

## GRUPO DE ESTUDO GAT

### **Nova Representação de Geração Individualizada no Programa Anarede para Representação de Máquinas Síncronas, Geradores Eólicos, Fotovoltaicos e Micro e Mini Geração Distribuída**

**Paula Oliveira La Gatta<sup>1</sup>, Renan Pinto Fernandes<sup>1</sup>, Juan Ignacio Patrício Rossi Gonzalez<sup>1</sup>, Leonardo Pinto de Almeida<sup>1</sup>, Sergio Porto Romero<sup>1</sup>, Flávio Rodrigo de Miranda Alves<sup>1</sup>, João Alberto Passos Filho<sup>2</sup>, Ricardo Mota Henriques<sup>2</sup>, Paulo Eduardo Martins Quintão<sup>3</sup>, Anderson Rotay Gaspar<sup>3</sup>, Miguel Ferraz Modesto Sampaio Pinto<sup>4</sup>, Marcelo Lourenço Pires<sup>4</sup>, Thaís Pacheco Teixeira<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – Cepel

<sup>2</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF

<sup>3</sup> Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS

<sup>4</sup> Empresa de Pesquisa Energética - EPE

## RESUMO

A representação individualizada das unidades geradoras no Sistema Interligado Nacional (SIN) permite análises mais precisas em estudos como recomposição, intervenções e margens de transmissão. O Operador Nacional do Sistema (ONS) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) identificaram a necessidade de aprimorar essa representação no programa Anarede, desenvolvido pelo Cepel, especialmente para integrar fontes renováveis conectadas por inversores, como eólica, fotovoltaica e geração distribuída. A versão anterior do Anarede (DGEI 2007) atendia os estudos de recomposição, mas era limitada para representar configurações não convencionais e fontes não síncronas, além de ter restrições no fluxo de potência e no desligamento automático de unidades. Para superar essas limitações, o Cepel, em parceria com ONS, EPE e UFJF, revisou o modelo de geração individualizada, criando uma nova versão do DGEI. As melhorias incluem suporte a diferentes tipos de geração, integração de funcionalidades do Anat0 (como “co-unidades”), aprimoramento da representação de transformadores elevadores, chaveamento automático em transformadores de três enrolamentos e a criação do código DCPT para limites operativos genéricos. A nova modelagem foi implementada nos programas Anarede, Anafas, Anatem, Flupot e HarmZs, com foco neste trabalho no Anarede versão 12.0.0 (outubro de 2024). Serão apresentados resultados reais de operação no SIN, envolvendo geradores, compensadores síncronos, limites de fontes não síncronas e funcionalidades automatizadas de geração de dados.

## PALAVRAS-CHAVE

Geradores Individualizados, Geradores Eólicos, Geradores Fotovoltaicos, MMSGD, Fluxo de Potência, Programa Anarede

## 1.0 INTRODUÇÃO

A representação individualizada das unidades geradores do Sistema Interligado Nacional (SIN) permite uma representação mais próxima da realidade de campo, em especial em situações de análises específicas, tais como estudos de recomposição, análise de intervenções, contribuições para curto-circuito, cálculo de margem de transmissão etc. Nos últimos anos, o Operador Nacional do Sistema (ONS) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) identificaram que essa representação também poderia ser utilizada com vantagens no programa Anarede, desenvolvido pelo Cepel, para a representação de fontes de energia renovável variável conectadas à rede por meio de inversores, como eólica e fotovoltaica, além das mini e micro gerações distribuídas (MMGD). Também identificaram uma série de melhorias que poderiam ser incorporadas ao programa para a representação individualizada de unidades geradoras, em especial no contexto de unificação da base de dados de curto-circuito e fluxo de potência. Dessa forma, o ONS e a EPE solicitaram ao Cepel que fosse feita uma ampla revisão da modelagem da geração individualizada nos programas computacionais desenvolvidos pelo Centro.

