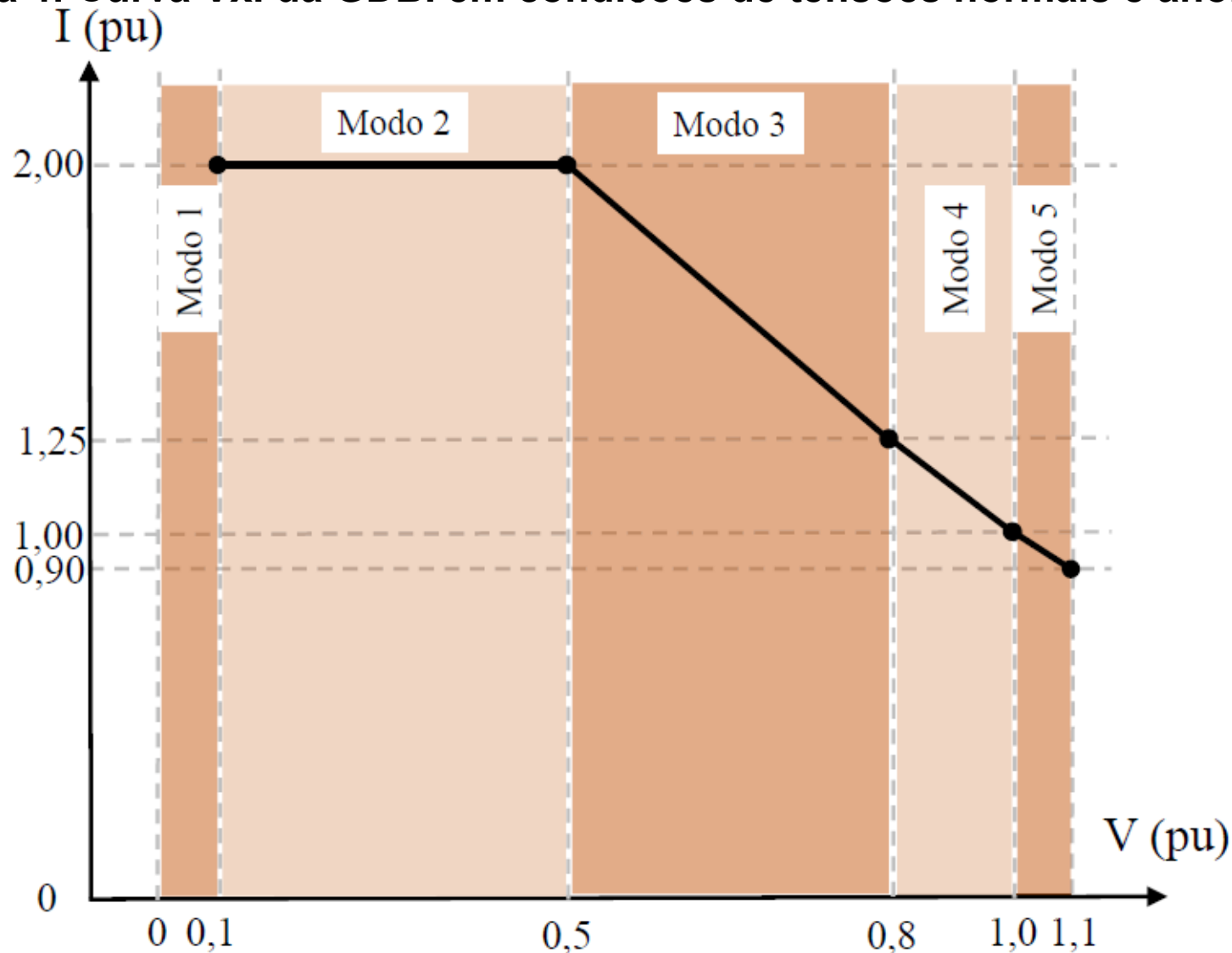
**Figura 3: Curva Vxpf da GDBI em condições de tensões normais e anormais.**



Fonte: Próprio autor

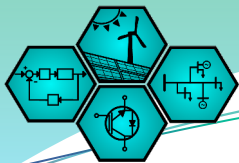


**Figura 4: Curva  $V_{xl}$  da GDBI em condições de tensões normais e anormais.**



Fonte: Próprio autor

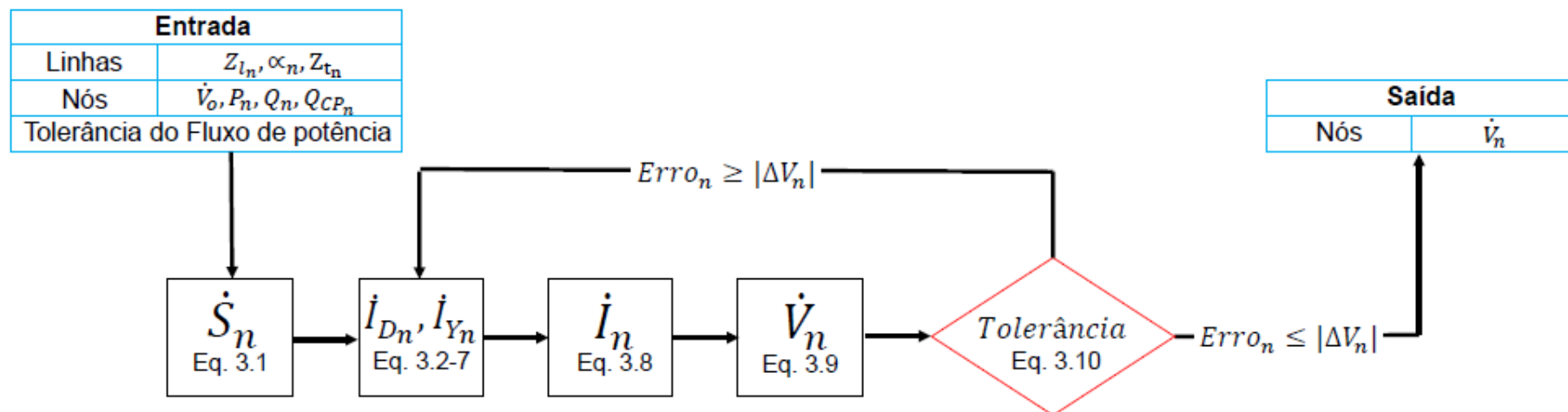


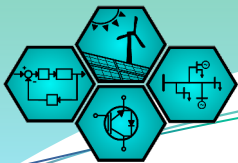


# METODOLOGIAS DE CÁLCULO DO FP E CC

## MÉTODO VDI

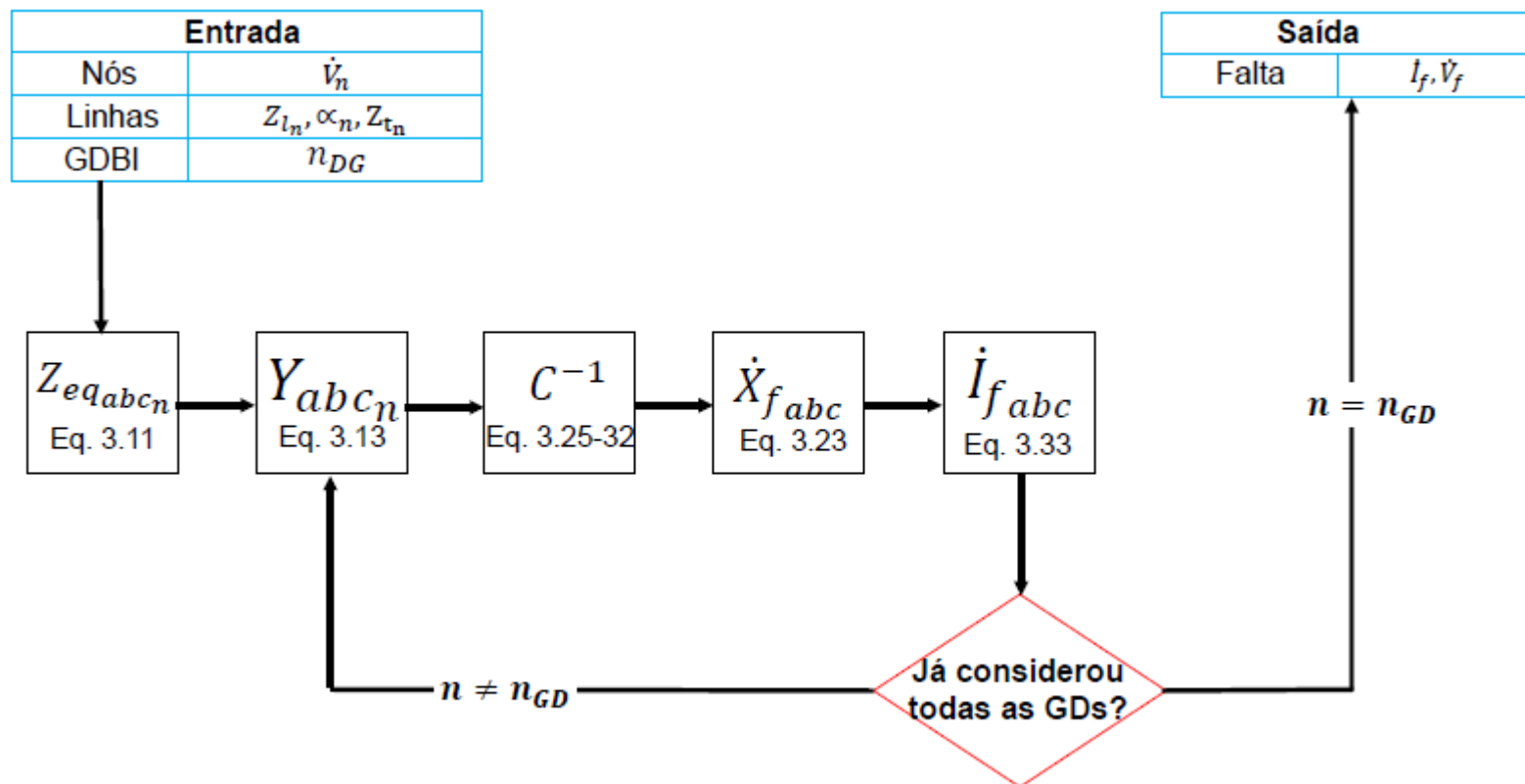
Figura 5: Fluxograma do método VDI.

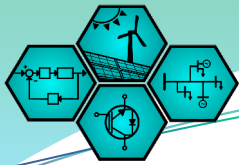




## MÉTODO MI HÍBRIDO

Figura 6: Fluxograma do método híbrido da matriz de impedância.



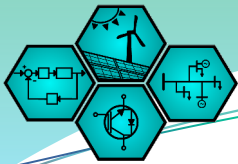


# LEPAC

Power Electronics and Drives Laboratory

## METODOLOGIA PROPOSTA

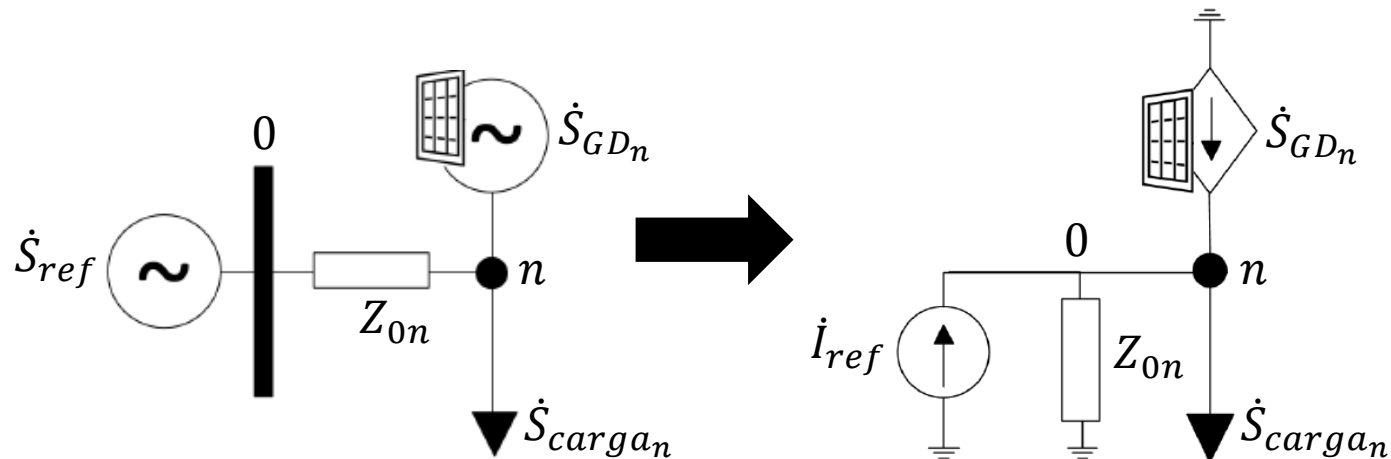
- Cada GD será uma fonte de corrente controlada por tensão, que segue a curva de capacidade B e modos de operação.
- O fluxo de potência será feito por uma técnica iterativa do método VDI, enquanto o curto-circuito pelo método híbrido da MI.
- A entrada de dados será baseado nos alimentadores do IEEE, com alta penetração GDBI.



