



## **GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA - GPC**

### **NOVAS FUNCIONALIDADES PARA O USO DA BASE DE DADOS UNIFICADA PARA ESTUDOS DE FLUXO DE POTÊNCIA E CURTO-CIRCUITO DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL**

**LUIZ ANTONIO ALVES DE OLIVEIRA(1);SERGIO PORTO ROMERO(1);FLÁVIO RODRIGO DE MIRANDA ALVES(1);JUAN IGNACIO PATRICIO ROSSI GONZALEZ(1);LEONARDO PINTO DE ALMEIDA(1);ANDERSON ROTAY GASPAR(2)**  
**CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELETRICA CEPEL(1);OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO ONS(2)**

#### **RESUMO**

São apresentadas novas funcionalidades implementadas no SIGER (Sistema de Gestão de Dados de Redes Elétricas para Fluxo de Potência e Curto-Circuito) a fim de proporcionar ao usuário maior flexibilidade na gestão da base de dados de Fluxo de Potência e Curto-Circuito, tais como: opções de filtro na comparação e escorregamento de data de obra utilizando um código de obra pré-definido. Também foram incluídos aprimoramentos na interface web, visando facilitar a interação com o usuário. Este trabalho tem por objetivo mostrar como o usuário pode utilizar as funcionalidades supracitadas de forma a filtrar elementos da rede e deslocar uma obra no tempo.

#### **PALAVRAS-CHAVE**

Fluxo de Potência, Curto-Circuito, Banco de Dados, Modelo de Dados, Gerência de Base de Dados

#### **1.0 INTRODUÇÃO**

Com o objetivo de garantir a manutenção e atualização dos dados de fluxo de potência e curto-circuito da base de dados de estudos mantida pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico-ONS, o ONS encomendou ao CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – em 2017 o desenvolvimento de uma ferramenta para unificação das bases de dados de fluxo de potência e curto-circuito. Esta ferramenta, denominada SIGER - Sistema de Gestão de Dados de Redes Elétricas para Fluxo de Potência e Curto-Circuito, foi desenvolvida com o principal objetivo de garantir a unicidade de parâmetros, topológica e temporal dos dados utilizados em estudos de fluxo de potência e curto-circuito, permitindo que diferentes processos tenham acesso a dados consistidos.

O SIGER utiliza um modelo de dados expansível que contempla, inicialmente, dados de estudos de fluxo de potência e curto-circuito. Uma das premissas básicas do projeto é armazenar apenas a topologia da rede e os parâmetros dos equipamentos, tais como resistência, reatância e susceptância shunt de linhas de transmissão, limites de excursão de taps de transformadores OLTC etc, além da numeração e identificação de barramentos. A critério do usuário, pode-se informar no arquivo de fluxo de potência e/ou no arquivo de curto-circuito, carimbos contendo data de referência, estado do dado e o código de obra dos equipamentos. A consulta aos dados do SIGER pode ser feita diretamente através da interface *web*, utilizando qualquer browser.

Por opção de projeto, o SIGER não armazena variáveis de estado relacionadas com a solução de problemas específicos como, por exemplo, módulo e ângulo da tensão dos barramentos, posição do tap convergido de transformadores OLTC, despacho de unidades geradoras etc, os quais são resultados da solução do problema de fluxo de potência ou arbitrados pelo usuário.

O artigo apresenta novas funcionalidades do SIGER desenvolvidas ao longo dos últimos dois anos. Em relação à funcionalidade de comparação de dados foram incluídas opções para filtragem, para apresentação da linha de dados original, para monitoração de dados adicionais no arquivo submetido em relação à base do SIGER e para comparação invertida. Também foi incluída a funcionalidade de escorregamento de data de obra utilizando um código de obra pré-definido. Concomitantemente são apresentados, visando aprimorar a interação com o usuário, os novos elementos da interface *web* e o uso dessas novas funcionalidades.

O objetivo dos filtros é permitir ao usuário selecionar um conjunto de equipamentos sobre o qual a funcionalidade de comparação do SIGER será aplicada, permitindo assim que as alterações fornecidas pelo SIGER após a comparação fiquem restritas apenas a esses equipamentos, desconsiderando o restante da rede. Também é possível incluir ou não a fronteira externa da região filtrada e habilitar ou não a comparação de capacidade de carregamento de linhas de transmissão e transformadores.

