

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
LABORATÓRIO DE PLANEJAMENTO DE
SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Aplicativo MedPlot Histórico
Manual de Utilização

Versão 8.0

Projeto MedFasee

Coordenador: Prof. Ildemar Cassana Decker

Florianópolis, maio de 2017.

SUMÁRIO

1. O APLICATIVO MEDPLOT HISTÓRICO.....	5
2. INSTALAÇÃO	6
3. CONFIGURAÇÕES.....	7
3.1. BASES DE DADOS	7
3.2. EDITAR BASE DE DADOS	12
3.3. DIRETÓRIO DE DADOS	14
4. PRINCIPAIS MÓDULOS.....	15
4.1. MÓDULO DE BUSCA DE DADOS	15
4.1.1. <i>Desempenho das Buscas de Dados</i>	19
4.1.2. <i>Buscas Realizadas</i>	20
4.2. MÓDULO DE GERAÇÃO DE GRÁFICOS	21
4.3. MÓDULO DE ANÁLISE DE OSCILAÇÕES.....	24
4.3.1. <i>Análise em regime transitório</i>	25
4.3.2. <i>Análise em regime normal de operação (ambiente)</i>	28
4.4. MÓDULO DE ANÁLISE DE EVENTOS.....	31
4.4.1. <i>Metodologias de Pré-processamento</i>	32
4.4.2. <i>Algoritmo de Identificação</i>	36
4.4.3. <i>Localização de Eventos</i>	38
4.5. MÓDULO DE EXPORTAÇÃO DE DADOS	40
4.5.1. <i>Exportação para CSV</i>	40
4.5.2. <i>Exportação COMTRADE</i>	41
5. ARQUIVOS DE DADOS.....	43
6. ANEXO 1 – SMSF MEDFASEE BT	45
7. ANEXO 2 – ATUALIZAÇÕES RECENTES	48
8. INFORMAÇÕES DE CONTATO	49

1. O APLICATIVO MEDPLOT HISTÓRICO

O aplicativo MedPlot Histórico é um *software* de análise *off-line* de sincrofasores, tendo como principais funções:

- Buscar dados fasoriais históricos em bases de dados nos padrões de PDC (*Phasor Data Concentrator*) MedFasee e openPDC;
- Armazenar localmente os dados resultantes do processo de busca em arquivos de texto;
- Permitir a geração de gráficos temporais das grandezas elétricas armazenadas nesses arquivos;
- Possibilitar a análise de oscilações presentes nos sinais temporais;
- Empregar metodologias para a detecção, identificação e localização de eventos que ocorreram no sistema elétrico monitorado;
- Exportar dados históricos nos formatos COMTRADE e CSV (*Comma Separated Values*).

A janela principal do programa é apresentada na Figura 1.