O programa Anarede dispõe de representação individualizada de unidades geradoras por meio do código de execução DGEI desde a versão 9.2.0 de 2007, que vem sendo utilizada nos estudos de recomposição do SIN, com a possibilidade de representar as curvas de capacidade dos geradores síncronos e de efetuar o chaveamento automático de unidades geradoras, com a devida correção da reatância do transformador elevador. Essas funcionalidades eram adequadas para o uso na situação de baixo carregamento e sistemas reduzidos presentes em estudos de recomposição, porém, a implementação original não era adequada para representar configurações não convencionais de gerador-transformador elevador, fontes de geração diferentes de máquinas síncronas, como aerogeradores, painéis solares e MMGD. Aquela representação também não apresentava um comportamento adequado na solução do fluxo de potência para estudos de planejamento do sistema e da operação. O código de execução DGEI original não permitia, por exemplo, o desligamento automático de unidades geradoras e o ajuste dos transformadores elevadores era feito de forma automática apenas para a reatância, além de ter uma solução lenta para o limite de estabilidade da curva de capacidade.

Dessa forma, o Cepel, em conjunto com o ONS, a EPE e a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), realizou uma revisão do modelo de geração individualizada do programa Anarede, desenvolvendo uma nova representação mais adequada aos estudos tradicionais de fluxo de potência e capaz de permitir a representação de diversos tipos de geração sem que o uso da funcionalidade em estudos de recomposição fosse afetado. Além disso, foram incorporados ao novo DGEI funcionalidades presentes no programa auxiliar Anat0, como o conceito de “co-unidades” que permite uma representação adequada do comportamento de máquinas que podem operar tanto como geradores quanto como compensadores síncronos. Adicionalmente, no contexto de unificação da base de dados de curto-circuito e fluxo de potência, a nova implementação do código de execução DGEI foi dotada de uma nova representação de transformadores elevadores, o que exigiu a criação no código de execução DLIN dos campos de unidades de transformadores, e uma nova funcionalidade de chaveamento automático associado a transformadores de três enrolamentos. Por fim, para aperfeiçoar a representação dos limites operativos de geradores, foi desenvolvido um novo código de execução para entrada de dados de Curvas por Pontos Genéricas, código de execução DCPT, que permite que o usuário defina um conjunto de curvas para a representação de tais limites.

A nova representação de geração individualizada foi implementada nos programas Anarede, Anafas, Anatem, Flupot e HarmZs. O Anafas passou por algumas adaptações para contemplar a modelagem de usinas equivalentes. Foi implementada uma nova opção para apresentar as contribuições dos circuitos referentes a apenas uma unidade do grupo ou ao grupo como um todo. Além disso, foram adaptados os cálculos de simulação de contingências automáticas em um grupo de circuitos e de simulação de curtos do tipo "*close-in*" nestes grupos.

No entanto, o foco deste trabalho é no programa Anarede, cuja versão 12.0.0 de outubro de 2024 disponibiliza o novo DGEI. Neste trabalho serão apresentados os resultados obtidos com a nova representação de geração individualizada, como operação de geradores e compensadores síncronos, curva por pontos para limites de fontes de geração diferentes das máquinas síncronas e chaveamento de unidades geradoras associadas a transformadores de três enrolamentos. Também será apresentada uma funcionalidade do Anate0 para geração automática de dados para o novo código de execução DGEI. As novas funcionalidades serão apresentadas em casos reais do SIN, tanto no horizonte do quadrimestral do ONS, quanto no horizonte do Plano Decenal de Energia (PDE) da EPE.

## **2.0 FORMAS DE REPRESENTAÇÃO DE USINAS E OPERAÇÃO CONJUNTA DE GERADOR/SÍNCRONO**

As usinas detalhadas serão modeladas via o código de execução DGEI por meio dos equivalentes dispostos na Figura 1(a). A Figura mostra que as usinas em que cada máquina está conectada ao seu transformador elevador são representadas no código DGEI por um equivalente que contém a barra de baixa tensão, transformador elevador e a barra de alta tensão. Nestas usinas, o número de unidades de máquinas sincronizadas é o mesmo que o número de transformadores. Ressalta-se que as MMGDs também podem ser representadas via o código DGEI, tendo a possibilidade ou não de representação do transformador elevador.