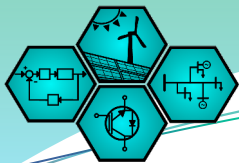
## MODELO DA GD

$$i_{GDn}^* = \frac{P_{GDn} \angle \Phi}{\cos(\Phi) \cdot V_n \angle \theta} = \frac{P_{GDn} \angle \Phi}{\cos(\Phi) \cdot \dot{V}_n} = \frac{S_{GDn} \angle \Phi}{\dot{V}_n} \leftrightarrow S_{GDn} \angle \Phi = \dot{V}_n \cdot i_{GDn}^*$$

**Figura 7: Conversão do modelo convencional da GD.**

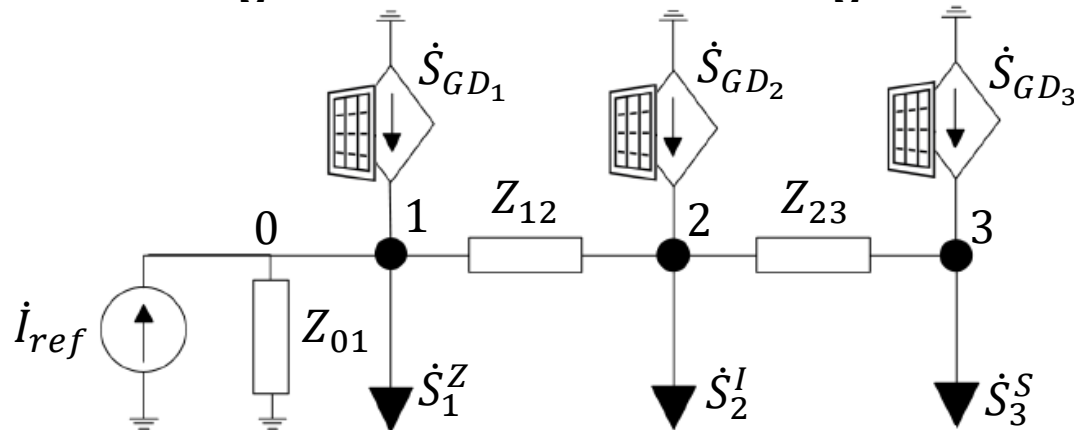


Fonte: Próprio autor



## MODELO DA GD

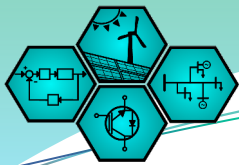
**Figura 8: Sistema com 3 cargas.**



Fonte: Próprio autor

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_1 & 0 & 0 \\ 0 & \dot{V}_2 & 0 \\ 0 & 0 & \dot{V}_3 \end{bmatrix} \cdot Y_{3 \times 3}^* \cdot \begin{bmatrix} \dot{V}_1^* \\ \dot{V}_2^* \\ \dot{V}_3^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{V}_1 \cdot Y_{01}^* + S_{GD1} \angle \Phi - \dot{S}_1^Z \cdot \dot{V}_1 \cdot \dot{V}_1^* \\ S_{GD2} \angle \Phi - \dot{S}_2^I \cdot \dot{V}_2 \\ S_{GD3} \angle \Phi - \dot{S}_3^S \end{bmatrix}$$

A aplicação deste modelo para o cálculo do fluxo de potência no sistema IEEE de 13 nós foi o assunto do artigo *Power Flow Analysis on Networks with High Integration of Distributed Photovoltaic Generation* publicado no ISGT-2019 pelo autor, durante o doutorado.



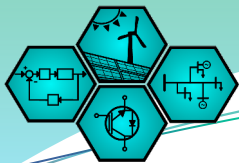
## MÉTODO VDI COM GDBI

$$\kappa'_{R_{n_{abc}}} = \frac{\kappa_{A_{n_{abc}}} \cdot P_{n_{abc}} \cdot (1 - pf_{n_{abc}})}{pf_{n_{abc}} \cdot j \cdot Q_{n_{abc}}}$$

$$\kappa_{R_{n_{abc}}} = \begin{cases} 0.44, & \kappa'_{R_{n_{abc}}} \geq 0.44 \\ \kappa'_{R_{n_{abc}}}, & -0.44 < \kappa'_{R_{n_{abc}}} < 0.44 \\ -0.44, & \kappa'_{R_{n_{abc}}} \leq -0.44 \end{cases}$$

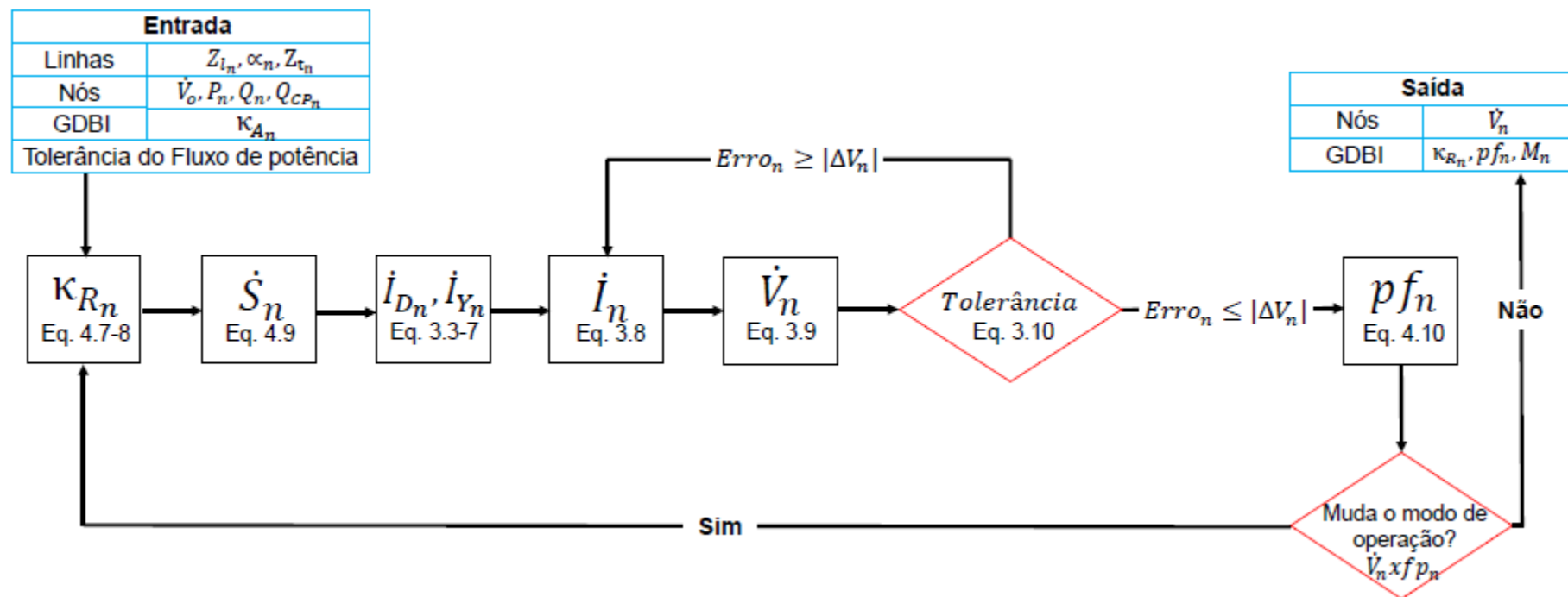
$$\dot{S}_{n_{abc}} = (1 - \kappa_{A_{n_{abc}}}) \cdot P_{n_{abc}} + j \cdot (Q_{n_{abc}} - Q_{cp_{abc}}) \cdot (1 - \kappa_{R_{n_{abc}}})$$

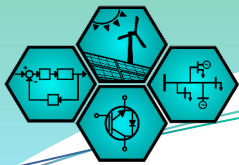
$$pf_{n_{abc}} = \begin{cases} 0.9, & 0 \leq |\dot{V}_{n_{abc}}| \leq 0.1, M_1 \\ 0.9, & 0.1 < |\dot{V}_{n_{abc}}| \leq 0.5, M_2 \\ 0.33 \cdot |\dot{V}_{n_{abc}}| + 0.73, & 0.5 < |\dot{V}_{n_{abc}}| \leq 0.8, M_3 \\ 1.0, & 0.8 < |\dot{V}_{n_{abc}}| \leq 1.0, M_4 \\ -1.22 \cdot |\dot{V}_{n_{abc}}| + 2.22, & 1 < |\dot{V}_{n_{abc}}| \leq 1.1, M_5 \end{cases}$$



# MÉTODO VDI COM GDBI

Figura 9: Fluxograma do método VDI com GDBI.





# LEPAC

Power Electronics and Drives Laboratory

## MÉTODO MI HÍBRIDO COM GDBI

$$Tolerância = \sum^n (|\dot{I}_{f_{n_{abc}}}''| - |\dot{I}_{f_{n_{abc}}}'|)$$

$$|\dot{I}_{f_{abc}}| = \begin{cases} 0, & 0 \leq |\dot{V}_{f_{abc}}| \leq 0.1, M_1 \\ 2, & 0.1 < |\dot{V}_{f_{abc}}| \leq 0.5, M_2 \\ -2.5 \cdot |\dot{V}_{f_{abc}}| + 3.25, & 0.5 < |\dot{V}_{f_{abc}}| \leq 0.8, M_3 \\ -1.25 \cdot |\dot{V}_{f_{abc}}| + 2.25, & 0.8 \leq |\dot{V}_{f_{abc}}| \leq 1.0, M_4 \\ -1 \cdot |\dot{V}_{f_{abc}}| + 2, & 1 < |\dot{V}_{f_{abc}}| \leq 1.1, M_5 \\ 0, & |\dot{V}_{f_{abc}}| > 1.1, M_6 \end{cases}$$

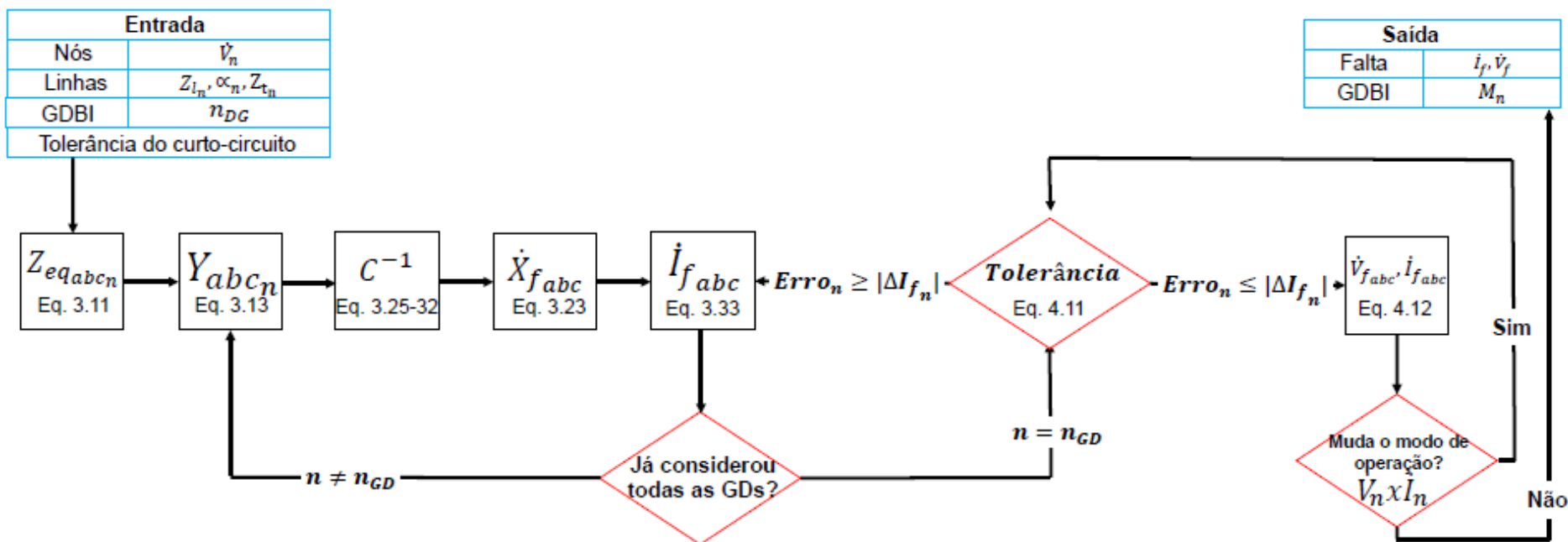
A aplicação deste modelo, de forma simplificada, para o cálculo do curto-circuito no sistema IEEE de 13 e 34 nós foi o assunto do artigo *Use of the Particle Swarm Technique to Optimize Parameters of Photovoltaic Generators on Networks with High Integration of Distributed Generation* publicado no SBSE-2020 pelo autor, durante o doutorado