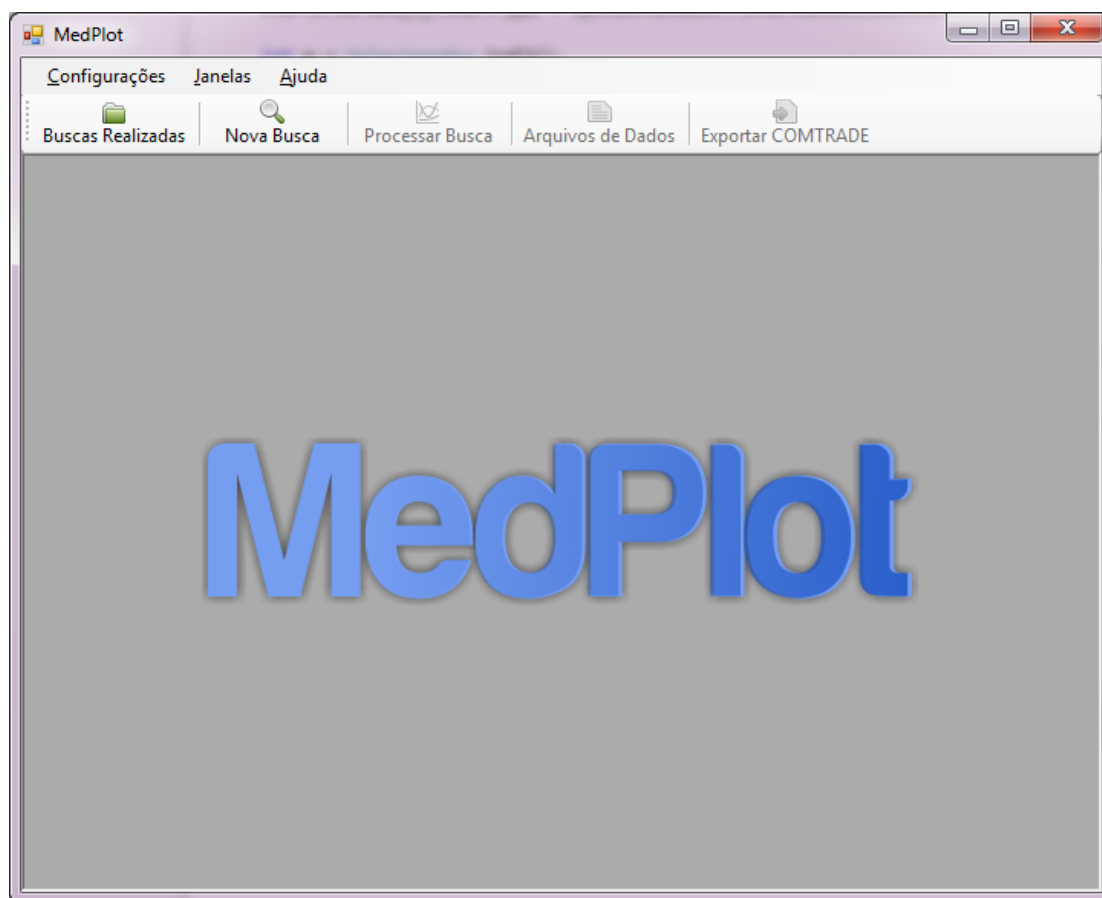


Figura 1 – Janela principal do aplicativo MedPlot Histórico.

2. INSTALAÇÃO

Para a instalação do programa basta executar o pacote de instalação “**Med-Plot_Instalação.exe**”. Ao longo do processo pode-se escolher algumas opções, tal como o diretório de instalação do programa. O processo de instalação inclui todos os arquivos necessários para a execução do programa.

ATENÇÃO: os processos executados pelo MedPlot Histórico incluem criação e exclusão de arquivos, assim, dependendo do local de instalação escolhido pelo usuário, há a necessidade de executar o aplicativo com privilégio de administrador. Para isso, basta clicar no ícone do aplicativo com o botão direito e escolher a opção “Executar como administrador”.

3. CONFIGURAÇÕES

As principais configurações do aplicativo são acessadas a partir do menu “Configurações” da tela inicial do MedPlot Histórico (ver Figura 2).

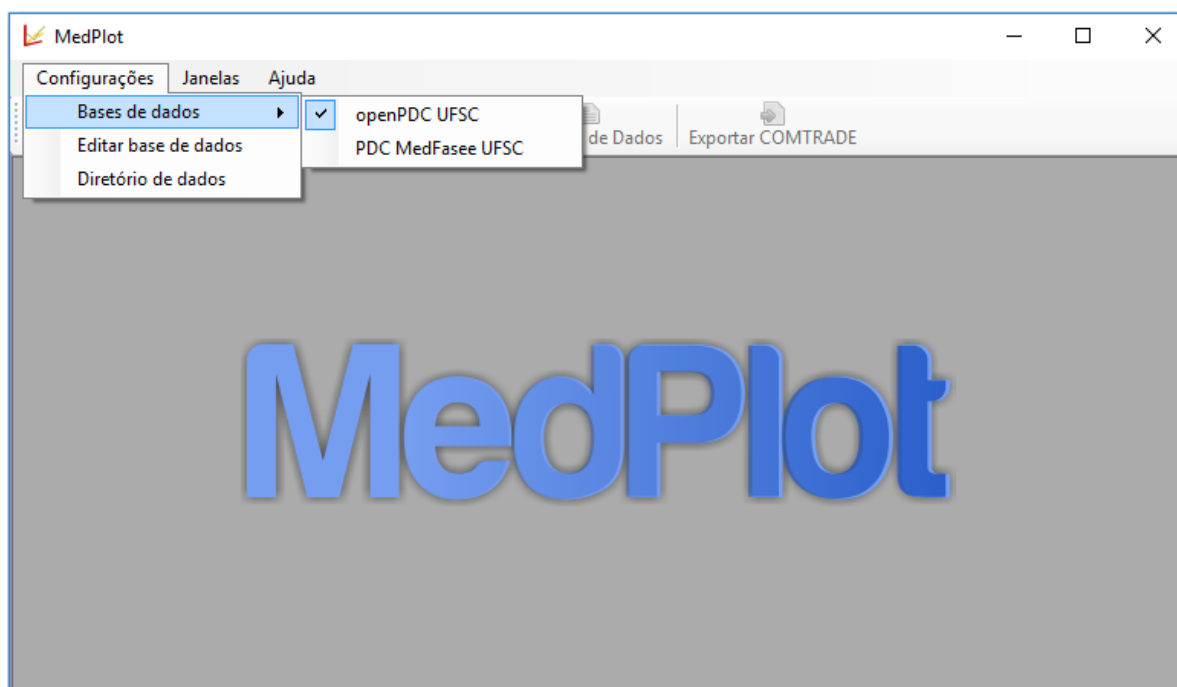


Figura 2 - Menu de configurações.