A Figura também mostra que é possível modelar via o novo código DGEI usinas que possuem mais de uma máquina por transformador, onde a representação da barra de baixa/transformador/barra de alta se mantém, porém, fazendo a coerência de número de unidades de máquina em operação para o número de transformadores.

Por fim, usinas conectadas à secundários de transformadores de três enrolamentos são representadas por um equivalente das máquinas sincronizadas ligadas aos secundários de transformador de três enrolamentos (TR3), fazendo a coerência com o número de elementos ligados.

Já usinas cujas máquinas possam operar como síncrono e como geradores serão representadas em duas barras de baixa tensão, sendo que uma recebe o DGEI modelado como gerador e a outra recebe o DGEI modelado como compensador síncrono, mostrado na Figura 1(b). O número de unidades em operação de ambos geradores e compensadores síncronos é calculado conforme as mesmas premissas adotadas pelo programa Anate0, ou seja, levando em consideração o número de unidades máximo da usina completa, representada conjuntamente pelos dois barramentos.

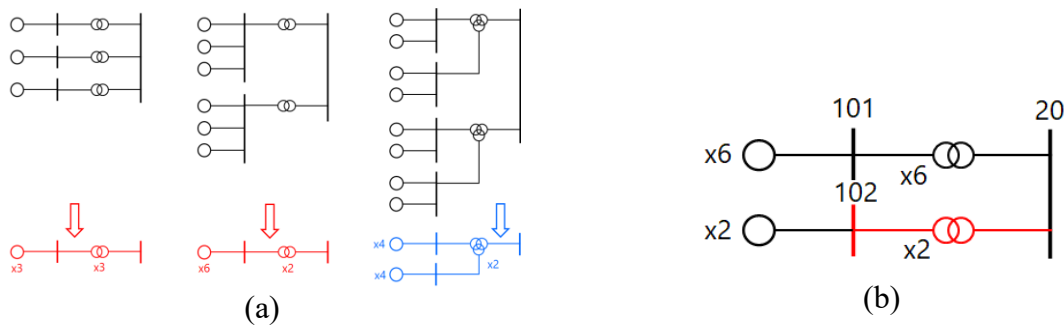


Figura 1 – Modelagem de usinas: (a) Esquema de equivalentes por configuração de usina; (b) Máquinas que podem ser representadas por geradores e compensadores síncronos

### 3.0 NOVOS CAMPOS DE ENTRADA DE DADOS PARA O CÓDIGO DE EXECUÇÃO DGEI

Para contemplar os novos desenvolvimentos de operação do DGEI, bem como representar de forma adequada os equivalentes e geradores/síncronos, houve a necessidade de retirada e inserção de campos na régua de leitura do código de execução, destacados na Figura 2. Por uma questão de espaço, serão descritos apenas os campos utilizados neste IT. Os demais campos, assim como maiores detalhes, podem ser encontrados em [1].

```

dgei
| (Num) OA Gr E(U)UopUon( Eg) ( Qg) ( Qn) ( Qm) (Xtrf) ( Xd) ( Xq) ( Xl) (fp) ( Sn) (Ptu) (Pmn) ( R ) - Régua antiga
| (Num) OA Gr E(U)UopUon( Eg) ( Qg) ( Qn) ( Qm) ( Xd) ( Xq) ( Xl) (fp) ( Sn) (Ptu) (Pmn) ( R ) ( Fp) (FpR) (IdCurvaPts)UOT AgS AgT Tip (NBA)Nc M
| 925 S 1 2 1 1 100 5 -10. 5 1.93 1.90 0.24 0.95 300 305 30 1.3 50 50 A3 1 UHE
| qqqqq

```

Figura 2 – Régua antiga e nova do código de execução DGEI com destaque para os novos campos