# MÉTODO MI HÍBRIDO

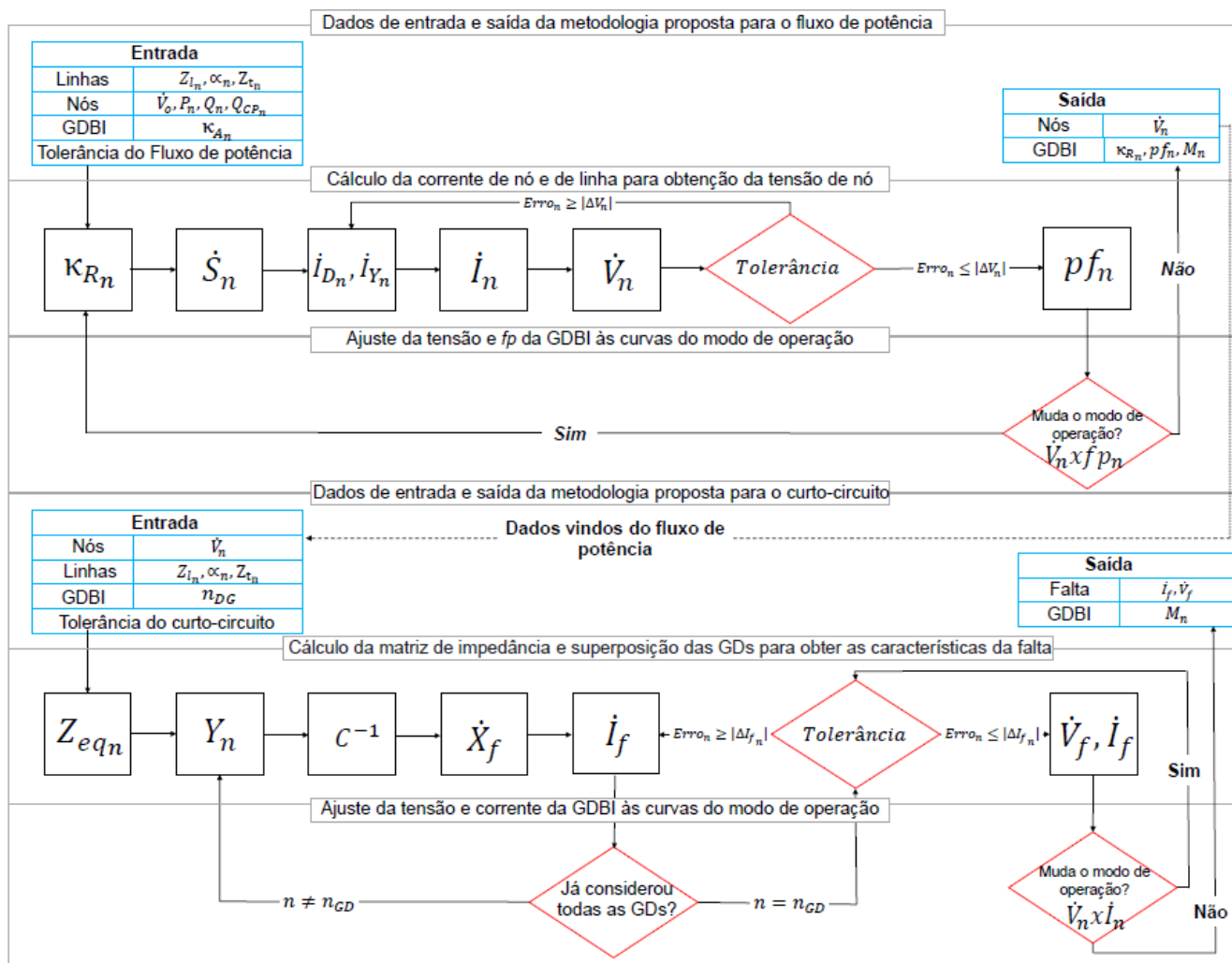
Figura 10: Fluxograma do método híbrido da matriz de impedância.

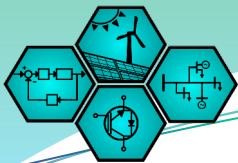




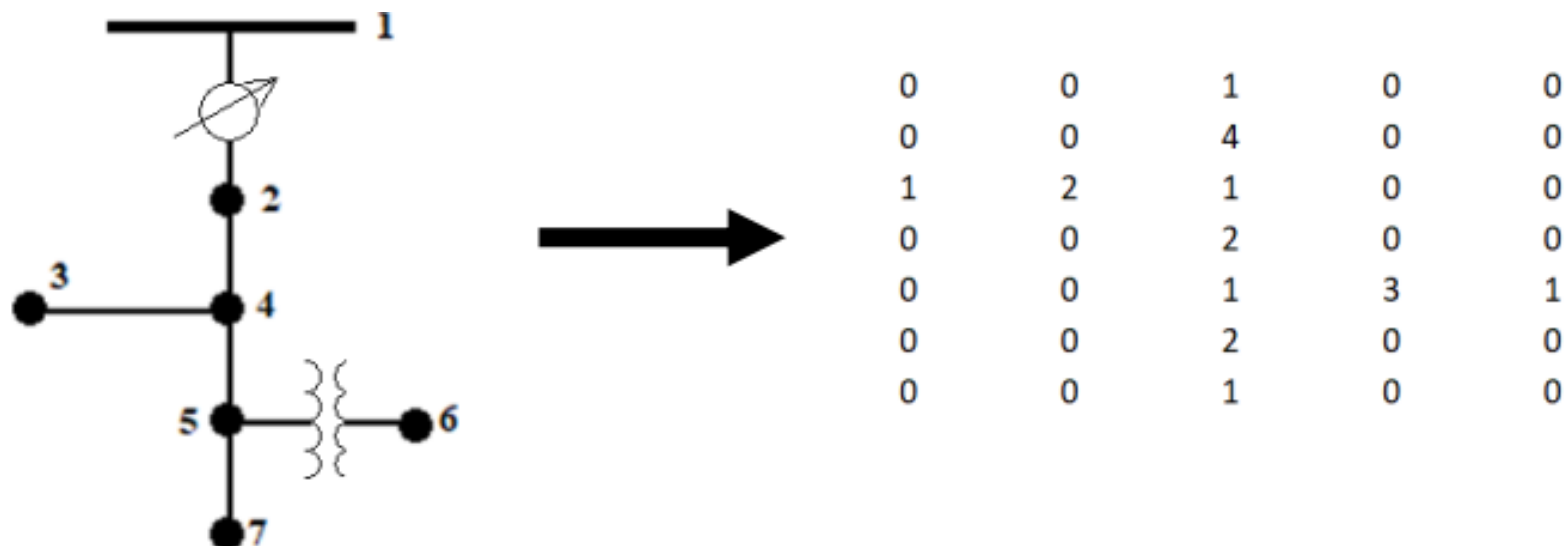
# METODOLOGIA DO SISTEMA

**Figura 11: Fluxograma do método MI e VDI híbrido com GDBI.**



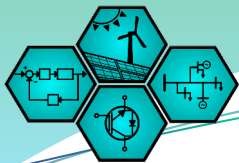


**Figura 12: Exemplo de matriz de configuração com os itens dos nós.**



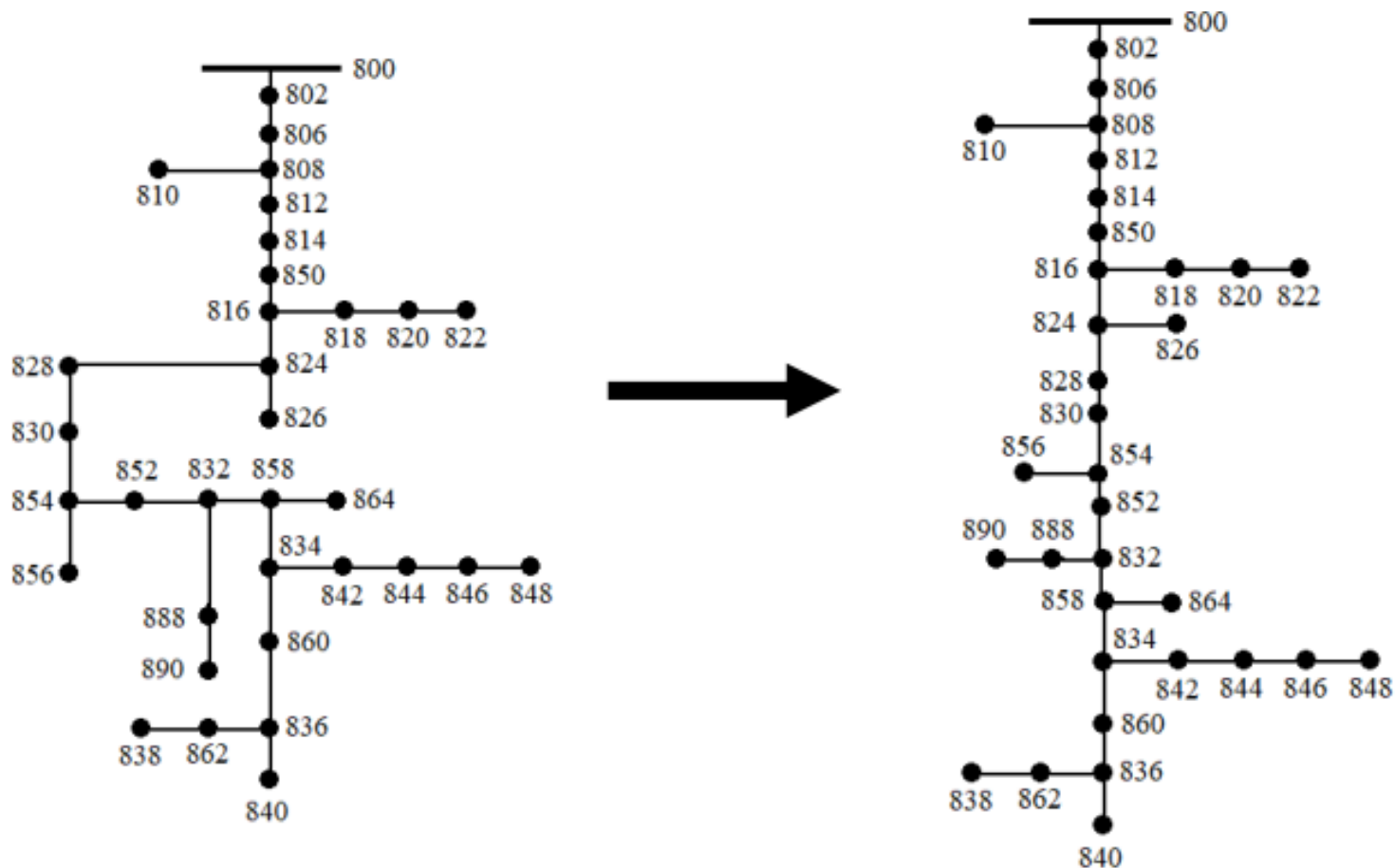
Fonte: Próprio autor

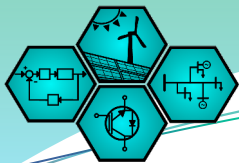
O uso deste sistema para o cálculo do fluxo de potência e curto-circuito no sistema IEEE de 13 e 34 nós foi o tema do artigo *Load Flow and Short-Circuit Methods for Grids Dominated by Inverter-Based Distributed Generation* publicado na revista *Energies* (Qualis B1), pelo autor durante o doutorado.



# SISTEMA COMPUTACIONAL

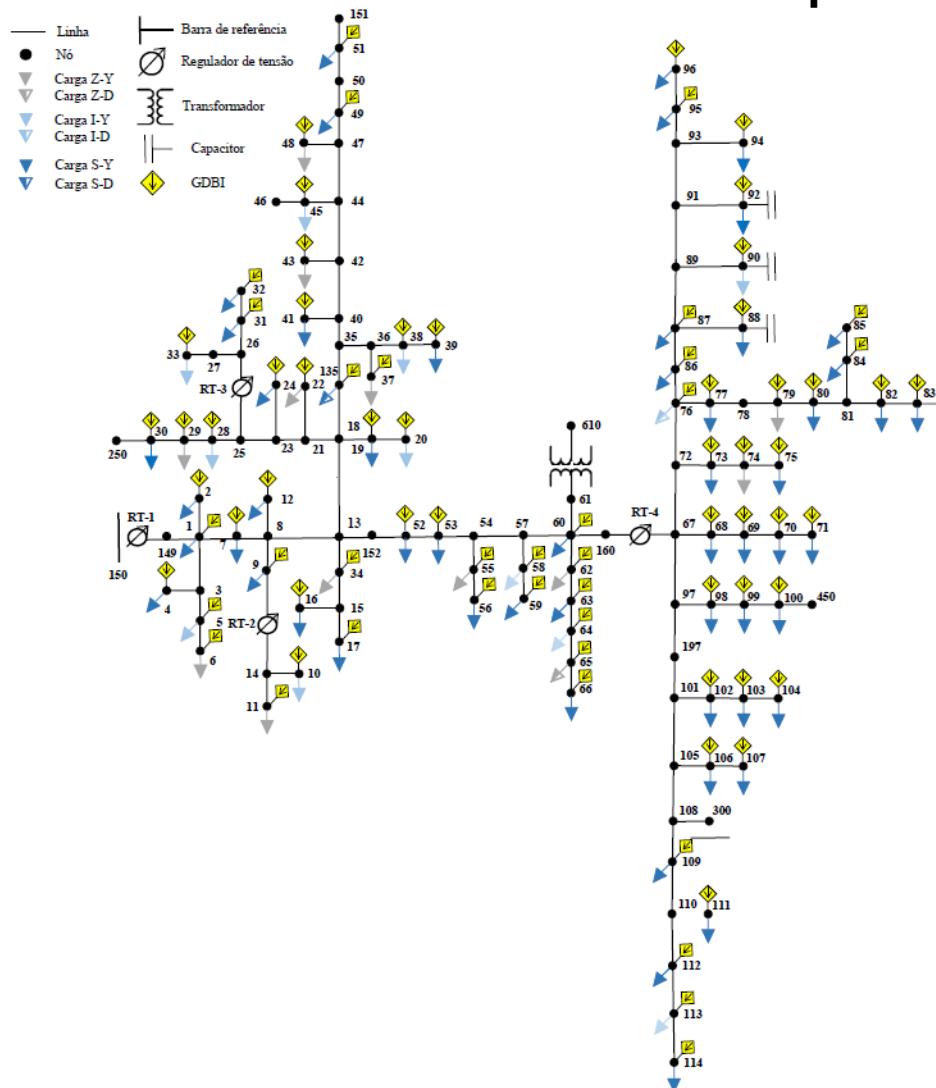
**Figura 13: Exemplo de montagem da matriz de configuração.**