3.1. Bases de Dados

O menu “Bases de Dados” apresenta uma lista com as opções de bases de dados pré-configuradas para acesso e consulta por parte do aplicativo. Em termos práticos, para cada opção da lista existe um arquivo de configuração correspondente no diretório de configuração do aplicativo (MedPlot\Config). Os arquivos de configuração utilizados pelo MedPlot são escritos em XML (*eXtensible Markup Language*) e contêm informações de acesso ao PDC (servidor) que hospeda os dados e de mapeamento dos dados sob a forma de terminas de medição, de maneira a facilitar a sua interpretação do ponto de vista de um analista de Sistemas de Energia Elétrica (SEE).

Na Figura 3 apresenta-se um exemplo de um arquivo de configuração de base de dados escrito em XML. A primeira linha do arquivo é a declaração de que se trata de um arquivo XML. Na segunda linha, está a abertura do nó “smsf”, raiz da árvore XML, acompanhado da declaração do *namespace* “smsf2”. Este *namespace* está definido em

um arquivo XSD (XML Schema), que serve para a padronização dos arquivos de configuração e para a posterior verificação de validade dos arquivos de configuração utilizados.

```
<?xml version="1.0"?>
<smsf xmlns="smsf2">
  <pdcc>
    <name>openPDC_MedFasee</name>
    <type>openpdc</type>
    <fps>60</fps>
    <address>150.162.19.XXX</address>
    <security>
      <user>medfasee</user>
      <pswd>med1234</pswd>
    </security>
  </pdcc>
  <pmu>...</pmu>
  <pmu>...</pmu>
  <pmu>...</pmu>
</smsf>
```

Figura 3 – Exemplo de arquivo de configuração de base de dados.

Após a abertura do nó raiz da árvore, existe o nó “pdc”, seguido de nós “pmu”. Basicamente, os arquivos de configuração de bases de dados são constituídos desses dois tipos de nós (os nós “pmu” estão colapsados e serão abordados na sequência no texto). Um arquivo de configuração de base de dados deve ter um único nó “pdc” e pode conter um ou mais nós “pmu”, conforme mostra o exemplo da figura.

Na Figura 3 ainda é possível visualizar os elementos que compõem o nó “pdc”. A seguir, uma descrição sucinta a respeito de cada um dos campos:

- *name*: contém o nome escolhido para o PDC (base de dados), convém utilizar essa denominação igual ao nome do arquivo XML correspondente para facilitar a identificação;
- *type*: define o tipo de base de dados, que pode ser *openpdc* ou *medfasee*. Essas são as duas plataformas compatíveis com o aplicativo MedPlot Histórico;
- *fps*: quantidade de frames por segundo armazenada pelo PDC. Ou seja, a resolução de dados com a qual o Sistema de Medição Sincronizada de Fasores (SMSF) opera;
- *address*: contém o endereço de IP (*Internet Protocol*) do computador no qual a base de dados está hospedada;
- *security*: é um elemento complexo composto por dois elementos, *user* e *pswd*, que contém o login e a senha, respectivamente, para acesso à base de dados.

Observação: Para bases de dados do tipo medfasee, há um elemento extra no nó “pdc” denominado *dataBank*, que contém a informação do banco MySQL no qual estão sendo armazenados os dados referentes à base em questão.

Na Figura 4, apresenta-se um exemplo de nó “pmu” em um arquivo referente a uma base de dados do tipo *openpdc*. O exemplo mostra um terminal composto por três medidas fasoriais (um dos elementos está colapsado), uma medida de frequência e uma medida de variação de frequência.



```
<pmu>
  <idName>LT_1</idName>
  <fullName>LT Agente XX C1</fullName>
  <voltLevel>345000</voltLevel>
  <local>
    <area>N</area>
    <state>PA</state>
    <station>Belém</station>
    <lat>-1.4742306</lat>
    <lon>-48.4519611</lon>
  </local>
  <measurements>
    <phasor>
      <pName>TENSAO_A</pName>
      <pType>Voltage</pType>
      <pPhase>A</pPhase>
      <modId>21</modId>
      <angId>22</angId>
    </phasor>
    <phasor>...</phasor>
    <phasor>
      <pName>CORRENTE_C</pName>
      <pType>Current</pType>
      <pPhase>C</pPhase>
      <modId>6843</modId>
      <angId>6844</angId>
    </phasor>
    <freq>
      <fName>FREQUENCIA</fName>
      <fId>18</fId>
    </freq>
    <dFreq>
      <dfName>DFREQ</dfName>
      <dfId>19</dfId>
    </dFreq>
  </measurements>
</pmu>
```

Figura 4 – Exemplo de nó “pmu” em arquivo de base de dados *openpdc*.

Os elementos que compõem o nó “pmu” neste caso são descritos a seguir.