- Reatância do transformador elevador (Xtrf) foi retirado do código DGEI. Agora esse campo é preenchido nos dados do transformador elevador pelo código de execução DLIN.
- Identificador alfanumérico de curva pontos (IdCurvaPts) permite a associação de uma curva pontos fornecida pelo código de execução DCPT para representar a curva de capacidade do grupo por unidade, que será descrito em detalhes na próxima seção.
- Unidades por transformador UOT define quantas unidades de máquinas estão conectadas por transformador. Se for deixado em branco, admite valor *default* de 1 unidade por transformador.
- Agrupamento para geradores e síncronos AgS, agrupa barramentos de geração e de compensadores síncronos por meio de atribuição de identificador único. Este dado está coerente com a representação de usinas demonstrada por meio da Figura 1(b).
- Agrupamento para transformadores AgT permite a vinculação de barramentos com grupos de geradores individualizados que fazem parte de secundários de um mesmo TR3.
- Barra de alta (NBA) e Nc vinculam o transformador conectado entre a barra de conexão do DGEI e a barra fornecida por meio do campo NBA ao gerador atual. Quando esses campos são preenchidos, a reatância do referido transformador será recalculada a depender do número de unidades em operação do grupo de geradores. No caso de um TR3, este campo (NBA) será preenchido com o número da barra de

alta real do transformador e não com a barra fictícia, de modo semelhante, o campo  $N_c$  pode ser preenchido com qualquer valor, inclusive ser deixado em branco.

- Modo de operação do grupo de geradores individualizados M fornece a informação se o grupo está operando como gerador (G) ou compensador síncrono (S).

É importante observar que os campos  $AgS$  e  $AgT$  não podem ser preenchidos simultaneamente em um mesmo grupo de geradores individualizados.

Adicionalmente, a representação de gerações individualizados por meio do código de execução DGEI foi implementada considerando que os grupos de geradores do DGEI participarão de controle de tensão no fluxo de potência e que podem variar seu número de unidades conforme a tensão especificada. Para tanto, é necessário que esses DGEI estejam conectados em barras do tipo PV no código de execução DBAR.

No entanto, foi feita uma implementação que permite a utilização do DGEI em barras PQ, contanto que as seguintes premissas sejam obedecidas:

- Grupo do DGEI em modo N de operação;
- Grupo do DGEI sem associação de transformador ( $NBA = NC = 0$  ou deixados em branco).

Caso essas premissas não sejam atendidas, a conexão de um DGEI em barra PQ resultará em um erro de execução e a leitura do dado de entrada será interrompido.

A entrada de dados de geração de potência ativa do código de execução DGEI foi feita de forma que o usuário não possa informar valores de geração que superem seus limites operacionais. Por outro lado, se a opção IERR for utilizada, o programa limita a geração no limite violado automaticamente, da mesma forma que é feita com a geração de potência reativa, e informa os geradores modificados ao usuário.

Ainda com relação aos limites de geração de potência ativa, o código do programa foi alterado para que, em casos de redespacho e recálculo de número de unidades, os geradores não ultrapassem seus limites de geração mínimo ou máximo. A exceção só existe para as barras de referência do caso, visto que define a possibilidade de solução do fluxo de potência por meio do atendimento de desbalanços de potência. Neste caso, se isso ocorrer, a interface do programa emite um sinal diferente de convergência (ver Figura 3) e o relatório RREF é emitido logo após o relatório de convergência.

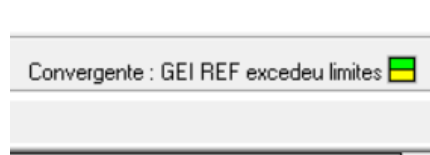


Figura 3 – Sinal emitido pelo programa quando uma referência com DGEI ultrapassa um de seus limites de potência ativa

#### 4.0 NOVOS CÓDIGO DE EXECUÇÃO PARA ENTRADA DE DADOS DE CURVAS DEFINIDAS POR PONTOS

Foi desenvolvido e incorporado ao programa Anarede o novo código de execução de entrada de dados de curvas definidas por pontos, cujo mnemônico é o DCPT e sua forma de

preenchimento está ilustrada por meio da Figura 4. Maiores detalhes dos campos referentes a esse código podem ser obtidos em [1].

```

▣ dcpt
| ( Ident. ) O (Npts) T
▣ UHE_1          4 1
| ( X ) ( Y1 ) ( Y2 )
| 0.0000 -0.87000 0.980000
| 0.3795 -0.99144 0.973302
| 0.7590 -0.63471 0.917136
| 1.0000 -0.46014 0.738012
└ 99999

```

Figura 4 - Exemplo de preenchimento do código de execução DCPT

A definição de curvas de capacidade por meio da curva pontos confere maior flexibilidade na representação dos limites de geração de potência reativa, uma vez que pode modelar as curvas levando em consideração os limitadores provenientes do programa Anatem para máquinas síncronas, bem como curvas de capacidade típicas de gerações renováveis, como as curvas da “pipa”.