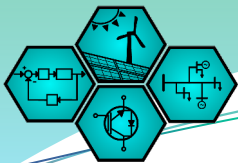


# RESULTADOS

**Figura 14: Alimentador IEEE de 123 nós com alta presença de GDBI.**

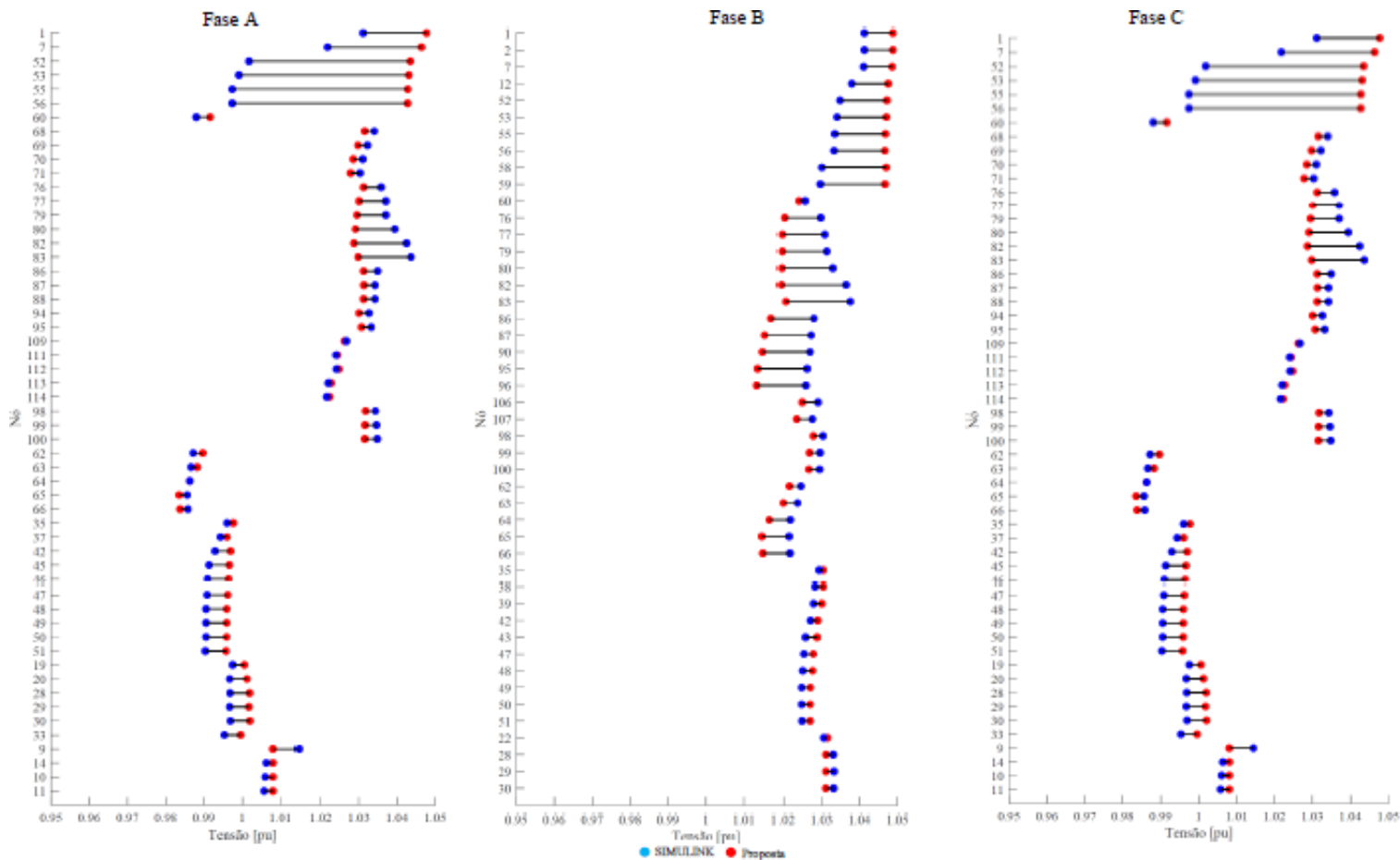


Fonte: Próprio autor

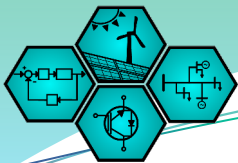


# RESULTADOS

**Figura 15: Perfil de tensão do IEEE de 123 nós, proposta e Simulink, com 0% de  $\kappa_A$**

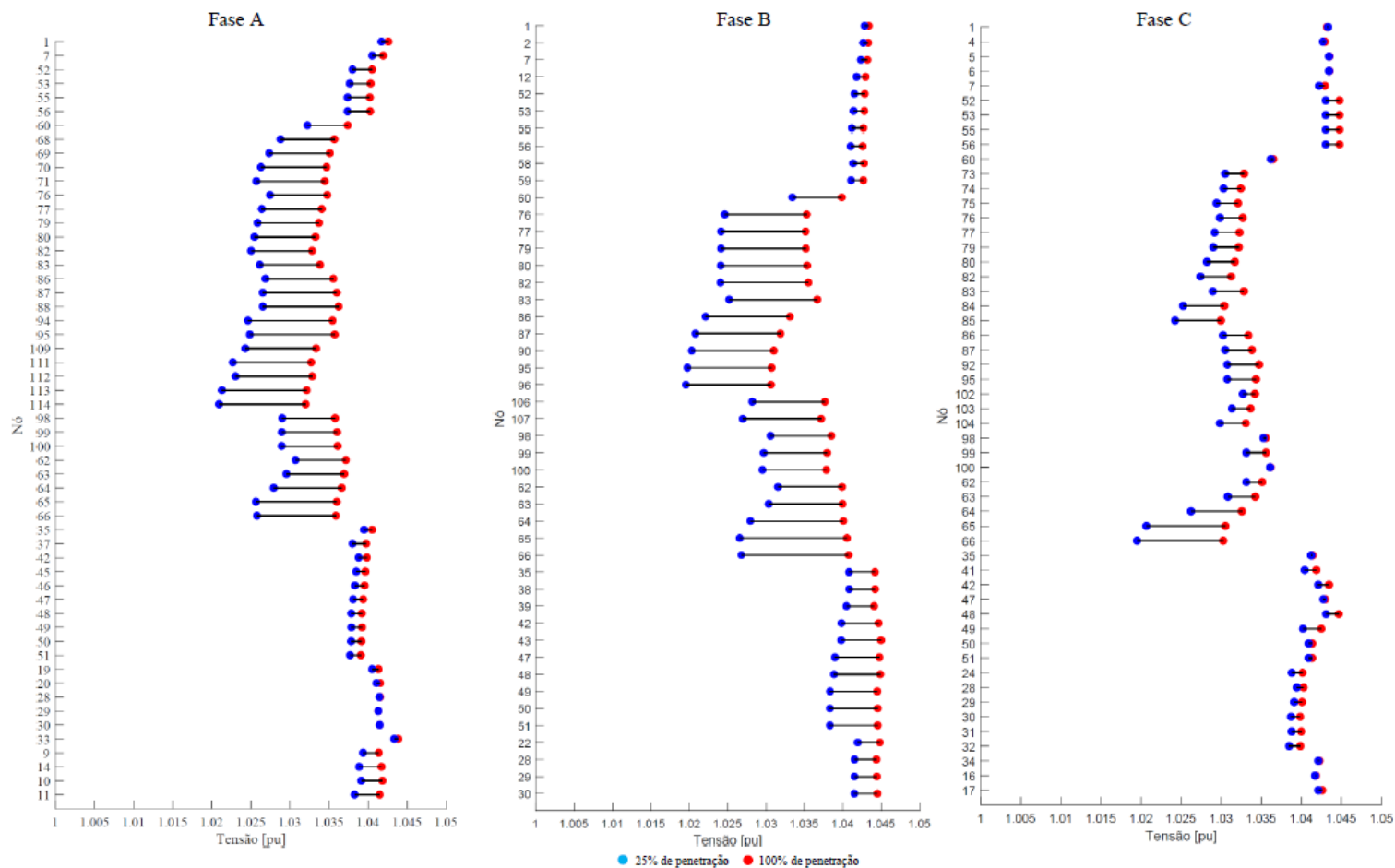


Fonte: Próprio autor



## RESULTADOS

**Figura 16: Perfil de tensão pela proposta do IEEE de 123 nós com 25 e 100% de  $\kappa_A$ .**

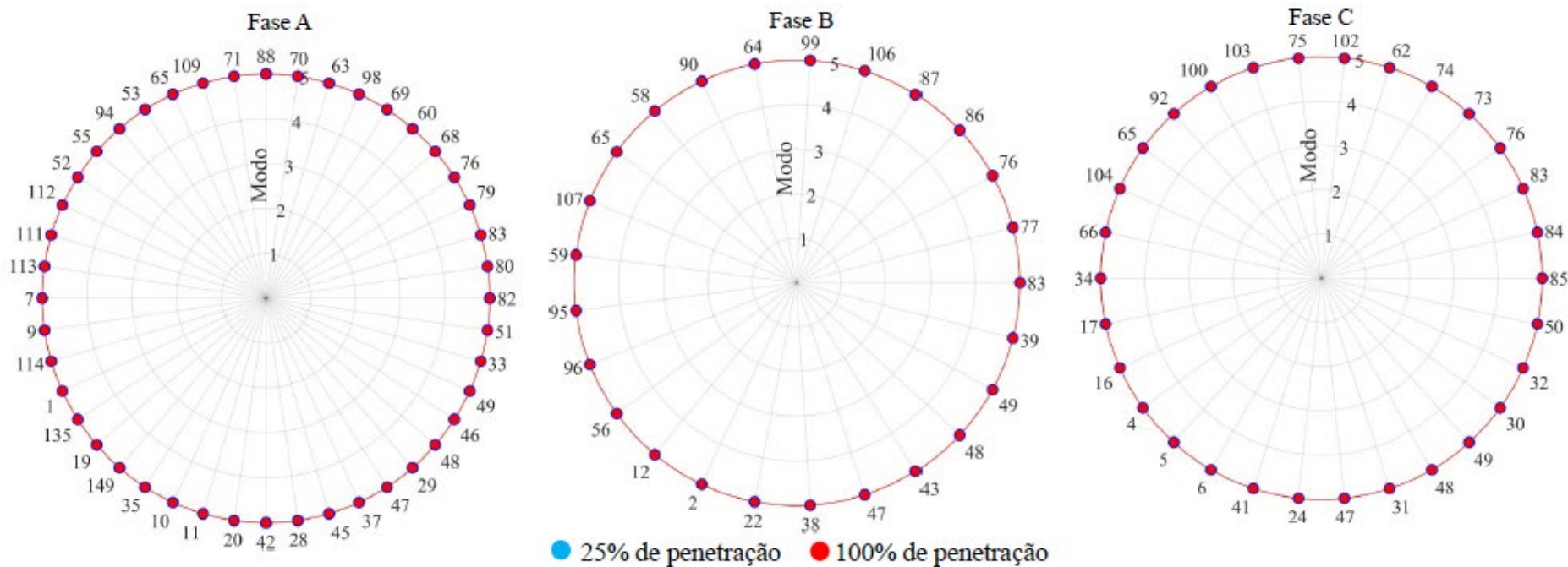


Fonte: Próprio autor

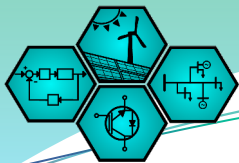


# RESULTADOS

**Figura 17: Modos de operação do IEEE de 123 nós usando a metodologia proposta com 25 e 100% de  $\kappa_A$ .**





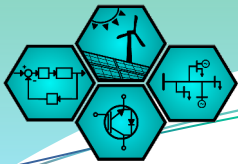


# RESULTADOS

**Figura 18: Valores de  $\kappa_R$  para 25 e 100% de  $\kappa_A$  do IEEE 34 nós**

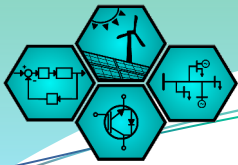
$\kappa_A$ Node	100%			25%		
	Ph-A	Ph-B	Ph-C	Ph-A	Ph-B	Ph-C
1	0,0928	-	-	0,0226	-	-
2	0,0937	-	-	0,0233	-	-
4	-	-	0,0921	-	-	0,0231
5	-	-	0,09208	-	-	0,0231
6	-	-	0,0928	-	-	0,0226
7	0,1013	-	-	0,0249	-	-
12	-	0,1004	-	-	0,0243	-
52	0,0872	-	-	0,0201	-	-
53	0,0867	-	-	0,0199	-	-
55	0,0865	-	-	0,0197	-	-
56	-	0,0993	-	-	0,0238	-
57	-	-	-	-	-	-
58	-	0,0999	-	-	0,0240	-
59	-	0,0996	-	-	0,0238	-
60	0,0204	-	-	0,0204	-	-
68	0,0912	-	-	0,0217	-	-
69	0,0897	-	-	0,0207	-	-
70	0,0885	-	-	0,0200	-	-
71	0,0879	-	-	0,0196	-	-
73	-	-	0,0836	-	-	0,0836
74	-	-	0,0826	-	-	0,0826
75	-	-	0,0816	-	-	0,0816
76	0,0583	0,0631	0,0582	0,0583	0,0631	0,0582
77	-	0,0898	-	-	0,0198	-
79	0,085937	-	-	0,018533	-	-
80	-	0,0848	-	-	0,0188	-
82	0,0836	-	-	0,0184	-	-
83	-	-	0,0044	-	-	0,0011