- *idName*: nome de identificação do terminal de medição;
- *fullName*: nome descritivo do terminal de medição, pode conter mais informações a respeito do terminal ou coincidir com o *idName*;
- *voltLevel*: tensão de linha (em Volts) do terminal de medição;
- *local*: reúne informações a respeito da localização do terminal de medição, seus elementos são descritos a seguir;

- *area*: área ou região na qual o terminal se encontra;
- *state*: estado/província/unidade de localização;
- *station*: subestação na qual o terminal está conectado;
- *lat*: latitude (valor decimal) da subestação na qual o terminal está conectado;
- *lon*: longitude (valor decimal) da subestação na qual o terminal está conectado;
- *measurements*: elemento composto pelas medidas associadas ao terminal de medição;
 - *phasor*: medida fasorial associada ao terminal, possui os seguintes elementos;
 - *pName*: nome descritivo para a medida;
 - *pType*: tipo de grandeza fasorial, pode ser tensão (*Voltage*) ou corrente (*Current*).
 - *pPhase*: fase do circuito que está sendo monitorada (A, B ou C);
 - *modId*: número de identificação do módulo da medida fasorial na base de dados do tipo openPDC;
 - *angId*: número de identificação do ângulo da medida fasorial na base de dados do tipo openPDC;
 - *freq*: medida de frequência associada ao terminal, considera-se que um terminal de medição possui uma única medida desse tipo;
 - *fName*: nome descritivo da medida de frequência;
 - *fId*: número de identificação da medida de frequência na base de dados do tipo *openpdc*;
 - *dFreq*: medida de variação de frequência associada ao terminal, considera-se que um terminal de medição possui uma única medida desse tipo;
 - *dfName*: nome descritivo da medida de variação de frequência;
 - *dfId*: número de identificação da medida de variação de frequência na base de dados do tipo *openpdc*;

Conforme apresentado, cada componente fasorial (módulo e ângulo) e cada medida de frequência ou variação de frequência são identificadas por um número de identificação único em uma base de dados do tipo *openpdc*. Em bases de dados do tipo *medfasee*, com armazenamento dos dados em banco MySQL, a organização das medidas é diferente, resultando em arquivos de configuração com estruturas ligeiramente diferentes da apresentada na Figura 4.

Na Figura 5 pode-se visualizar um nó “pmu” em um arquivo de configuração referente a uma base de dados do tipo *medfasee*. Percebe-se que, de fato, a estrutura do nó “pmu” é muito similar à estrutura apresentada no caso de bases de dados do tipo *openpdc*.

```
<pmu>
  <idNumber>2</idNumber>
  <idName>LT_2</idName>
  <fullName>LT Agente YY C3</fullName>
  <voltLevel>525000</voltLevel>
  <local>
    <area>S</area>
    <state>SC</state>
    <station>Campos Novos</station>
    <lat>-27.597380</lat>
    <lon>-51.332197</lon>
  </local>
  <measurements>
    <phasor>
      <pName>TENSAO_A</pName>
      <pType>Voltage</pType>
      <pPhase>A</pPhase>
      <chId>0</chId>
    </phasor>
    <phasor>...</phasor>
    <phasor>
      <pName>CORRENTE_C</pName>
      <pType>Current</pType>
      <pPhase>C</pPhase>
      <chId>5</chId>
    </phasor>
    <freq>
      <fName>FREQ</fName>
      <fId>1</fId>
    </freq>
    <dFreq>
      <dfName>DFREQ</dfName>
      <dfId>1</dfId>
    </dFreq>
  </measurements>
</pmu>
```

Figura 5 - Exemplo de nó “pmu” em arquivo de base de dados *medfasee*.

As diferenças pontuais existentes entre as estruturas estão basicamente em quatro elementos do nó, descritos a seguir:

- *idNumber*: número de identificação da PMU na base de dados *medfasee*, cujas medidas compõem o terminal de medição – este campo não existe em nós “pmu” para bases do tipo *openpdc*;

- *chld*: número de identificação do canal de medição de uma grandeza fasorial. Nas bases *openpdc* cada medida de módulo e ângulo é identificada por um ID único associado. Em bases *medfasee* um fasor (módulo e ângulo) é encontrado pelo par de IDs especificados em *idNumber* e *chld*.
- *fld* e *dfld*: estes campos também existem em bases *openpdc*, no entanto, em bases *medfasee* têm um significado diferente. Nesse caso, os campos servem para indicar se a base de dados armazena (valor igual a “1”), ou não (valor igual a “0”), os valores de frequência e variação de frequência para o terminal. Se há o indicativo de existência das medidas, seus valores são solicitados ao buscar os dados. Ao contrário, os valores de frequência e variação de frequência são calculados como as derivadas primeira e segunda, respectivamente, do ângulo absoluto do fasor de tensão de sequência positiva do terminal. Esse cálculo é realizado pelo aplicativo e os valores obtidos são armazenados nos arquivos de dados resultantes da consulta.