O objetivo da apresentação da linha de dados original é facilitar a análise pelo usuário das diferenças identificadas pelo SIGER na comparação do arquivo do usuário com a base de dados. O objetivo da monitoração de dados adicionais é indicar ao usuário que o arquivo submetido para comparação contém informação possivelmente relevante para atualização da base do SIGER. O objetivo da comparação invertida é possibilitar a criação de um arquivo de carga que compatibilize a base do SIGER em relação a um determinado arquivo de dados, o qual é considerado como base.

O objetivo do escorregamento de obra por código de obra é permitir ao usuário deslocar uma obra no tempo fornecendo apenas o seu código e a nova data desejada. Esta funcionalidade permite o tratamento de antecipações ou postergações de obras, mantendo a consistência temporal da base de dados.

Diversas outras melhorias e customizações foram feitas, por solicitação do ONS, para atender às necessidades de gerenciamento dos dados de estudos de fluxo de potência e curto-circuito, principalmente no momento de carga inicial de dados no sistema, visando sua implantação e adequação aos processos internos do ONS.

## 2.0 FILTRO APLICADO NA COMPARAÇÃO

O SIGER permite que o usuário compare seu caso com o conteúdo da base de dados. Eventuais diferenças de dados serão informadas pelo SIGER, na forma de um arquivo de modificações (.PWF ou .ALT) e do que se convencionou chamar de relatório humanizado, resumindo as diferenças apuradas entre o arquivo do usuário e a base de dados. Essa comparação pode ser feita tanto através da interface *web* quanto através da interface dos programas ANAFAS [1] e ANAREDE [2]. O objetivo da nova funcionalidade de filtragem é capacitar o SIGER a filtrar o resultado da comparação. A funcionalidade de filtragem é um processo complementar à funcionalidade de comparação, conforme visualizado no diagrama da Figura 1. A funcionalidade de comparação não foi modificada.

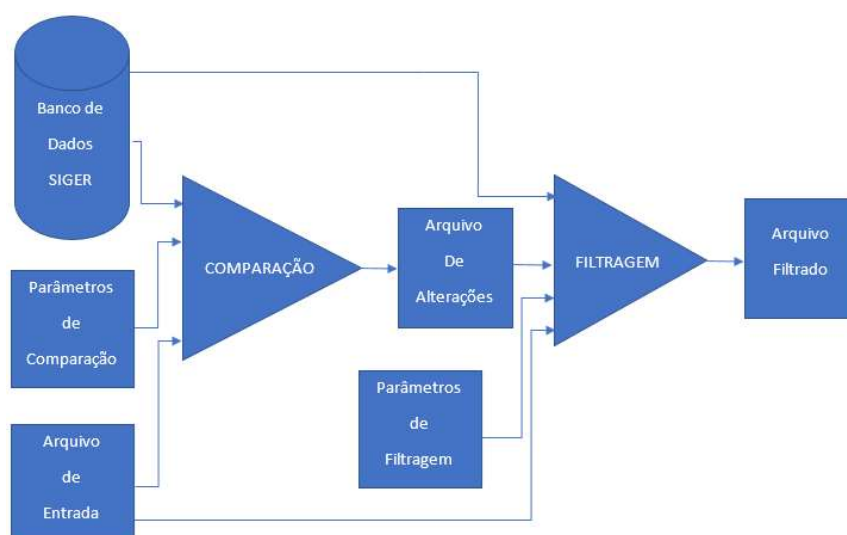


FIGURA 1 Síntese do processo de filtragem

A nova funcionalidade de filtragem está disponível na tela de comparação conforme destaque em vermelho na Figura 2.

## Comparação de Caso

FIGURA 2 Destaque para acesso às configurações na tela de comparação de caso.

Ao clicar em “Configurações” serão mostradas as opções de comparação. Dentre estas, estão disponíveis opções para filtragem dos dados. As opções próprias para filtragem estão destacadas em vermelho na Figura 3.

### Comparação de Caso

FIGURA 3 Opções para filtragem de dados disponíveis na comparação de caso

Ao clicar na *comboBox* referente a "Área" são mostradas as áreas cadastradas no SIGER para seleção. A filtragem na comparação trabalha apenas com áreas previamente cadastradas no SIGER.

A Figura 4 exemplifica a seleção de duas áreas. Ao usuário basta clicar na(s) área(s) desejada(s) para incluí-la(s) na filtragem. Há também um botão “Todos” para seleção de todas as áreas.