$\kappa_A$ Node	100%			25%		
	Ph-A	Ph-B	Ph-C	Ph-A	Ph-B	Ph-C
84	-	-	0,0771	-	-	0,0178
85	-	-	0,0760	-	-	0,0170
86	-	0,0843	-	-	0,0843	-
87	-	0,0810	-	-	0,0181	-
88	0,0618	-	-	0,0112	-	-
90	-	0,0525	-	-	0,0111	-
92	-	-	0,0591	-	-	0,0118
94	0,0906	-	-	0,0196	-	-
95	-	0,0780	-	-	0,0178	-
96	-	0,0778	-	-	0,0178	-
102	-	-	0,0873	-	-	0,0210
103	-	-	0,0858	-	-	0,0201
104	-	-	0,0842	-	-	0,0191
106	-	0,0965	-	-	0,0221	-
107	-	0,0952	-	-	0,0213	-
109	0,0850	-	-	0,0187	-	-
111	0,0833	-	-	0,0176	-	-
112	0,0836	-	-	0,0179	-	-
113	0,0818	-	-	0,0167	-	-
114	0,0814	-	-	0,0165	-	-
98	0,0915	-	-	0,0218	-	-
99	-	0,0973	-	-	0,0231	-
100	-	-	0,0910	-	-	0,0237
62	-	-	0,0168	-	-	0,0168
63	0,0186	-	-	0,0186	-	-
64	-	0,0179	-	-	0,0179	-
65	0,0113	0,0111	0,0061	0,0113	0,0111	0,0061
66	-	-	0,0086	-	-	0,0086
35	0,0937	-	-	0,0233	-	-
37	0,0916	-	-	0,0223	-	-
38	-	0,1033	-	-	0,0251	-
39	-	0,1030	-	-	0,0248	-



## RESULTADOS

- O erro médio é de 1,94%, com o menor valor por fase ocorrendo na fase A, de 0,44%, enquanto o maior ocorreu na fase C, de 3,29%.
- A mudança no perfil de tensão em relação ao aumento da penetração da potência ativa é mais significativa no ramo 52-56. Este trecho possui linhas de configuração trifásica com cargas monofásicas na fase A para os nós 52, 53 e 55.
- Para 100% da injeção de kA, os nós com GDBI estavam no modo 5, resultado esperado, pois mesmo sem injeção de corrente das unidades de GDBI, a maioria dos nós já possuía tensão muito próxima ou superior a 1 pu.

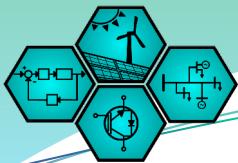


# LEPAC

Power Electronics and Drives Laboratory

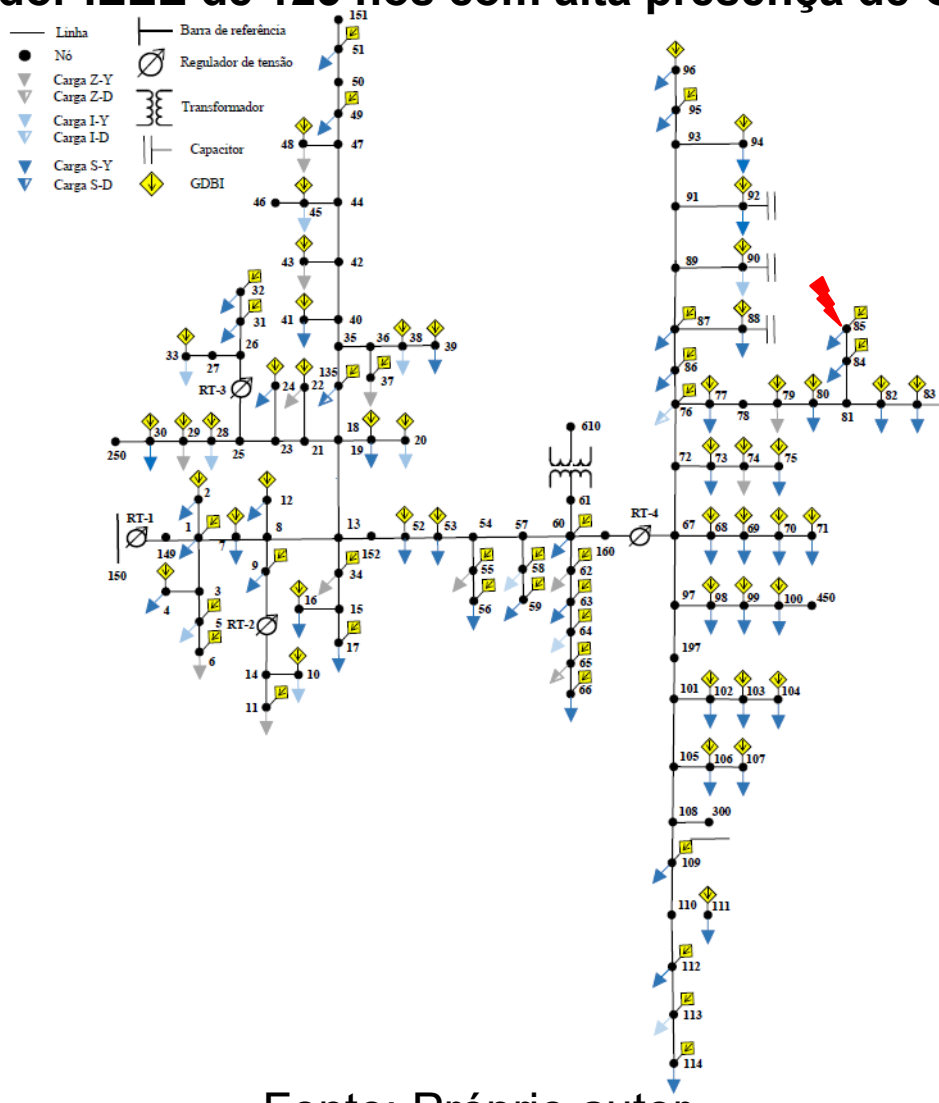
## RESULTADOS

- o  $\kappa_R$  atendeu aos limites dos parâmetros para o DER de Categoria B, onde diferente do que ocorreu no sistema de 34 nós, não ocorreu extrapolação.
- Os resultados encontrados no sistema de 123 nós dissociam o tamanho da malha com a maior probabilidade de exceder o limite de 0,44.

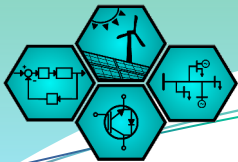


## RESULTADOS

**Figura 19: Alimentador IEEE de 123 nós com alta presença de GDBI e falta no nó 85.**

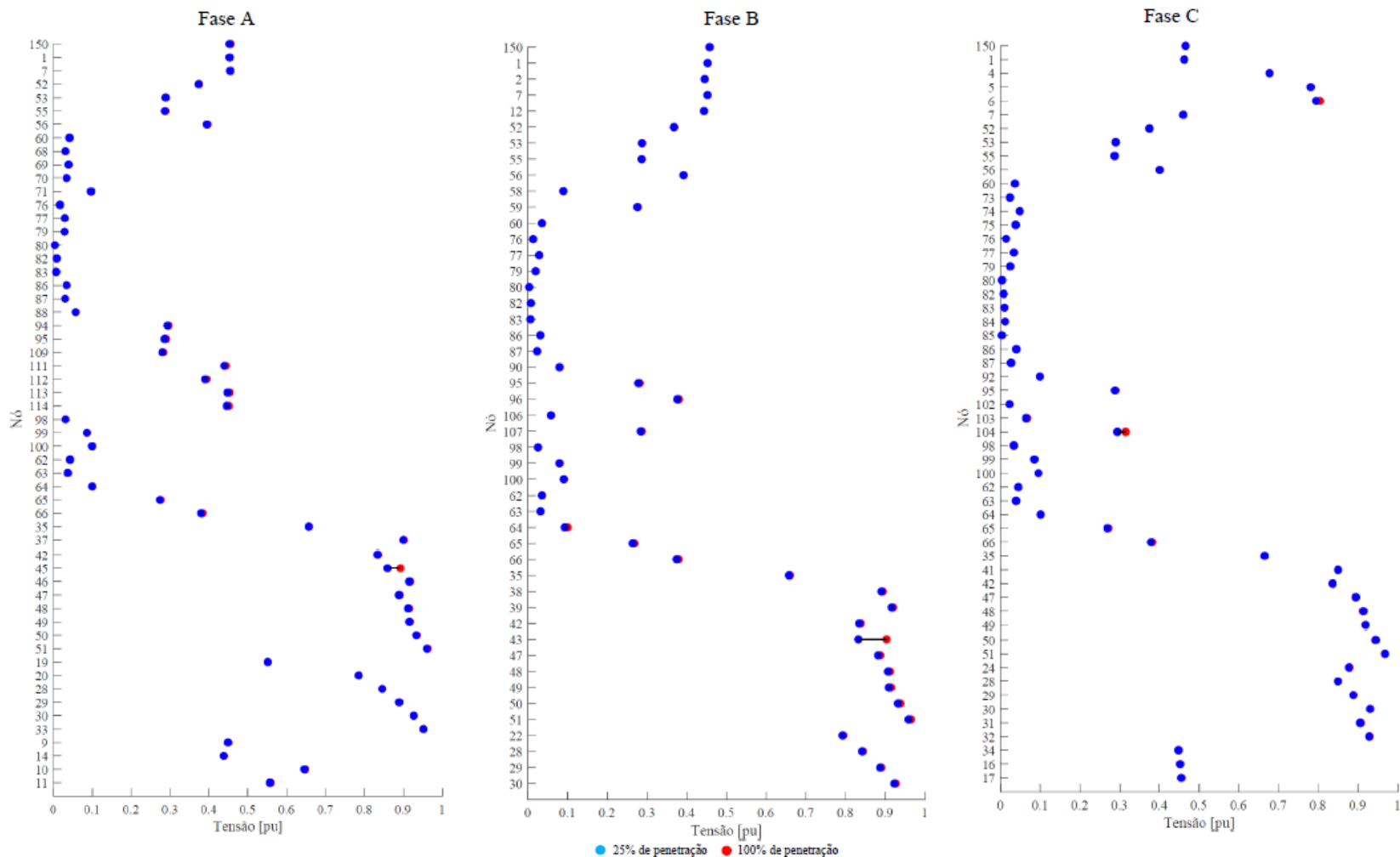


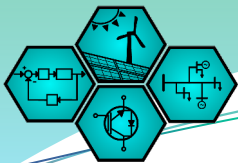
Fonte: Próprio autor



# RESULTADOS

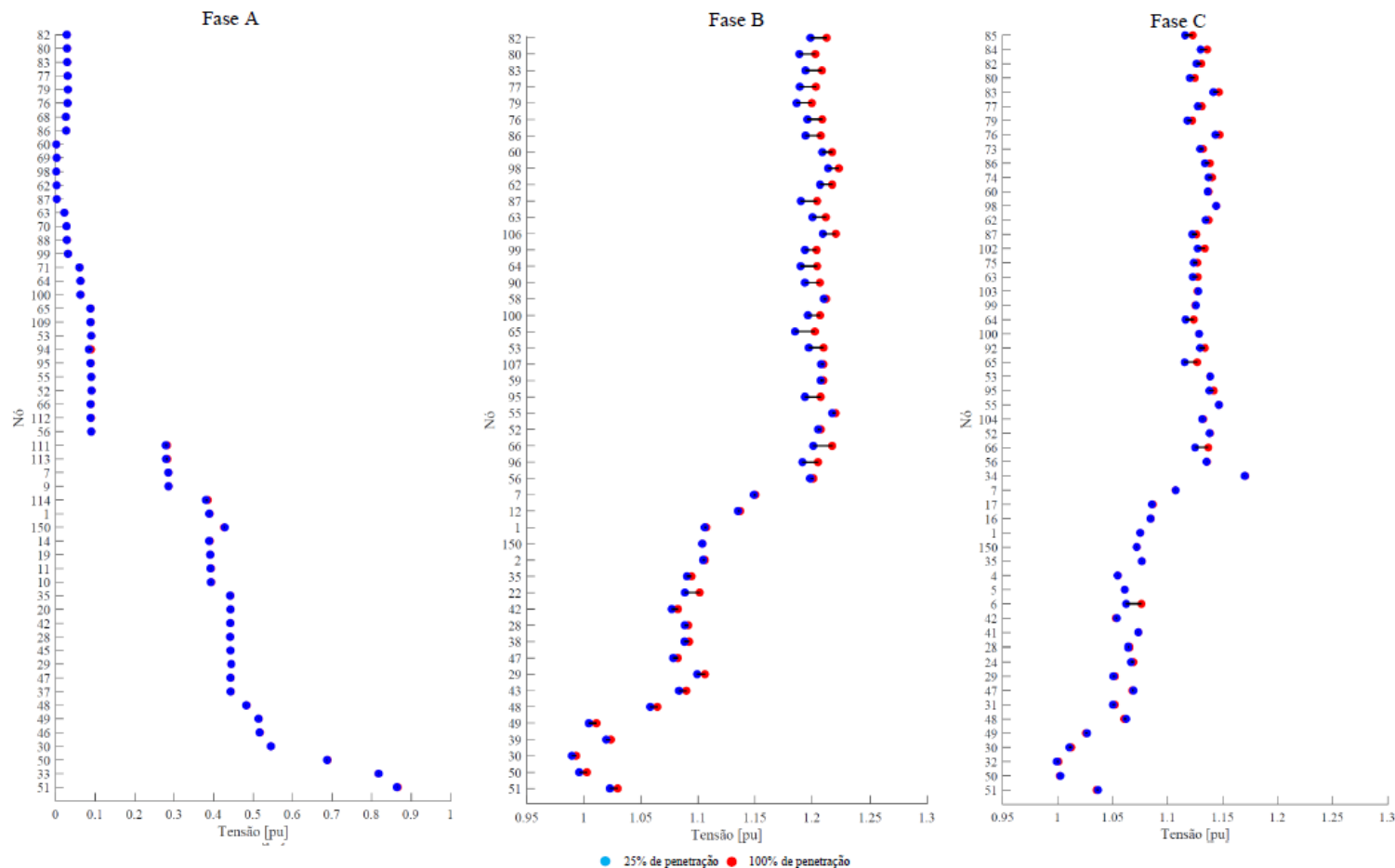
**Figura 20: Perfil de tensão pós falta trifásica do IEEE de 123 nós, proposta e IEEE.**