## 5.0 RESULTADOS

Essa seção tem por objetivo mostrar as novas representações de usinas por meio do código DGEI. Os resultados serão mostrados para dois casos do SIN, um utilizando um caso do horizonte da EPE e o outro caso no horizonte do ONS. Por questões de sigilo, os nomes e números das usinas utilizadas nos exemplos serão omitidos.

### 5.1 CASO EPE

O caso utilizado para esse exemplo foi obtido da base de dados dinâmica da EPE, “STAB-PD2033-NOV2023”, referente ao PDE de 2033 para o ano de 2027 no cenário Norte Úmido. É importante observar que este caso representa a geração de forma equivalente por meio do código DBAR, e foi utilizada a solução da Etapa 1 do programa Anat0 para converter todas as gerações equivalentes em individualizadas. O Anat0 usa, para isso, o banco de dados de dinâmica para fazer essa conversão, quando executado com a opção A0GI, e retorna um arquivo DGEI.DAT com a conversão de todas as usinas do caso para a sua versão individualizada. Esse arquivo pode ser adicionado ao caso em questão e será omitido por questões de espaço.

Em seguida, o fluxo de potência pode ser executado, sendo convergente, conforme pode ser observado na Figura 5, que mostra a convergência final, e na Figura 6, que mostra a trajetória de convergência. É importante notar que mesmo a Etapa 1 do Anat0 tendo sido executada, ao adicionar os dados de DGEI no caso, ele ainda pode iterar, isso porque a Etapa 1 do Anat0 não calcula os limites a partir da curva de capacidade completa da máquina, considerando limites simplificados, enquanto no fluxo de potência do Anarede, como foram fornecidos os dados de curva de capacidade completa, ela será calculada e usada para determinar os limites operativos de cada grupo do DGEI.

CONVERGENCIA FINAL

```

X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X
  ITERACAO      FREQ. ERRO MAX BARRA  ERRO MAX BARRA  ERRO MAX CONV
  FC P Q V M.O. (Hz)      MW      NUM.      Mvar      NUM.  TENSAD % NUM.
X--X--X--X--X-----X-----X-----X-----X-----X-----X

      2
      10 10  0 1.0000 60.000      0.00 3639      0.00 5205
      10 10  0 1.0000 60.000      0.00 4946      0.00 39313      0.000  0
  
```

Figura 5 - Convergência final do caso do SIN após adição do arquivo DGEL.DAT

```

CEPEL - CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELETRICA - PROGRAMA DE ANALISE DE REDES - V12.00.99
**EPE DECENAL 2033** MEDIA ** ANO 2027 ** NORTE UMIDO
RELATORIO DE CONVERGENCIA
OPCOES ATIVADAS: QLIM VLIM CREM CTAP STEP NEWT RCVG RMON FILE CONT CELO ATCR CPHS INMN UNPG
PAG. 1

X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X
  ITERACAO      FREQ. ERRO MAX BARRA  ERRO MAX BARRA  ERRO MAX CONV
  FC P Q V M.O. (Hz)      MW      NUM.      Mvar      NUM.  TENSAD % NUM. FM BARRA(B), CIRCUITO(C) E CONVERSOR COM LIMITE VIOLADO
X--X--X--X--X-----X-----X-----X-----X-----X-----X

      1
      6000.00 5201 3043.70 5206
      1 1  0.6005 60.000      150.64 2611 1885.35 38952
      2 2  1.0000 60.000      13.68 42573***** 40448
      3 3  1.0000 60.000      19.92 4326 410.19 4326
      4 4  1.0000 60.000      3.10 4947***** 4948
      5 5  0.9331 60.000      44.12 4291 52742.57 4291
      6 6  1.0000 60.000      8.68 4947 239.87 4947
      7 7  0.8705 60.000      42.05 1003 154.07 3860
      8 8  1.0000 60.000      5.60 2707 15.21 3860
      9 9  1.0000 60.000      0.00 4946***** 40448
      10 10  1.0000 60.000      1.47 40444 6.67 39320
  