3.2. Editar base de dados

No menu de configurações (Figura 2) também há a opção “Editar base de dados”, que permite aos usuários editar e deletar bases de dados já configuradas e criar novas bases de dados. **Para ter acesso à interface, no entanto, é necessário que o aplicativo MedPlot Histórico seja executado com privilégio de administrador.** Isto porque, os comandos executados pela interface envolvem a manipulação dos arquivos de configuração de bases de dados, no diretório de instalação do aplicativo, em geral localizado em diretórios que requerem privilégios de administrador para alterações.

Caso o aplicativo tenha sido executado com privilégios de administrador, o usuário tem acesso à interface apresentada na Figura 6. Caso contrário, uma mensagem de alerta é exibida e a interface não é habilitada para utilização.

Na parte superior da tela, há uma caixa na qual é possível selecionar uma das bases de dados existente no diretório de configuração do aplicativo. Ao lado, existem três botões cujas funções são, respectivamente: criar uma nova base de dados, editar a base de dados selecionada na caixa, deletar a base de dados selecionada na caixa. Texto com as funções de cada botão são apresentados ao posicionar o *mouse* sobre os mesmos.

Figura 6 – Interface de edição de base de dados: estado inicial.

Ao clicar no segundo botão, de edição de base de dados selecionada, os demais componentes da janela são habilitados, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Interface de edição de base de dados: edição em base existente.

Logo abaixo da caixa de escolha da base de dados encontra-se um grupo de campos referentes ao PDC da base de dados. Esses campos são necessários para o

preenchimento do nó “pdc” dos arquivos de configuração, conforme apresentado na seção 3.1. O campo banco fica habilitado apenas quando a edição é de uma base do tipo *medfasee*.

Na parte inferior da janela estão as informações relativas aos terminais que compõem a base de dados, ou seja, os nós “pmu” do arquivo de configuração correspondente. Ao lado da lista de terminais disponíveis existem três botões com as seguintes funções (na ordem de cima para baixo): adicionar novo terminal, adicionar nova medida ao terminal selecionado na lista e deletar terminal ou medida de acordo com a seleção na lista. À direita desses botões estão os campos contendo as informações referentes ao terminal selecionado na lista. Quando uma medida de um terminal é selecionada na lista, essa região à direita dos botões passa a apresentar os campos correspondentes àquela medida.

Após realizar a edição na base de dados o usuário pode optar por salvar ou cancelar as alterações por meio dos dois botões presentes na parte superior da tela da Figura 7.

3.3. Diretório de dados

Na última opção do menu de configurações (Figura 2), pode-se alterar o diretório de armazenamento de dados do aplicativo. Ao clicar nessa opção, um diálogo de escolha de diretório é aberto para a escolha do usuário. O diretório padrão de armazenamento localiza-se na pasta “Meus Documentos\MedPlot – Dados”.

4. PRINCIPAIS MÓDULOS

O aplicativo MedPlot Histórico é formado por cinco módulos principais: “Busca de Dados”, “Geração de Gráficos”, “Análise de Oscilações Eletromecânicas”, “Análise de Eventos” e “Exportação de Dados”, descritos a seguir.

4.1. Módulo de Busca de Dados

O módulo de “Busca de Dados” é responsável pelo acesso às bases de dados históricos de sincrofasores, no banco de dados do PDC. Sua janela principal é mostrada na Figura 8. Estão habilitados, nesta versão, acessos às bases de dados do PDC MedFasee e do openPDC. O módulo é acionado através do botão “Nova Busca”, no menu principal do programa.