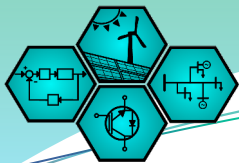


## RESULTADOS

**Figura 21: Perfil de tensão do IEEE de 123 nós pós falta monofásica em A usando a metodologia proposta com 25 e 100% de  $\kappa_A$ .**

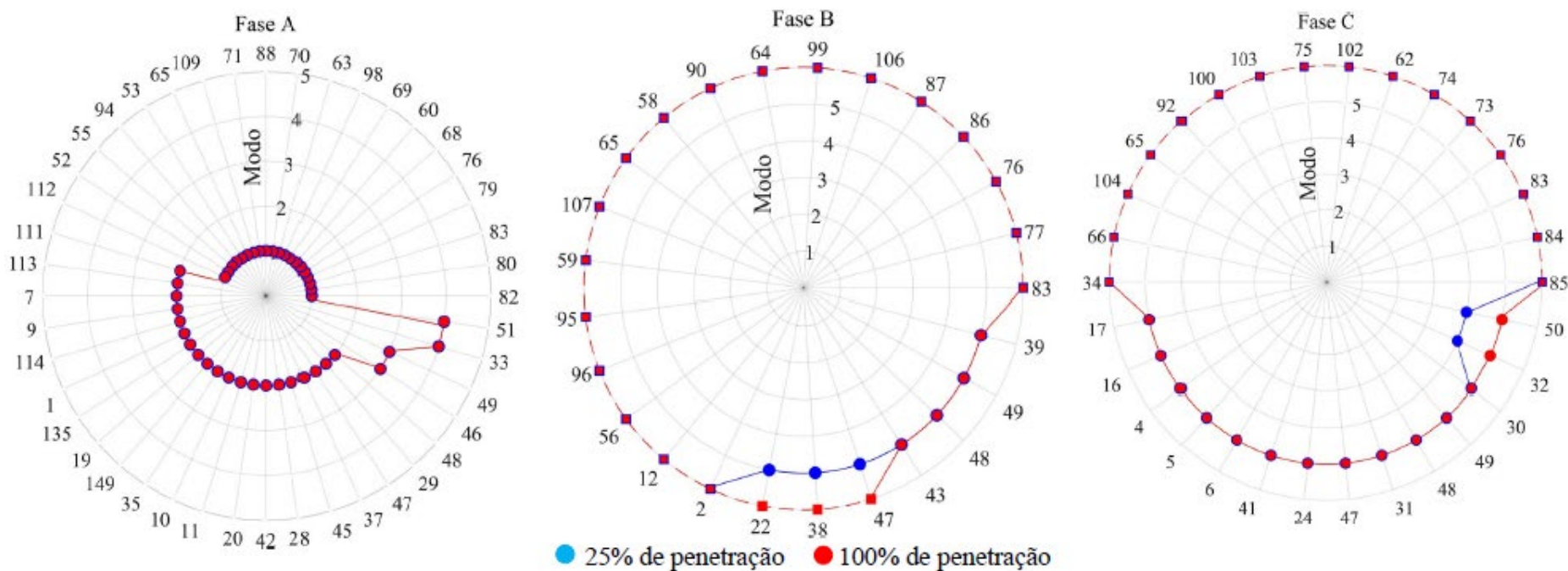


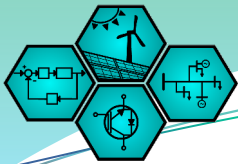
Fonte: Próprio autor



## RESULTADOS

**Figura 22: Modos de operação do IEEE de 123 nós usando a metodologia proposta para falta monofásica em A.**

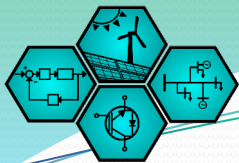




## RESULTADOS

- São encontradas tensões de maior módulo do que do alimentador principal, decorrente de existirem alimentadores mais distantes do ponto de falta que o citado, cenário não existente nos sistemas anteriores, cuja topologia era puramente radial.
- A falta trifásica simulada produz valores dentro da faixa de operação, situação diferente na monofásica, onde nas fases vizinhas ao curto, ocorre extrapolação do limite de 1,1 pu de tensão.
- A extrapolação representa a condição de desassociação da GDBI da rede.

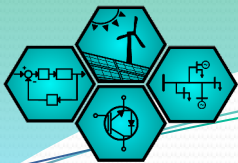




## ANÁLISE DA CONVERGÊNCIA E SENSIBILIDADE

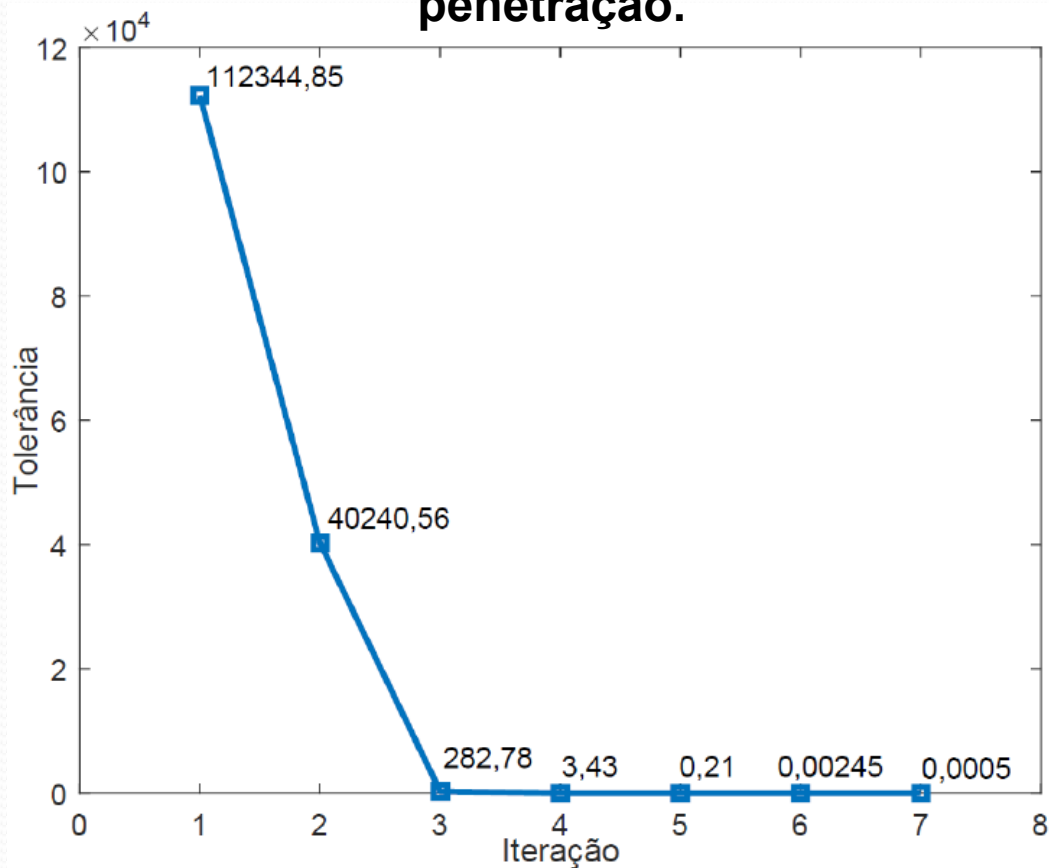
Método	Tempo de processamento [s]		
	13 nós	34 nós	123 nós
Metodologia proposta	1,76	4,85	5,98
MATLAB/Simulink	17,28	91,98	65,7
OpenDSS	0,04	0,09	0,2

- O sistema apresentou convergência satisfatória e tempo de processamento adequado quando comparado ao modelo do MATLAB/Simulink, mas é inferior ao OpenDSS, que é uma plataforma dedicada a processamento de dados.