```

Figura 6 - Trajetória de convergência do caso do SIN após adição dos dados do arquivo DGEL.dat

A seguir, é mostrado o exemplo de uma usina do SIN, cujas máquinas se encontram nos barramentos de número 90006 e 96016, conectadas com a mesma configuração da Figura 1(b). Essa usina foi escolhida pois ela é uma das usinas do caso que está usando o agregador AgS, indicando que o gerador da barra 90006 opera como gerador e o da barra 90016 opera como síncrono, como pode ser observado na Figura 7, com o relatório RGEI de ambas.

```

X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X
  BARRA          GERADOR INDIVIDUALIZADO          TOTAL          C O N T R O L E S          TIPO Agregador TRF.ELEV MODO
  NUM.  TENSAD GRP UOn  PGEM  QMIN  xtrf xd(%) xl(%)  MVA/MW  MW/Mvar  Fator Identificacao Un. de (1) (2) BARRA de de
  NOME   UNI  UOpE  QGEN  QMAX  equiv xq(%) f.p.  PMEC  QMvar  QMAX. PART  CURVA POR  p/ GER. Sinc T3En Alta INcIOPER
  ESTADO\VRUOp  EMIN
X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X

90006  0.988  10  1  0.0  -181.8  5.34  93.6  10.0  184.0  0.0  -181.8  0.  1  10  3809  1 CSIN
BARRA-01-1CS  2  1  -29.5  66.2  5.34  59.0  1.00  184.0  -29.5  66.2  0.
LIGADO CALC.  0.0
90016  0.988  10  1  167.8  -75.5  5.34  93.6  18.5  184.0  335.6  -151.0  0.  1  10  3809  1 GERA
BARRA-02-2GR  6  2  -21.5  61.7  2.67  59.0  0.95  174.8  -43.0  123.5  0.
LIGADO CALC.  125.0
  
```

Figura 7. Relatório RGEI para as barras 90006 e 90016.

É importante observar que no caso do agrupamento pelo AgS comum das barras da usina utilizada, o programa Anarede calculará o número de unidades em operação para ambos, levando em consideração seus máximos números de unidades individual e coletivo. Por exemplo, a barra do síncrono 90006 tem o máximo de 2 unidades, se ambas estiverem sincronizadas, a barra 90016 só poderá sincronizar o máximo de 4 unidades, visto que a usina tem um máximo em conjunto de 6 unidades de máquinas.

## 5.2 CASO ONS

Será utilizado o caso do Quadrimestral de 2025 do ONS, para o mês de Abril e cenário de Máxima Diurna. A usina UHE1 é conectada ao SIN por meio de um TR3, e há geradores conectados nos dois barramentos secundários, justificando o uso do grupo AgT para representar corretamente o número de unidades dos transformadores, conforme pode ser observado na Figura 8. Além disso, ambos os geradores têm suas curvas de capacidade modeladas por meio da curva por pontos UHE\_1, conforme definida na Figura 4.

```

dgei
(Num) OA Gr E(U)UOpUOn( Pg) ( Qg) ( Qn) ( Qm) ( Xd) ( Xq) ( Xl) ( fp) ( Sn) (Ptu) (Pmn) ( R ) ( Fp) (FpR) (IdCurvaPts)UOT AgS AgT Tip (NBA)Nc M
90001 S 1 L 4 4 0 103.5 69.6 14.0 .90151.8136.62 0.0 5. 0. 100.UHE_1 1 001 UHE 5594 1 G
90002 S 1 L 4 4 0 103.5 69.6 14.0 .90151.8136.62 0.0 5. 0. 100.UHE_1 1 001 UHE 5594 1 G
99999
  