### Comparação de Caso

FIGURA 4 Seleção de área(s) para filtragem

O usuário possui a opção de conexão lógica entre área e base de tensão através dos conectivos lógicos 'E' ou 'OU'. Estes conectivos são selecionados na *comboBox* 'Conectivo lógico' visualizada na Figura 5.

## Comparação de Caso

FIGURA 5 Seleção dos conectivos lógicos 'E' ou 'OU'

Ao clicar na *comboBox* referente a "Tensão" são mostrados os grupos base de tensão cadastrados no Siger para seleção. A filtragem na comparação trabalha apenas com bases de tensão previamente cadastradas no Siger. A Figura 6 exemplifica a seleção de quatro bases de tensão. Basta o usuário clicar na(s) base(s) de tensão desejada(s) para incluí-la(s) na filtragem. Há também um botão "Todos" para seleção de todas as bases de tensão.

## Comparação de Caso

FIGURA 6 Seleção de base(s) de tensão para filtragem

Ao clicar na *comboBox* referente a "Selecionar Equipamentos" são mostrados os tipos de equipamentos disponíveis para filtragem, sendo possível incluir ou não a rede CC. A filtragem por tipo de equipamento independe da seleção de áreas e/ou tensão. Na Figura 7 é mostrado a seleção do tipo de equipamento Barra e a inclusão da rede CC.

## Comparação de Caso

FIGURA 7 Seleção do tipo de equipamento Barra e inclusão da rede CC

As demais opções de filtragem destacadas na Figura 3 são: "Incluir Fronteira Externa", "Excluir Trafos Elevadores" e "Comparar Capacidade". Estas opções são do tipo lógico (Sim ou Não), ou seja, quando ativada possui o valor lógico "Sim".

Quando a opção “Incluir Fronteira Externa” estiver ativa, os equipamentos são filtrados observando-se a fronteira externa. Por exemplo, equipamentos como Linhas, Transformadores e Compensadores Série que possuem barras terminais que eventualmente apenas uma delas atenda ao critério de filtragem. Se a Fronteira Externa estiver selecionada e apenas uma das barras atender ao critério então o referido equipamento será filtrado e a barra terminal que não atendeu ao critério também será filtrada. Equipamentos relacionados a esta barra terminal incluída pela Fronteira Externa não serão filtrados (incluídos).

Quando a opção “Excluir Trafos Elevadores” estiver ativa, o equipamento Transformador Elevador será excluído do processo de filtragem. Esta opção é independente da seleção de áreas e/ou tensão.

O objetivo da opção “Comparar Capacidade” é filtrar diferenças nos campos de capacidade nos tipos de equipamentos Linha, Transformador e Compensador Série. A opção *default* é pela filtragem de diferenças de campos de capacidade nos tipos de equipamentos supracitados. Esta opção também independe da seleção de áreas e/ou tensão.

Quando a opção “Comparar Capacidade” NÃO estiver selecionada, se um equipamento possuir apenas diferenças de campo de capacidade então este equipamento não será selecionado. No entanto, se também existirem diferenças em outros campos, o equipamento será selecionado e no arquivo de alteração constarão atualizações dos campos que não são de capacidade.

Posteriormente o usuário deve informar os dados adicionais para comparação, ou seja, informar a data da comparação e o arquivo a ser comparado.

Ao ser feita a submissão do arquivo, o SIGER fará a comparação e em seguida a filtragem conforme especificada pelo usuário.

### 3.0 CARTÃO ORIGINAL

Uma opção de Configuração da funcionalidade de comparação do SIGER é “Escrever cartão original”. Esta opção está destacada em vermelho na Figura 8.

#### Comparação de Caso

FIGURA 8 Destaque em vermelho para a opção “Escrever cartão original”

Quando esta opção estiver ativa, a linha de dados original do arquivo submetido para comparação será incluída no arquivo de alteração na forma de comentário antes da linha de dados de modificação.