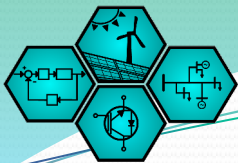


## ANÁLISE DA CONVERGÊNCIA E SENSIBILIDADE

**Figura 23: Valores da tolerância por iteração para o 123 nós, com máxima penetração.**

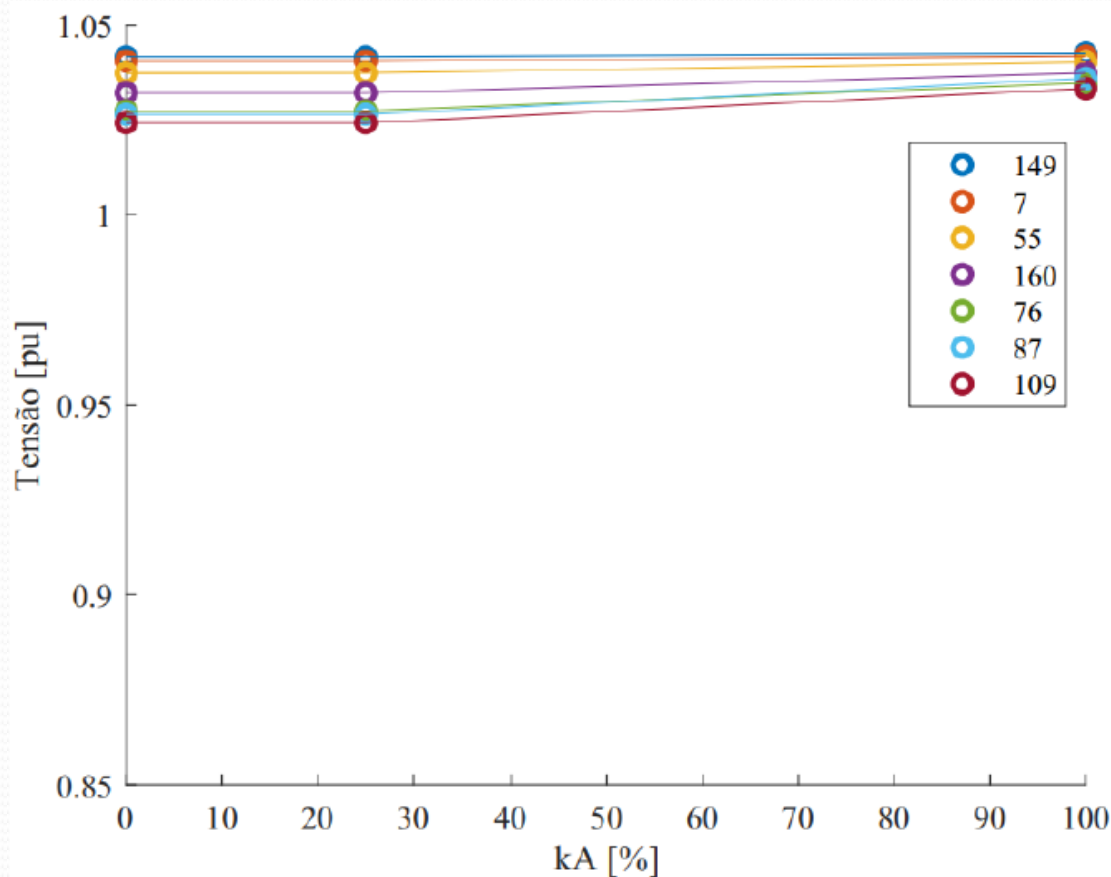


Fonte: Próprio autor

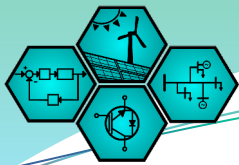


# ANÁLISE DA CONVERGÊNCIA E SENSIBILIDADE

**Figura 24: Sensibilidade do  $\kappa_A$  por tensão, em pontos intermediários do 123 nós**



Fonte: Próprio autor



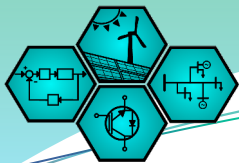
# LEPAC

Power Electronics and Drives Laboratory

## ANÁLISE DA INTERMITÊNCIA DA POTÊNCIA NAS UNIDADES DE GDBI

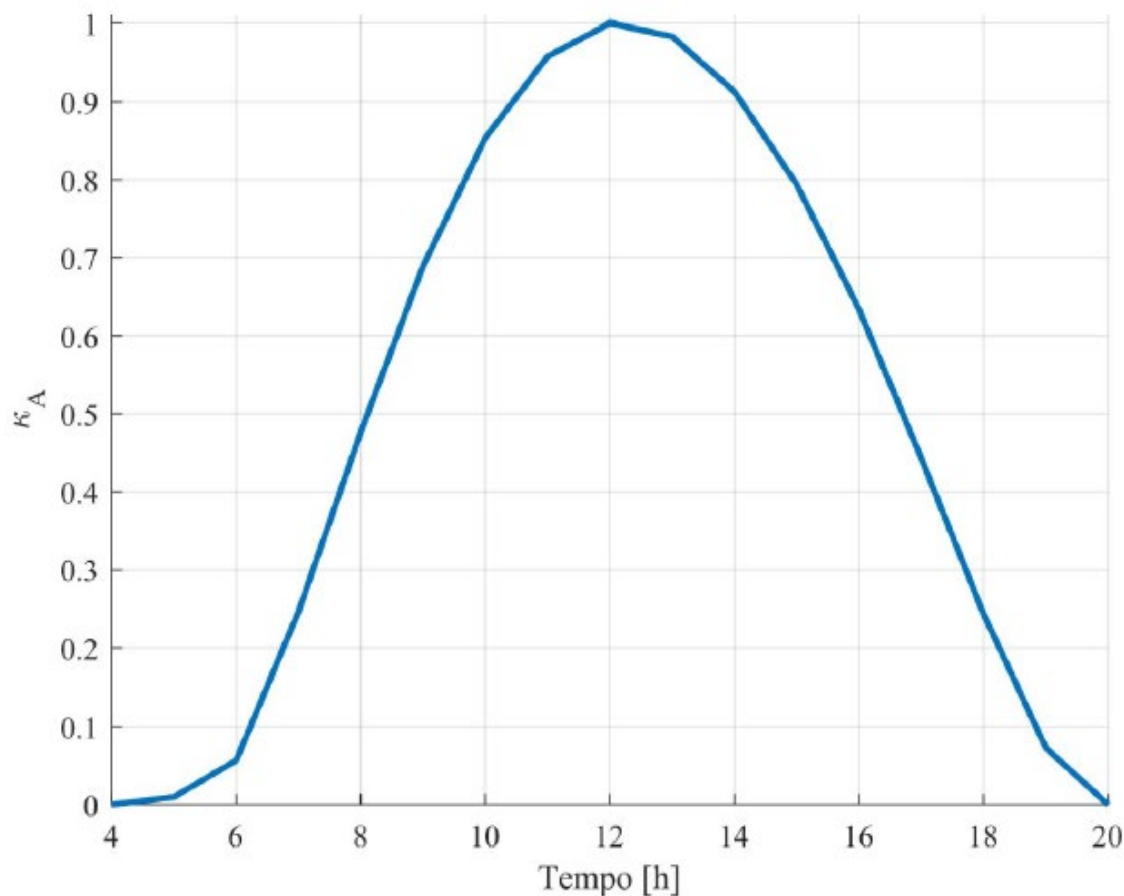
- Busca compreender o comportamento das redes do IEEE considerando a variação de potência que ocorre tanto na geração solar quando nas potências das cargas.
- Essa análise da injeção e do consumo intermitentemente permitirá a avaliação dos instantes de maior impacto nas redes, fornecendo informações para estudos de proteção mais adequados.

O uso da metodologia apresentada nesse item foi o tema do artigo *Assessing of Intermittency Effect on Calculations of Load Flow and Short-Circuit for Grids Dominated by Photovoltaic Distributed Generation*, submetido ao 23° Power Systems Computation Conference, que dá direito a publicação na revista Electric Power Systems Research (Qualis A1).

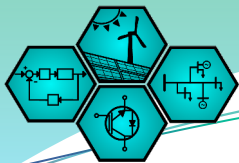


## ANÁLISE DA INTERMITÊNCIA DA POTÊNCIA NAS UNIDADES DE GDBI

**Figura 25: Curva diária de geração da unidade de GDBI.**

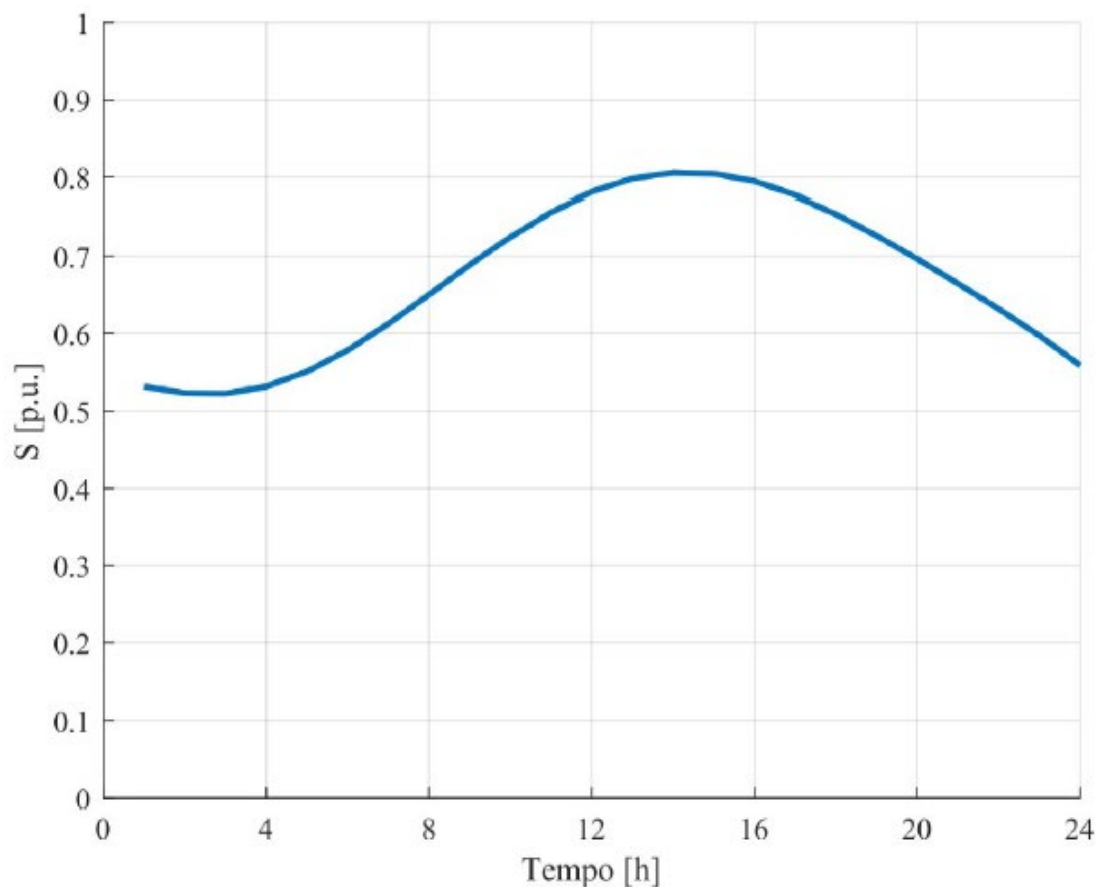


Fonte: Próprio autor

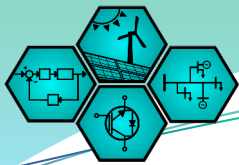


# ANÁLISE DA INTERMITÊNCIA DA POTÊNCIA NAS UNIDADES DE GDBI

**Figura 25: Curva diária de carregamento da unidade de GDBI.**



Fonte: Próprio autor



# LEPAC

Power Electronics and Drives Laboratory

## ANÁLISE DA INTERMITÊNCIA DA POTÊNCIA NAS UNIDADES DE GDBI

$$\kappa'_{R_{n_{abc}}} = \frac{\kappa_{A_{n_{abc}}}[t] \cdot P_{n_{abc}} \cdot (1 - pf_{n_{abc}})}{pf_{n_{abc}} \cdot j \cdot Q_{n_{abc}}}$$

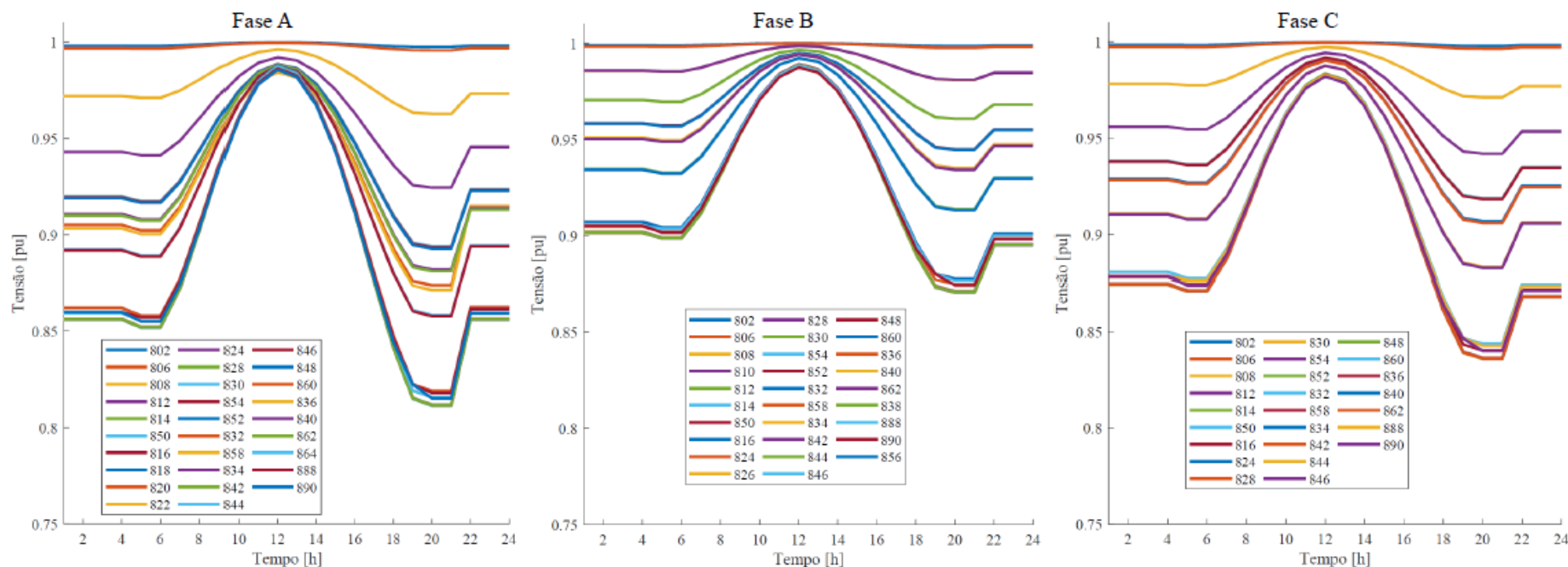
$$\kappa_{R_{n_{abc}}} = \begin{cases} 0.44, & \kappa'_{R_{n_{abc}}} \geq 0.44 \\ \kappa'_{R_{n_{abc}}}, & -0.44 < \kappa'_{R_{n_{abc}}} < 0.44 \\ -0.44, & \kappa'_{R_{n_{abc}}} \leq -0.44 \end{cases}$$

$$\dot{S}_{n_{abc}} = (1 - \kappa_{A_{n_{abc}}}[t]) \cdot P_{n_{abc}} \cdot C[t] + j \cdot (Q_{n_{abc}} \cdot C[t] - Q_{cp_{abc}}) \cdot (1 - \kappa_{R_{n_{abc}}})$$