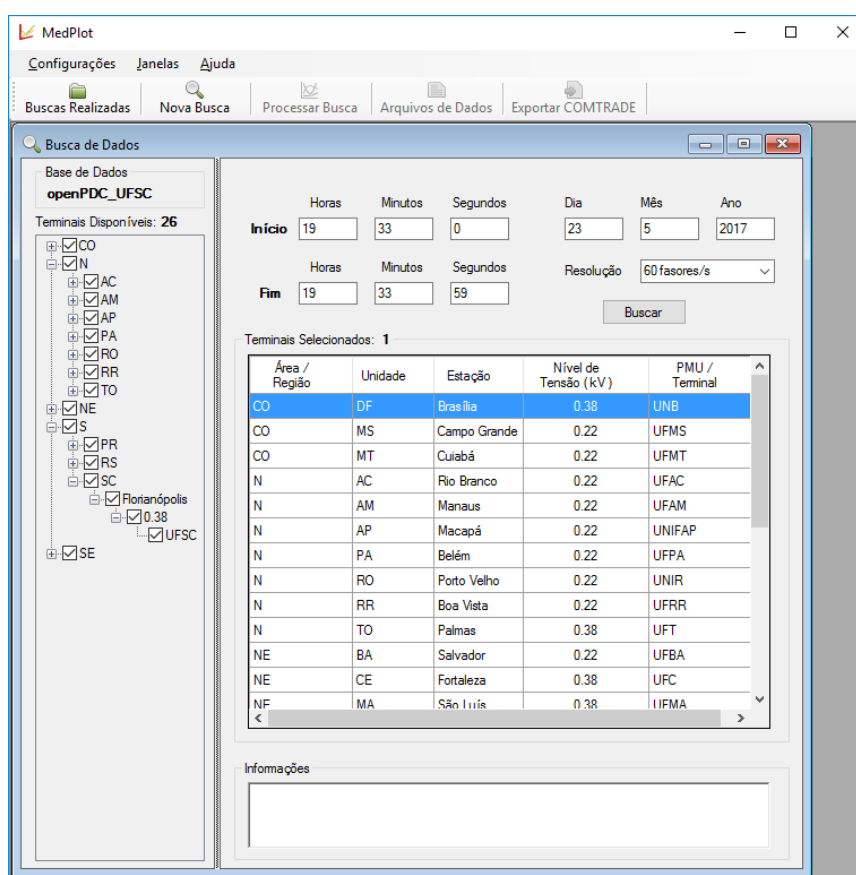


Figura 8 – Janela Principal do Módulo de Busca de Dados.

Na parte esquerda da janela é apresentada uma estrutura em árvore para facilitar a escolha dos terminais de medição. A árvore organiza os terminais de acordo com as informações de localização armazenadas no arquivo de configuração da base de dados

(Figura 4). A árvore possui cinco níveis: área/região, unidade (estado/província), estação, nível de tensão e terminal de medição. Na parte direita da janela os terminais marcados na árvore são apresentados em uma lista, na qual devem ser selecionados para a realização da busca. Na parte superior direita encontram-se os campos para preenchimento dos horários inicial e final, data e resolução para a realização da busca.

ATENÇÃO: os horários inicial e final fornecidos pelo usuário para a realização de buscas devem estar referenciados ao horário UTC (*Universal Time Coordinated*). Exemplo: para buscar um período de dados com início às 18:00:00, no horário de Brasília, deve-se fornecer ao programa o horário de 21:00:00 para períodos fora do horário de verão brasileiro e 20:00:00 para períodos durante o horário de verão brasileiro.

Para bases de dados que armazenam 60 fasores/s estão disponíveis quatro resoluções de busca: 60, 30, 10 e 1 fasor(es)/s; para bases de dados com resolução de 50 fasores/s também estão disponíveis quatro resoluções: 50, 25, 10, 1 fasor(es)/s. Em buscas com resolução plena, 60 ou 50 fasores/s (dependendo do SMSF), todos os dados referentes ao período especificado para um dado terminal são processados. Nas buscas com resoluções inferiores, realiza-se um processo de dizimação dos dados. Por exemplo, para buscas a 30 fasores/s (disponível para bases com resolução plena de 60 fasores/s) um a cada dois dados são descartados, considerando-se como primeiro fasor dentro de um segundo o fasor com etiqueta de tempo igual à virada do segundo (segundo “cheio”). O mesmo processo é aplicado em buscas com as demais resoluções, sendo que a 1 fasor/s, apenas os fasores dos segundos “cheios” são armazenados.

Observação: Esse processo de dizimação é realizado em etapas diferentes em bases do tipo PDC MedFasee e openPDC. Em bases PDC MedFasee a dizimação é realizada na etapa inicial de busca dos dados. Com isso, percebe-se uma diminuição no tempo de buscas para resoluções menores. Ao contrário, as buscas de dados históricos em bases do tipo openPDC não permitem a realização de dizimação, que é feita então apenas no processo de armazenamento local dos dados. Dessa forma, não há diferença nos tempos de busca para diferentes resoluções.

No campo “Informações”, na parte inferior da janela (Figura 8) são apresentadas algumas informações a respeito da busca de dados que está sendo realizada, tal como a quantidade de terminais cujos dados ainda serão buscados, a quantidade de frames faltantes para cada terminal etc. As buscas são feitas sempre “por terminal”, um por vez.

As buscas de dados são realizadas acessando-se a base de dados, escolhida previamente pelo usuário, no menu “Configurações” do aplicativo (ver seção 3). Caso o programa não consiga acessar a base de dados, uma mensagem de alerta é apresentada.

ATENÇÃO: caso a mensagem de alerta exibida após uma tentativa de busca de dados seja semelhante à mostrada na Figura 9, deve-se adicionar uma exceção de servidor Proxy para o endereço de IP da base de dados consultada. Isso pode ser feito acessando no painel de controle “Propriedades(Opções) da Internet/Conexões/Configurações da LAN/Avançadas” e inserindo o número de IP da base de dados na caixa “Exceções”. Esse processo pode ser visualizado na Figura 10, os botões que devem ser acionados estão destacados, assim como a caixa na qual deve-se inserir o número de IP desejado.

