

# **GAT 33: Contribuição de Geradores Fotovoltaicos Conectados em Redes de Distribuição à Estabilidade de Tensão de Sistemas de Potência**

**Heitor A. Barata\***  
**Werbeston D. de Oliveira**

**Vanderson C. de Souza**  
**João Paulo A. Vieira**

## GERAÇÃO

# Brasil possui mais de 10 mil conexões de micro e minigeração distribuída

Fonte mais utilizada é a solar com 10.280 instalações.



Essencial para a energia.  
Essencial para o Brasil.

Autor: ASSESSORIA DE IMPRENSA  
Publicação: 11/05/2017 | 14:22  
Última modificação: 11/05/2017 | 14:45

Tweetar

Recomendar 15

G+



Em maio deste ano, o número de conexões de micro e minigeração de energia superou 10 mil instalações no Brasil. O número atual, dados registrados até 11/5, apresenta **10.385** micro e mini usinas que possuem potência instalada de 113.195,48 quilowatts (kW).

A fonte mais utilizada pelos consumidores-geradores é a solar com 10.280 adesões, seguida da eólica com 50 instalações. Confira tabela com o total por fonte ([http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Fonte.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp)). O estado com o maior número de micro e minigeradores é Minas Gerais (2.225 conexões), seguido de São Paulo (2.094) e Rio Grande do Sul (1.096). Veja aqui ([http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Estadual.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Estadual.asp)).



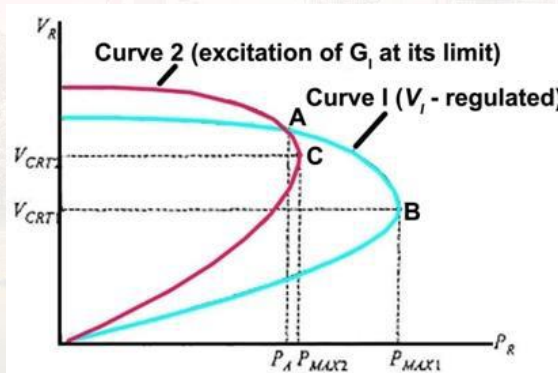
# INTRODUÇÃO



- Elevada penetração de GFV nas redes de distribuição;
- Diferentes modos de operação;
- Impactos na estabilidade de tensão das redes de transmissão;
- A estabilidade depende da capacidade de manter/restaurar o equilíbrio entre a demanda e o suprimento de potência no sistema;
- As forças que impulsionam o sistema para uma instabilidade são, geralmente, as cargas;
- Os sistemas fotovoltaicos são dimensionados para o atendimento de cargas.

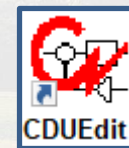
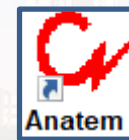
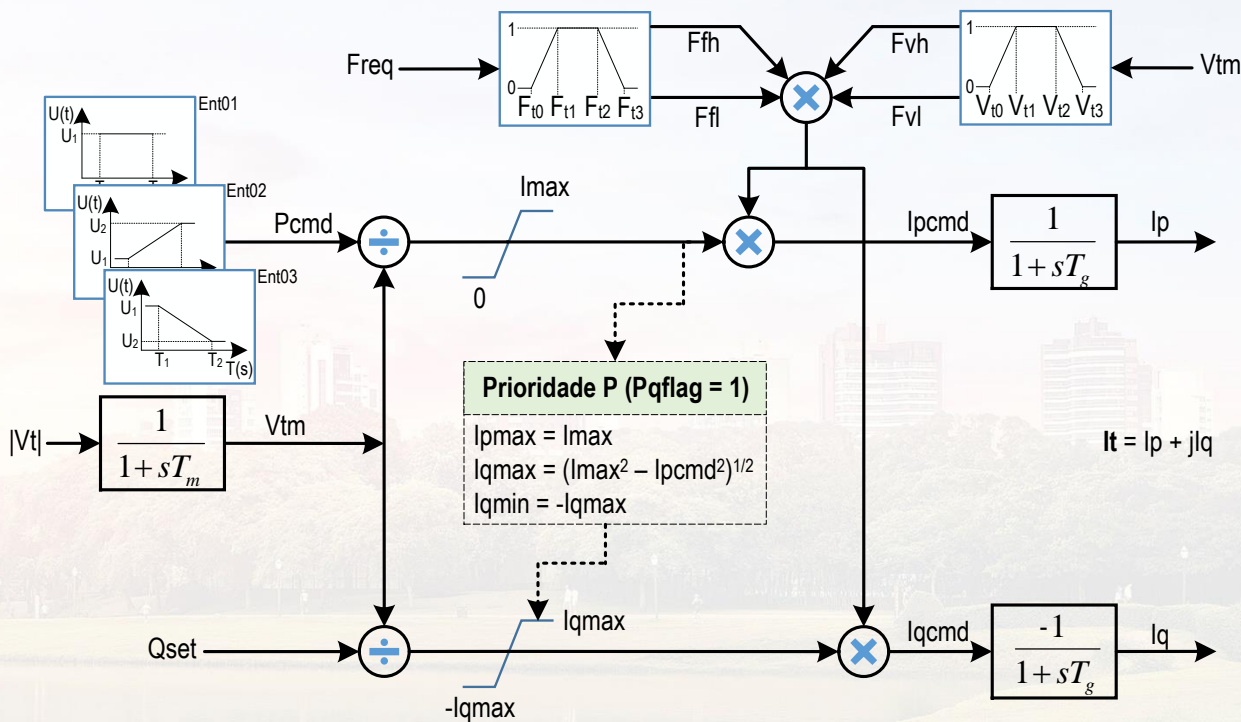