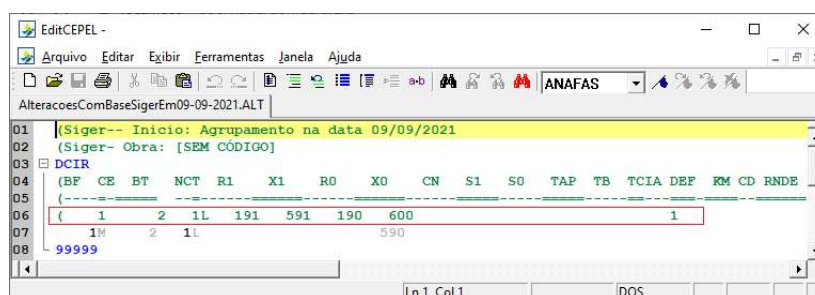


FIGURA 9 Destaque em vermelho para a linha de dados original

A Figura 9 mostra um arquivo (.ALT) resultado da funcionalidade de comparação. A linha 06 do arquivo, destacada em vermelho, é a linha de dados original que apresenta diferença com a base de dados do SIGER. Uma rápida comparação com a linha 07 do arquivo, o usuário constata a diferença no campo de reatância de sequência zero.

### 4.0 DADOS A MAIS EM RELAÇÃO A BASE DO SIGER

Uma opção de Configuração da funcionalidade de comparação do Siger é “Escrever dados a mais que a base do Siger”. Esta opção está destacada em vermelho na Figura 10.

### Comparação de Caso

Configurações

Área:

Conectivo lógico:

Tensão:

Selecionar Equipamentos:  Incluir Rede CC ☐

Incluir Fronteira Externa:

Excluir Trafos Elevadores:

Escrever cartão original:

Comparar Capacidade:

**Escrever dados a mais que a base do Siger:**

FIGURA 10 Destaque em vermelho para a opção “Escrever dados a mais que a base do Siger”

Quando esta opção estiver ativa, o Siger irá monitorar quando o arquivo submetido para comparação possuir um dado que não consta na base do Siger. Como consequência, o arquivo resultado da comparação apresentará esta informação.

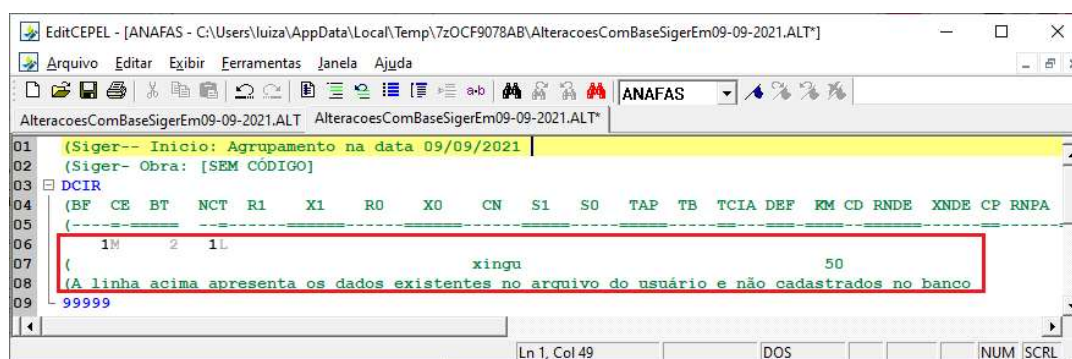


FIGURA 11 Destaque em vermelho para as linhas indicativas de dados a mais no arquivo submetido

A Figura 11 mostra um arquivo (.ALT) resultado da funcionalidade de comparação. A linha 06 do arquivo é uma linha inócua e somente identifica o equipamento informando os campos chaves. A linha 07 do arquivo apresenta o valor dos campos do arquivo submetido que possuem mais informação do que a base do Siger, no caso, o nome do equipamento Linha e seu comprimento. A linha 08 do arquivo funciona como alerta para o usuário indicando que o arquivo submetido possui informações que não constam na base do Siger.

### 5.0 COMPARAÇÃO INVERTIDA

Uma opção de Configuração da funcionalidade de comparação do Siger é “Comparação Invertida”. Esta opção está destacada em vermelho na Figura 12.