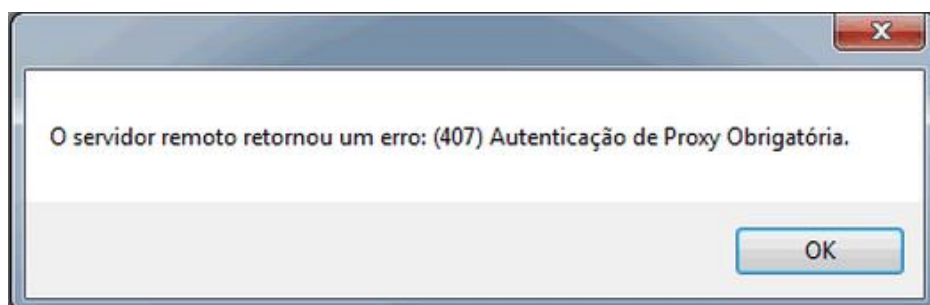


Figura 9 – Mensagem de alerta.

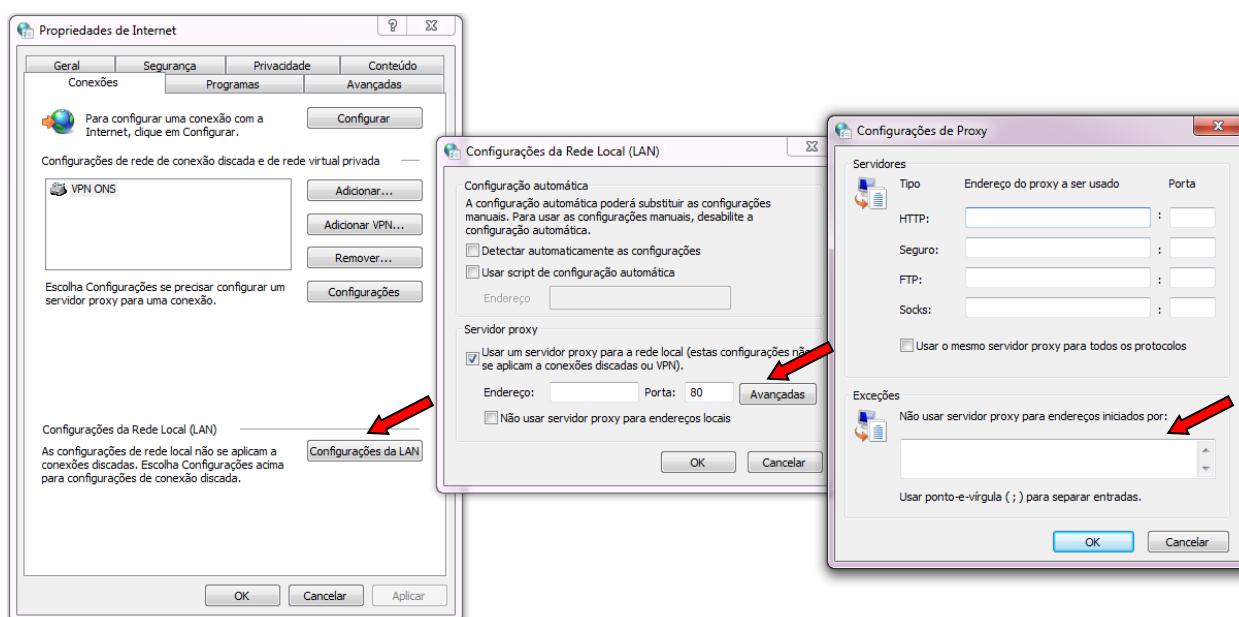


Figura 10 – Adicionar exceção de IP ao servidor Proxy.

Caso aconteça uma perda de conexão com o banco de dados durante uma busca em andamento, é possível que o programa trave sua execução, devido à biblioteca de acesso ao banco de dados. Neste caso, o programa deve ser encerrado via Gerenciador de Tarefas do Windows, reiniciando-o em seguida. Os dados correspondentes aos terminais processados antes do travamento, serão disponibilizados no respectivo diretório de dados.

Uma maneira de se observar se o processo de busca está sendo realizado corretamente é verificar o tráfego na rede da estação de trabalho, usando-se o “Gerenciador de Tarefas” do Windows. Um comportamento padrão para uma busca de dados com funcionamento adequado é mostrado na Figura 11.

Observam-se picos de uso da rede, relativos ao tráfego de dados de cada terminal selecionado para a busca de dados. Haverá tantos picos quanto o número de terminais selecionados. Pequenos intervalos existirão entre cada pico, relativos ao período de processamento da busca na base de dados (ver seção 4.1.1).