- Refere-se à habilidade de um sistema de potência em permanecer com tensões estacionárias em todas as barras do sistema após ser submetido a um distúrbio para uma dada condição de operação inicial.
- Longo-prazo:
- ✓ Minutos;
- ✓ Equipamentos de dinâmica lenta (OLTC) e proteções (OEL).

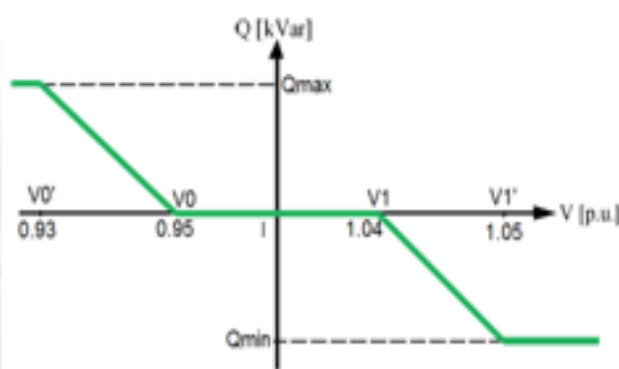




# MODELO DINÂMICO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA



- Controle de potência ativa:
  - ✓ Ent02: Potência crescente em rampa até 92% da capacidade nominal do inversor;
  - ✓ Ent03: Potência decrescente em rampa até 10% da capacidade nominal do inversor.
- Controle de potência reativa: Volt-Var.



$$Q_{max} = \sqrt{S^2 - P_{inj}^2}$$
$$Q_{min} = -Q_{max}$$



- Funções de proteção: O modelo da WECC considera funções que preveem a desconexão parcial ou total do gerador fotovoltaico em casos de sub ou sobre tensão e/ou sub ou sobre frequência, através da diminuição das correntes injetadas pelo modelo. Não é considerado a temporização da proteção.

Proteção	Tensão	Frequência
Desconexão total	$V < 0.8 \text{ p.u.}$	$f < 56.5 \text{ Hz}$
Desconexão parcial	$0.8 \text{ p.u.} \leq V \leq 0.9 \text{ p.u.}$	$56.5 \text{ Hz} \leq f \leq 59.5 \text{ Hz}$
Não atua	$0.9 \text{ p.u.} < V < 1.1 \text{ p.u.}$	$59.5 \text{ Hz} < f < 60.5 \text{ Hz}$
Desconexão parcial	$1.1 \text{ p.u.} \leq V \leq 1.2 \text{ p.u.}$	$60.5 \text{ Hz} \leq f \leq 66 \text{ Hz}$
Desconexão total	$V > 1.2 \text{ p.u.}$	$f > 66 \text{ Hz}$