## Comparação de Caso

The screenshot shows the 'Configurações' window for 'Comparação de Caso'. It includes the following elements:

- Área:** Dropdown menu with 'Selecione'.
- Conectivo lógico:** Dropdown menu with 'Selecione'.
- Tensão:** Dropdown menu with 'Selecione'.
- Selecionar Equipamentos:** Dropdown menu with 'selecione'.
- Incluir Rede CC:** Checkbox, currently unchecked.
- Incluir Fronteira Externa:** Radio button, currently set to 'Sim'.
- Excluir Trafos Elevadores:** Radio button, currently set to 'Sim'.
- Escrever cartão original:** Radio button, currently set to 'Não'.
- Comparar Capacidade:** Radio button, currently set to 'Sim'.
- Escrever dados a mais que a base do Siger:** Radio button, currently set to 'Não'.
- Comparação Invertida:** Radio button, currently set to 'Sim', and is highlighted with a red rectangle.

FIGURA 12 Destaque em vermelho para a opção “Comparação Invertida”

Quando esta opção estiver ativa, o SIGER realizará o processo de comparação em conformidade a todas as demais opções de configuração da comparação. No entanto, o arquivo resultado da comparação invertida apresentará as diferenças considerando o arquivo submetido como correto e a base do SIGER passível de correção. Dessa forma é possível criar arquivos de carga para atualização da base do SIGER de modo a compatibilizar a base do SIGER com o arquivo submetido para comparação invertida.

## 6.0 ESCORREGAMENTO POR CÓDIGO DE OBRA

O objetivo dessa funcionalidade é deslocar no tempo equipamentos associados a um código de obra informado pelo usuário.

Foi acrescentado na tela de Escorregamento de Obra o *checkbox* “Possui carimbo de data e obra”. Na Figura 13, destaca-se em vermelho o novo *checkbox* “Possui carimbo de data e obra”. Por default este *checkbox* não é selecionado.

## Escorregamento de Obra

The screenshot shows the 'Escorregamento de Obra' form. It includes the following elements:

- Data de Referência:** Text input field with 'dd/mm/aaaa' and a calendar icon.
- Nova Data:** Text input field with 'dd/mm/aaaa' and a calendar icon.
- Arquivo:** Button labeled 'Escolher arquivo' and text 'nenhum arquivo selecionado'.
- Comentário:** Text area for comments.
- Possui carimbo de data e obra:** Checkbox, currently unchecked, and is highlighted with a red rectangle.
- Submitter:** Button labeled 'Submeter'.

FIGURA 13 Destaque em vermelho do *checkbox* “Possui carimbo de data e obra”.

Ao selecionar o *checkbox* destacado em vermelho na Figura 13, o usuário pode fornecer arquivo de escorregamento com carimbos.

O arquivo a ser carregado deve conter apenas os carimbos **#SIGER\_OBRA:**“Código da Obra”, **#SIGER\_ESC:**dd/mm/aaaa e opcionalmente o carimbo **#SIGER\_DATA:**dd/mm/aaaa. O arquivo submetido para escorregamento deve obrigatoriamente ser finalizado com uma das seguintes *strings*: **FIM** ou **99999**.

O carimbo de obra é identificado pela *string* **#SIGER\_OBRA:**“Código da Obra”. O código de obra deve ser preenchido entre aspas duplas e da mesma forma como foi cadastrado no SIGER, incluindo espaços em branco e acentos.

O carimbo de data de escorregamento é identificado pela *string* **#SIGER\_ESC:**dd/mm/aaaa. A data de escorregamento, representada por dd/mm/aaaa, possui o seguinte formato: “dd” o dia, “mm” o mês e “aaaa” o ano.

O carimbo de data de referência é identificado pela *string* **#SIGER\_DATA:**dd/mm/aaaa. A data de referência, representada por dd/mm/aaaa, possui o seguinte formato: “dd” o dia, “mm” o mês e “aaaa” o ano.

Na Figura 14 é mostrado um arquivo para escorregar toda a obra BASE\_JAN20 para a data 10/02/2020.

```
(#SIGER_OBRA:"BASE JAN20"
#SIGER_ESC:10/02/2020
99999
```



FIGURA 14 Exemplo de carimbo de escorregamento

Na Figura 15 é mostrado um arquivo para escorregar a obra T2016-034 (apenas os equipamentos com data de referência 01/12/2020) para a data 01/01/2021.

```
(#SIGER_OBRA: "T2016-034"
(#SIGER_DATA: 01/12/2020
(#SIGER_ESC: 01/01/2021
99999
```

FIGURA 15 Exemplo de carimbo de escorregamento com data de referência

## 7.0 CONCLUSÕES

As novas opções para filtragem possibilitam ao usuário filtrar o conjunto resultado da funcionalidade de comparação do SIGER, permitindo assim que as alterações fornecidas pela comparação fiquem restritas apenas ao conjunto de opções de filtragem selecionadas pelo usuário. As seguintes opções de filtragem foram apresentadas nesse trabalho: Área, Tensão, Tipo de Equipamento, Rede CC, Fronteira Externa, Exclusão de Trafos Elevadores e Comparação de Capacidade.