```

Figura 8. Dados dos DGEI das barras referentes à usina UHE1 do caso do ONS, com destaque para os grupos AgT

Inicialmente, o gerador da barra 90001 tem uma potência ativa de 450,4 MW, de modo que para atender esse despacho são necessárias 3 unidades de geração, calculadas automaticamente pelo programa Anarede. Caso o despacho seja alterado para 500.0 MW, os limites definidos pela curva de capacidade por pontos serão violados e o programa automaticamente conectará mais uma unidade geradora. Isso pode ser observado na Figura 9, em que o ponto de operação vermelho indica a primeira situação, próximo dos limites operativos, e o ponto de operação azul a segunda, após a conexão de mais uma unidade geradora. Uma vez que o grupo AgT foi utilizado, o programa detectará o TR3 conectado à essa usina e fará o ajuste automático do número de unidades em operação para os transformadores que o compõem, conforme pode ser observado na Figura 10 e Figura 11 que apresentam os relatórios RGEI e DADL do caso com 3 e 4 unidades em operação, respectivamente.

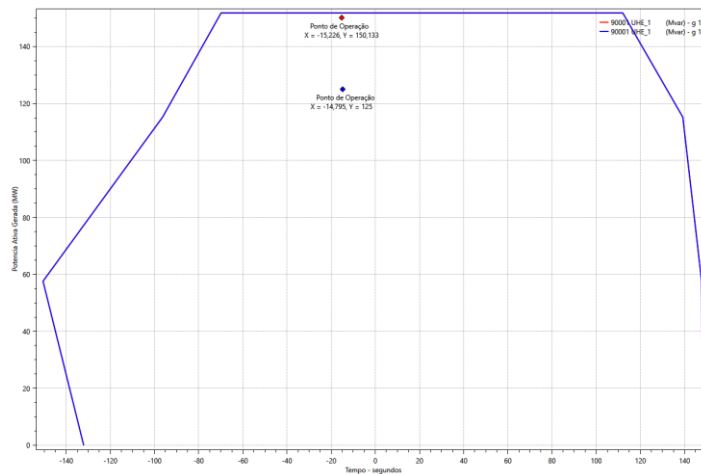


Figura 9. Curvas de capacidade por pontos para a UHE1 com 3 unidades em operação, ponto vermelho, e 4 unidades em operação, ponto azul

GERADOR INDIVIDUALIZADO										TOTAL				CONTROLES				TIPO Agregador TRF.ELEV MODO			
BARRA	NUM.	TENSAO	GRP	UOn	UOpE	MW/Mvar	QMIN	xt(%)	xd(%)	xl(%)	MVA/MW	PMW	QMIN.	FART	FACTOR	Identificacao	Un. de	(1)	(2)	BARRA de de	
ESTADO\TRUOP	NAME	UNI	UOpE	QGEN	QMAX	equiv	xi(%)	f.p.	FMEC	Qmvar	QMAX.	FARTR	PONTOS	TRF	GER.	Sinc	T3Em	Alta	INcIOPER		
90001	1.000	1	0	150.1	-74.5	9.56	103.5	14.0	151.8	450.4	-223.4	0.	UHE_1	1	UHE	1	5594	1	GERA		
UHEIUX-BR004	4	3	-15.2	116.9	3.19	69.6	0.90	136.6	-45.7	350.7	100.										
LIGADO CALC.				0.0																	

BARRA	ESTADO	BARRA	RESIST	REATAN	SUSCEP	T A P	ANG	BARRA	(MVA)	IDENTIFICACAO	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	AG7	AG8	AG9	A10	Unidade					
DE PARA	NC	CIR	DE PARA	PROP.	(%)	(%)	(Mvar)	ATUAL	MIN	MAX	DEFAS	CONTR.	M	NORMAL	EMERG.	EQUIP.	DA BARRA	PARA BARRA	GRP	GRP	GRP	GRP	GRP	GRP	Max	Ope
5594	90000	1	Lig	Lig	Lig	5594	0.01	0.36	0.000	1.050															4	3
90001	90000	1	Lig	Lig	Lig	90001	0.19	9.56	0.000	1.000															4	3
90002	90000	1	Lig	Lig	Lig	90002	0.19	9.49	0.000	1.000															4	3