- Sistema Teste

## Sistema de Transmissão

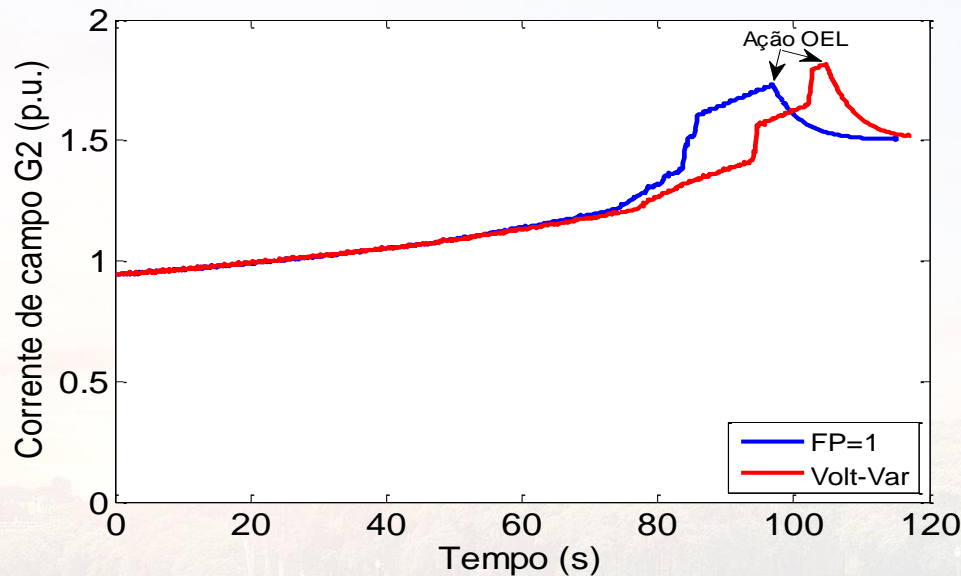
## Sistema de Distribuição



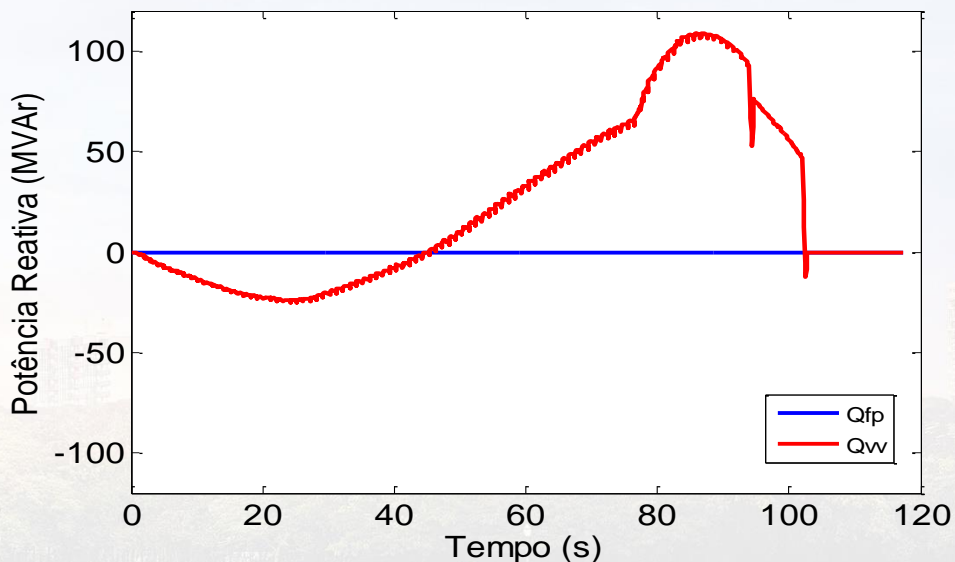




## Comparação FP=1 e Volt-Var (potência injetada crescente)

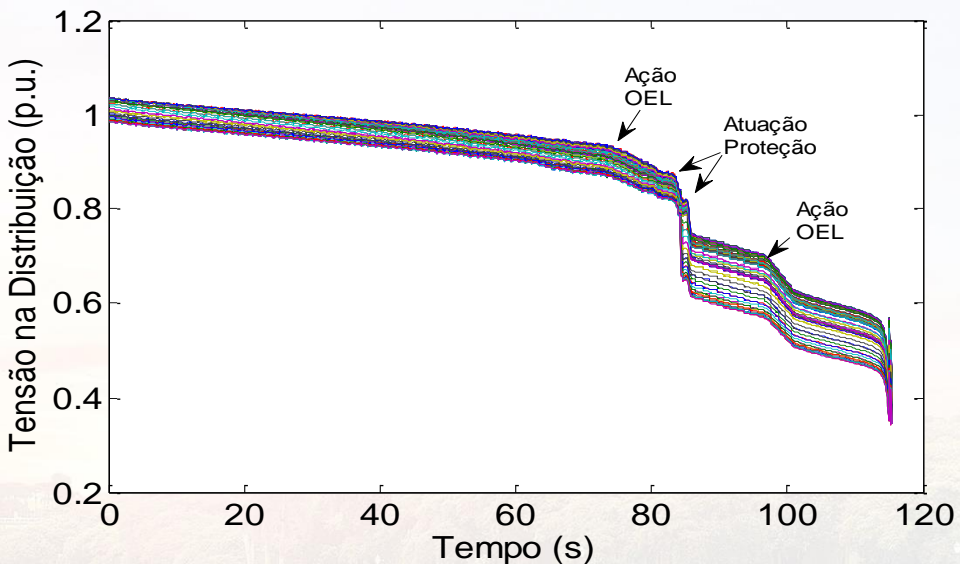


Corrente de campo da máquina síncrona  
G2.

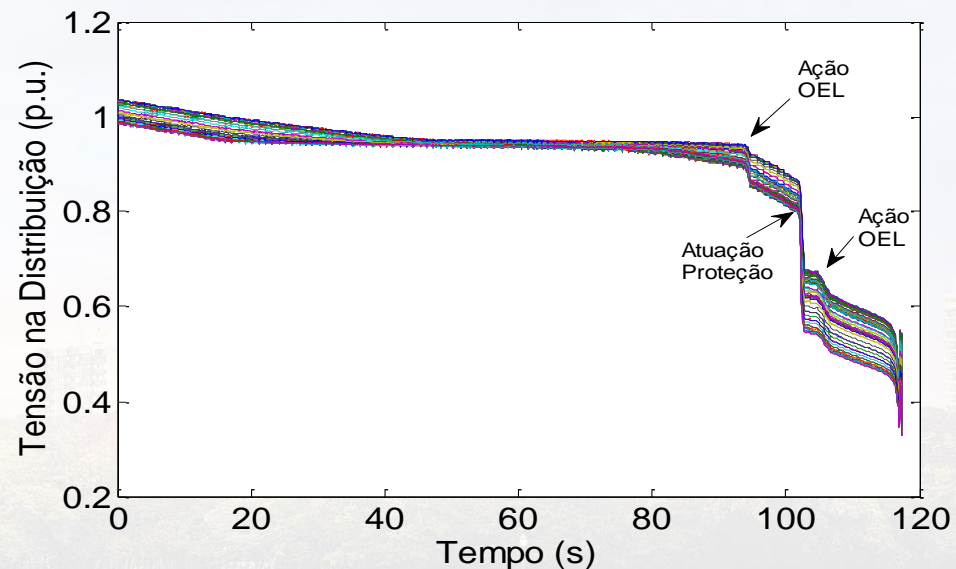


Potência reativa total gerada pelos GFVs.

## Comparação FP=1 e Volt-Var (potência injetada crescente)



Tensões na distribuição considerando o modo de controle de fator de potência unitário.



Tensões na distribuição considerando o modo de controle Volt-Var.











- O controle de tensão e injeção de potência reativa por parte do inversor do gerador fotovoltaico proporciona um aumento da margem de estabilidade de tensão comparado ao caso em que o inversor mantém o fator de potência unitário;
- Evidenciando a importância do controle de tensão por parte da geração distribuída, principalmente quando o NP for elevado;
- Resulta em um **ganho** do ponto de vista da estabilidade de tensão de sistemas de potência, exige menos do sistema de transmissão, influencia as ações do OEL, OLTC e da proteção dos geradores fotovoltaicos a nível de distribuição.

## HEITOR ALVES BARATA

---

 (91) 98302-9122

 (91) 98302-9122

 [heitor.barata@itec.ufpa.br](mailto:heitor.barata@itec.ufpa.br)

 [www.ceamazon.com.br/](http://www.ceamazon.com.br/)