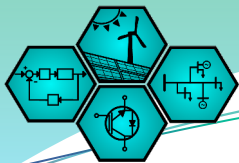


# ANÁLISE DA INTERMITÊNCIA DA POTÊNCIA NAS UNIDADES DE GDBI

**Figura 26: Perfis de tensão do 34 nós considerando as curvas diárias de geração e carga das unidades de GDBI.**

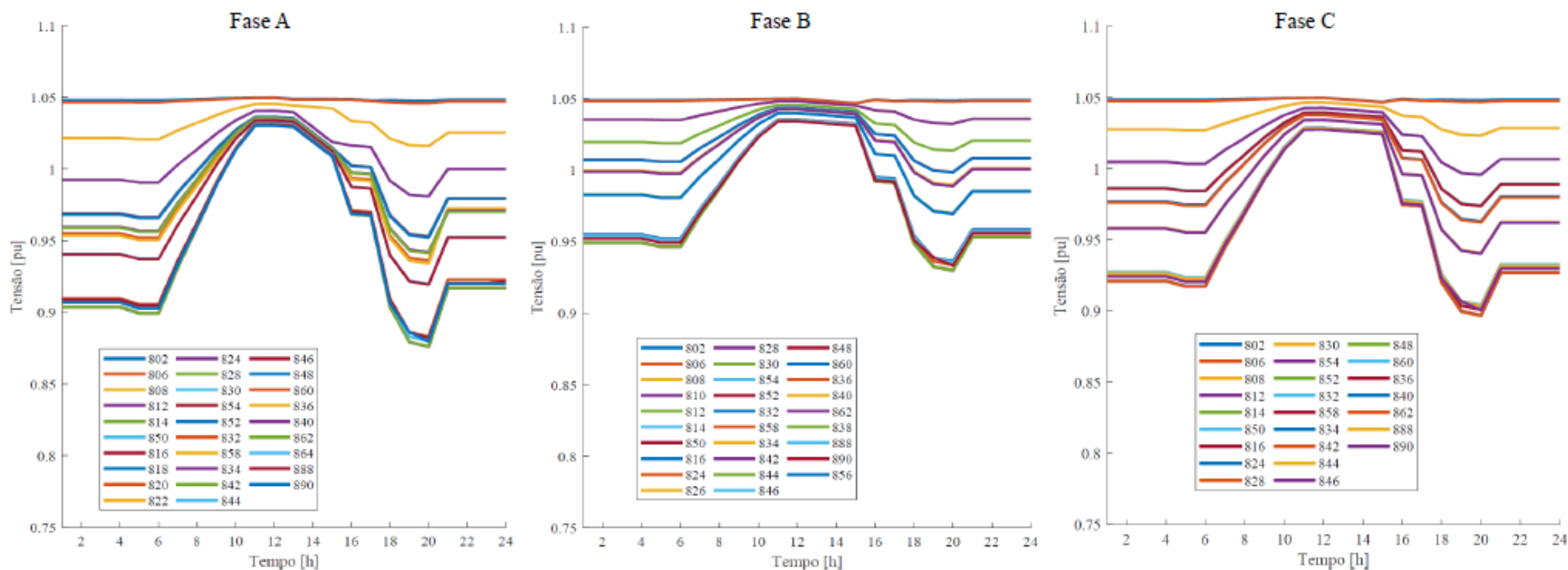


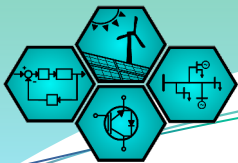




# ANÁLISE DA INTERMITÊNCIA DA POTÊNCIA NAS UNIDADES DE GDBI

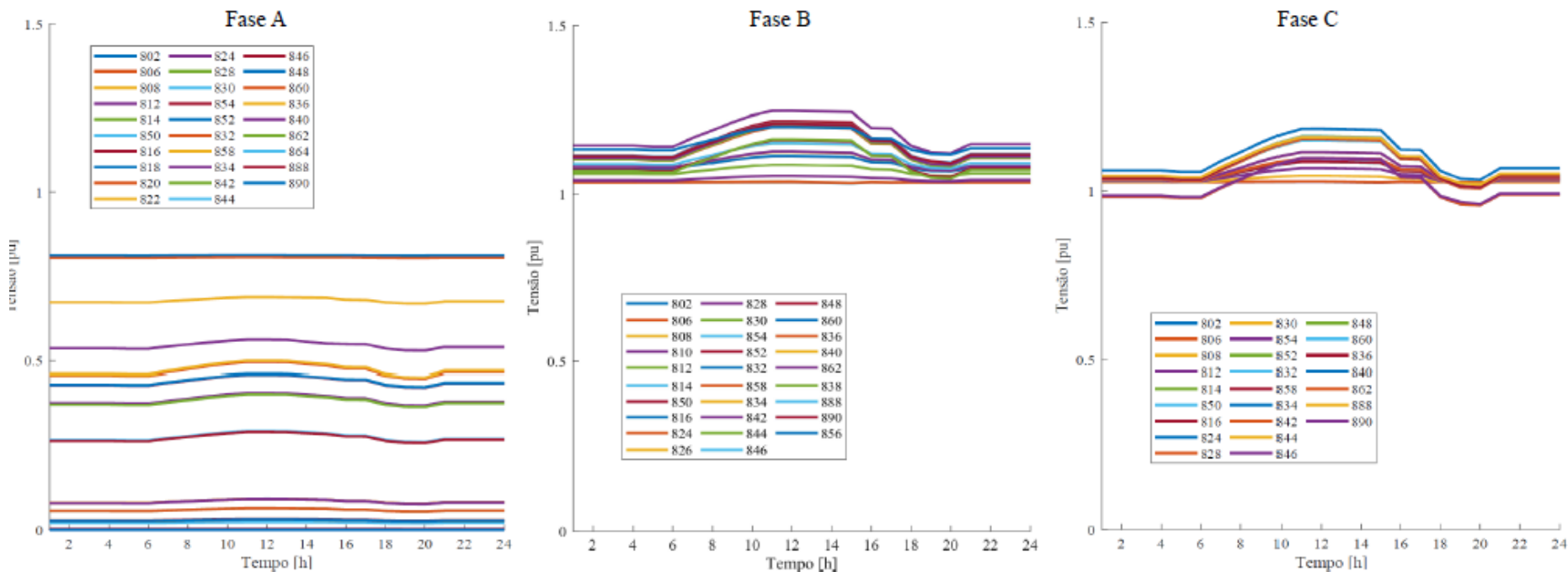
**Figura 26: Perfis de tensão do 34 nós considerando as curvas diárias de geração e carga das unidades de GDBI, com tensão de referência em 1,05.**

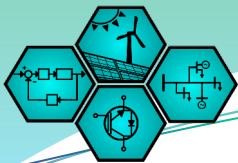




## ANÁLISE DA INTERMITÊNCIA DA POTÊNCIA NAS UNIDADES DE GDBI

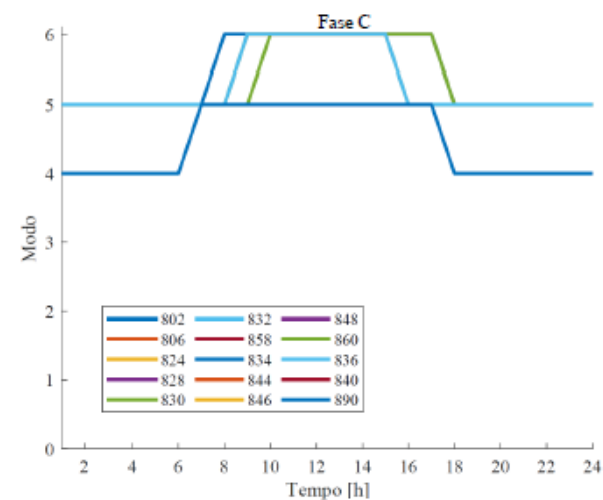
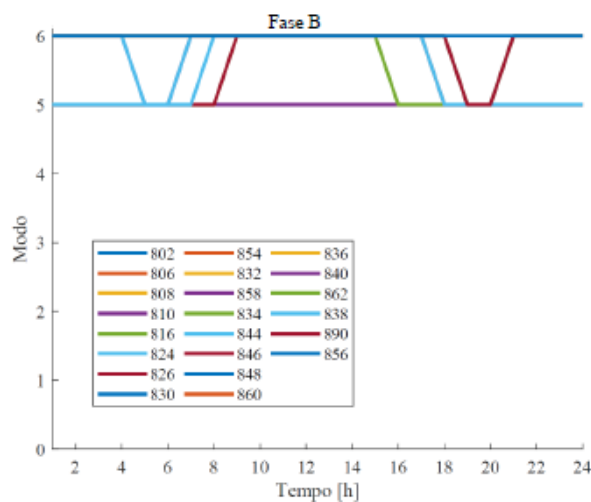
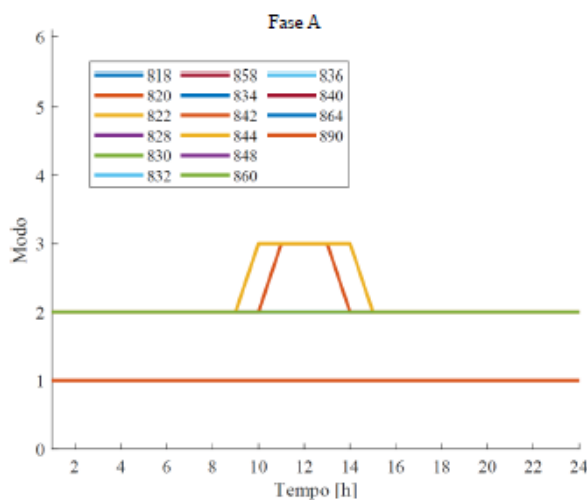
**Figura 26: Perfis de tensão do 34 nós com falta monofásica em A no nó 848.**

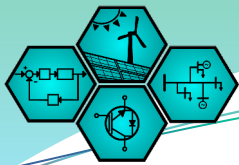




# ANÁLISE DA INTERMITÊNCIA DA POTÊNCIA NAS UNIDADES DE GDBI

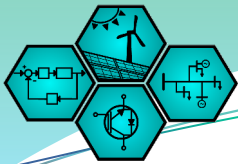
**Figura 26: Modos de operação do 34 nós com falta monofásica em A no nó 848.**





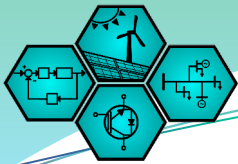
## RESULTADOS

- O comportamento da tensão nas fases A e C segue o da curva de consumo, com o pico ocorre no ponto máximo de geração. Para a fase B, o comportamento se diferencia, pois não há a elevação de tensão nas extremidades da curva, sendo similar em forma as fases vizinhas.
- Os valores obtidos demonstram que, assim como o anterior, para horários de geração nula, a tensão apresenta módulo inferior ao limite da norma IEEE 1547-2020; exigindo a instalação de reguladores de tensão para garantir o mínimo de 0,88 pu.
- Com exceção do horário de baixa geração e consumo significativo (19 horas), o perfil de tensão se encontra dentro do intervalo de 0,88 a 1,05 pu.



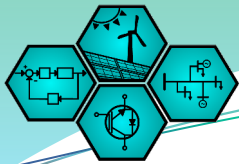
## RESULTADOS

- Para falta tipo monofásica em A, nos perfis de tensão ocorre pico de tensão na máxima geração e decaimento no intervalo de consumo considerável e geração próxima da nula.
- Em relação aos modos de operação, nota-se a mudança de modo de 2 para 3 na fase da falta, nos nós 820 e 822, no intervalo de máxima geração, evidenciando que a tensão atingiu valores superiores 0,5 pu. Enquanto nas fases vizinhas ocorre mudança neste intervalo e no de decaimento, de forma mais expressiva na fase C, principalmente no nó 802, que é o mais próximo da referência.



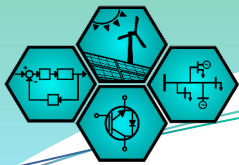
## CONCLUSÕES

- No sistema de 34 nós com máximo fornecimento de potência, o limite de injeção de potência reativa na categoria B é atingido no nó 844. Situação que não se repetiu no sistema de 123 nós, **indicando que o aumento do número de cargas da malha não garante que o limite seja atingido.**
- Para sistemas maiores, a injeção de máxima potência ativa já causa a saída dos geradores em caso de falta monofásica, independente da fase. Destacasse que no sistema de 123 nós, devido a topologia não radial, a tensão da barra de referência é inferior aos dos alimentadores que estão mais distantes do ponto de falta, **indicando uma adversidade maior nos estudos de coordenação e seletividade.**



# CONCLUSÕES

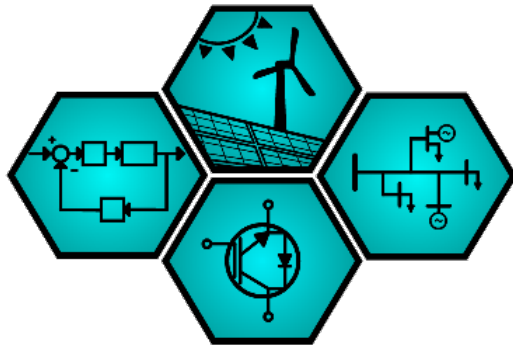
- A metodologia apresentou erro de 1,94%, para o alimentador de 123 nós, quando em comparação com o, já consolidado, modelo do MATLAB/Simulink, enquanto o ganho no tempo de processamento foi 1095,40% em relação ao perfil de tensão; **tornando seu uso consistente para maiores sistemas.**
- Ao comparar com o modelo no OpenDSS, que é uma plataforma dedicada ao processamento de dados, o tempo de processamento fica bastante superior: demonstrando que **não substitui sistemas consolidados a este fim.**



## CONCLUSÕES

- A análise da intermitência demonstrou que em horários de baixa geração e alto consumo, dependendo da potência instalada e da topologia da rede, **faz-se necessário instalar reguladores de tensão para evitar tensões inferiores ao limite da IEEE-1547 (0,88 pu)** e que a curva de geração e consumo influenciam mais significativamente nas fases com maior potência ativa instalada, com picos de corrente de falha, onde por extrapolarem as curvas de modo de operação (modo 6): **deve ocorrer a desconexão dos geradores com a rede.**
- Como proposta futura há a melhoria da entrada de dados e que a matriz de configuração de malha seja feita por interface visual e didática. Quanto a metodologia, propõem-se inserir os parâmetros da zona de radiação. De forma que seja possível simular o comportamento do sistema mediante variação da potência ativa pela radiação solar da região.





# LEPAC

Power Electronics and Drives Laboratory

Federal University of Espírito Santo  
Vitória – Espírito Santo, Brazil

## MUITO OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Luiz Guilherme Riva Tonini

[luiz.Tonini@edu.ufes.br](mailto:luiz.Tonini@edu.ufes.br) / [lgtonini@gmail.com](mailto:lgtonini@gmail.com)

(27) 99977-4861