A opção de comparação "Escrever cartão original" possibilita ao usuário analisar o resultado da comparação e identificar as diferenças. A opção de comparação "Escrever dados a mais que a base do Siger" informa ao usuário se o arquivo submetido para comparação possui mais informação do que a base do SIGER.

A opção de comparação "Comparação Invertida" permite ao usuário criar um arquivo de carga com o objetivo de compatibilizar a base do SIGER em relação a um determinado arquivo de dados.

A inclusão do escorregamento por carimbos permite ao usuário o deslocamento no tempo de obras. Assim o usuário pode facilmente postergar ou antecipar uma obra previamente cadastrada no sistema.

## 8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Programa de Análise de Faltas Simultâneas V 07.04.00 – Manual do Usuário
- [2] Programa de Análise de Redes V11.05.05 – Manual do Usuário



## DADOS BIOGRÁFICOS



Luiz Antonio Alves de Oliveira graduou-se em Matemática pela UFRJ em 1998, graduado em Informática pela UERJ em 2001, M.Sc. em Informática-Métodos Numéricos e Otimização pelo IMUFRJ em 2002 e D.Sc. em Engenharia de Sistemas e Computação-Otimização pela COPPE-UFRJ em 2013. É pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL – desde 2006, atuando no Departamento de Redes Elétricas em desenvolvimento de software para análise de redes elétricas envolvendo métodos de otimização e bancos de dados.

(2) SERGIO PORTO ROMERO Possui graduação (1986) em Engenharia Elétrica pela UFRJ, mestrado (1991) em Engenharia de Sistemas pela COPPE-UFRJ e doutorado (2007) em Engenharia Elétrica pela COPPE-UFRJ. Desde 1986 trabalha no CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) como pesquisador e gerente de projeto, incluindo o desenvolvimento e manutenção do programa Anafas. Suas áreas de interesse incluem curto-circuito, otimização, regime permanente, e tarifas de transmissão.

(3) FLÁVIO RODRIGO DE MIRANDA ALVES Flávio Rodrigo de Miranda Alves nasceu no Rio de Janeiro em 15 de Março de 1963. Graduado em Engenharia Elétrica pela UFF em 1986 e em Ciência da Computação pela UFRJ em 1987, possui mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação (1992) e doutorado em Engenharia Elétrica (2007), ambos pela COPPE/UFRJ. É pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL – desde 1987, atuando no desenvolvimento de aplicações computacionais para operação e planejamento de sistemas elétricos de potência. Atualmente chefia o Departamento de Redes Elétricas – DRE. É membro do IEEE e do CIGRE.

(4) JUAN IGNACIO PATRICIO ROSSI GONZALEZ Possui graduação (2003), mestrado (2007) e especialização (2012) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Desde 2006 trabalha no CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) como pesquisador, incluindo o desenvolvimento e manutenção do programa Anafas. Suas áreas de interesse incluem curto-circuito, proteção de sistemas de potência e transitórios eletromagnéticos.

(5) LEONARDO PINTO DE ALMEIDA Graduou-se em Engenharia Elétrica pela UFRJ em 2000, obteve o título de Mestre na área de Sistemas de Potência na COPPE/UFRJ em 2004. Desde 1998 trabalha no CEPEL. Tem se dedicado à realização de estudos elétricos de sistemas de potência solicitados por diferentes agentes do Setor Elétrico Brasileiro. Participou dos estudos do Projeto de Transmissão em HVDC para as usinas do rio Madeira, e mais recentemente, da usina de Belo Monte. É membro do Comitê de Estudos B4 do Cigré-Brasil. Principais áreas de interesse: Transmissão HVDC, FACTS, Controle em Sistemas de Potência, Transitórios Eletromagnéticos e Eletromecânicos e Fasores Dinâmicos.

(6) ANDERSON ROTAY GASPAR Nascido no Rio de Janeiro/RJ em 11/08/1981. 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 Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, atuando hoje na Gerência de Engenharia Sul, em Florianópolis/SC.