Figura 10. Relatórios RGEI e DADL da UHE1 para 3 unidades em operação



**Sergio Porto Roméro** possui graduação em Engenharia Elétrica (1986), mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação (1991) e doutorado em Engenharia Elétrica (2007), todos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foi pesquisador do CEPEL até 2024, atuando nas áreas de análise de regime permanente, análise de faltas, modelagem de dados para sistemas de potência, tarifas e fatores de perda de transmissão, fluxo de potência ótimo, linearizações sucessivas e algoritmos genéticos.

**Flávio Rodrigo de Miranda Alves** possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência pela Universidade Federal Fluminense (1986) e em Matemática, Modalidade Informática pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1987). É Mestre em Ciências em Engenharia de Sistemas e Computação (1992) e Doutor em Ciências em Engenharia Elétrica (2007) pela COPPE/UFRJ. Foi pesquisador do CEPEL de 1987 a 2025, onde trabalhou no desenvolvimento de modelos computacionais para planejamento da operação e da expansão de sistemas de potência e foi chefe do Departamento de Sistemas Eletroenergéticos.

**João Alberto Passos Filho** possui doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/COPPE (2006), mestrado e graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF (1995 e 2000). Foi trainee do grupo WEG (WEG Automação) durante os anos de 1996/1997 e trabalhou por doze anos no CEPEL, atuando como pesquisador no desenvolvimento dos programas ANAREDE (Análise de Redes em Regime Permanente) e FLUPOT (Fluxo de Potência Ótimo). Atualmente é Professor Associado no Departamento de Energia Elétrica da Faculdade de Engenharia da UFJF.

**Ricardo Mota Henriques** formou-se em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (1996), e obteve os títulos de Mestre (2002) e Doutor (2009) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Trabalhou no CEPEL de 1997 a 2013 no desenvolvimento de métodos e ferramentas computacionais para análise de sistema de potência, com ênfase em métodos para o fluxo de potência. Desde 2013 é professor na Universidade Federal de Juiz de Fora, atualmente como Associado III.

**Paulo Eduardo Martins Quintão:** é engenheiro eletricitista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com pós-graduação pela mesma instituição. Atuou no CEPEL entre 1994 e 2008, e desde 2008, integra a Gerência de Estudos Especiais do ONS, como Engenheiro Especialista. Atua nas áreas de estabilidade eletromecânica do SIN, validação de modelos matemáticos de controladores e estudos pré-operacionais de novos empreendimentos.

**Anderson Rotay Gaspar** possui graduação em Engenharia Elétrica (2005) pela Universidade Federal Fluminense, especialização em Proteção de Sistemas Elétricos (2007) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e especialização em Sistemas de Energia Elétrica CESE (2008) pela Universidade Federal de Itajubá. Desde 2003 trabalha no ONS, atuando hoje na Gerência de Engenharia Sul, em Florianópolis.

**Miguel Ferraz Modesto Sampaio Pinto** atua na Empresa de Pesquisa Energética (EPE), na Superintendência de Transmissão de Energia. É engenheiro eletricitista pela UNIVASF (2019), mestre pela EESC/USP (2023) e atualmente é doutorando na PUC-Rio. Seus interesses de pesquisa atuais incluem o planejamento da expansão da transmissão e a gestão de dados para o planejamento de sistemas de potência.

**Marcelo Lourenco Pires** é engenheiro eletricitista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (2006) e atua na Empresa de Pesquisa Energética (EPE), na Superintendência de Transmissão de Energia desde 2008. Atua principalmente com cadastramento de dados para o planejamento da expansão da transmissão e com análises de regime permanente.

**Thais Pacheco Teixeira** é mestre em Engenharia Elétrica pela UFRJ, com especialização em Gerenciamento de Projetos pela PUC Minas. Atua como Consultora Técnica na Empresa de Pesquisa Energética (EPE), coordenando os grupos de Estudos de Interligações Regionais e Base de Dados.