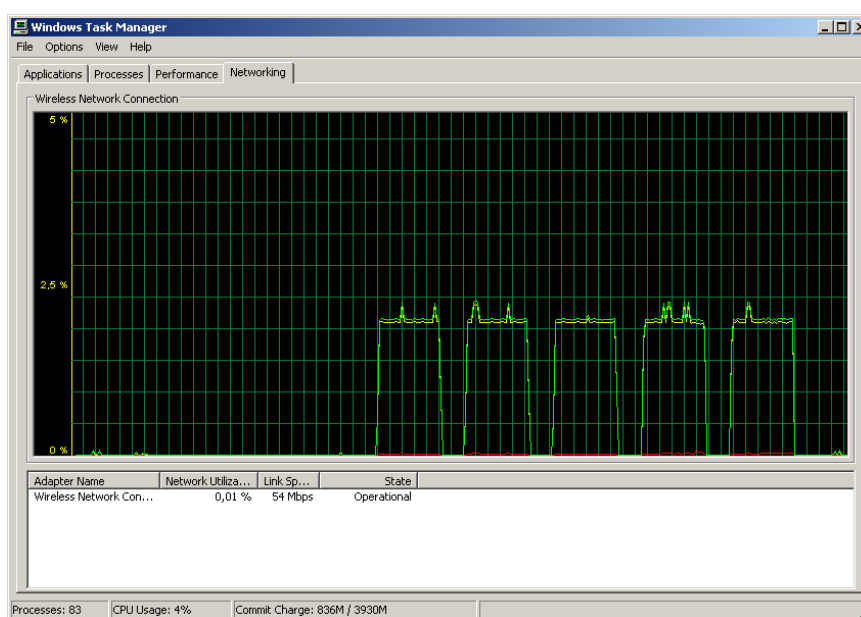


Figura 11 – Gerenciador de Tarefas do Windows Durante uma Busca de Dados.

Observação: o botão “Nova Busca” fica desabilitado enquanto os módulos de análise de dados estiverem sendo utilizados. Novas buscas de dados somente podem ser realizadas com as janelas de “Geração de Gráficos” fechadas (ver seção 4.2).

4.1.1. Desempenho das Buscas de Dados

O tempo necessário para uma busca de dados depende de dois fatores principais: o tempo de processamento da busca solicitada, realizado pelo PDC; e o tempo de transmissão dos dados do PDC à estação de trabalho onde o MedPlot Histórico está sendo executado (rede de comunicação).

O tempo de processamento da busca no banco de dados depende, essencialmente, do desempenho do hardware onde o banco de dados está instalado (processador, HD, memória, etc.), da quantidade de dados solicitada, e do sistema utilizado (PDC MedFasee ou openPDC). A quantidade de dados solicitada, por sua vez, depende da quantidade de medidas selecionadas e da taxa de amostragem dos fasores.

Atualmente (maio de 2017), o SMSF MedFasee BT conta com 25 PMUs, com um total de 75 canais fasoriais sendo medidos a uma taxa de 60 fasores/s (ver ANEXO 01). Com esta configuração, para PDCs MedFasee, o tempo de processamento atual de buscas é de, aproximadamente, 14 segundos por terminal, independente do tamanho do período solicitado. No caso de buscas de dados realizadas durante o dia corrente, o tempo de processamento no banco de dados será tão mais rápido quanto mais próximo do início do dia se esteja, pois a tabela diária de dados estará menor, com menos dados.

Em relação ao tempo de transmissão dos dados, pode-se considerar que cada fasor buscado no banco de dados, equivalente a uma linha nas tabelas diárias de dados, tem o tamanho aproximado de 35 bytes para a transmissão, incluídos os bytes necessários ao controle do tráfego MySQL.

Por exemplo, em uma busca de dados de 5 terminais a 60 fasores/s, por um período de 15 minutos, a quantidade de bytes a serem transmitidos pode ser estimada por:

$$35 \text{ bytes} \times 5 \text{ terminais} \times 3 \text{ canais (tensões trifásicas)} \times 60 \text{ fasores/s} \times 15 \text{ minutos} \times 60 \text{ segundos} = 28,35 \text{ MB}$$

Considerando-se um link de comunicação com largura de banda de 1 Mbps, por exemplo, sem outros tráfegos significantes durante a busca, o tempo de transmissão de todos os dados da busca pode ser estimado por:

$$28,35 \text{ MB} \times 8 \text{ bits} \div 1 \text{ Mbps} = 226,8 \text{ segundos}$$

Considerando-se, ainda, que o processamento da busca de cada um dos 5 terminais gasta aproximadamente 14 segundos no banco de dados, o tempo total desta busca seria de, aproximadamente, 296,8 segundos, ou ~ 5 minutos.

O mesmo procedimento de cálculo pode ser usado para a estimativa do tempo necessário para outras configurações de busca, considerando-se outras quantidades de terminais, taxas de amostragem, tamanho do período de busca e largura de banda do canal de transmissão entre o banco de dados do PDC e a estação de trabalho.

O MedPlot Histórico não limita o tamanho de busca. Porém, com base nos cálculos indicados acima, e também nos tamanhos dos arquivos de dados gerados (ver seção 5), deve-se avaliar a necessidade real de cada busca de dados em termos de período de tempo, taxa de amostragem e quantidade de terminais, considerando-se o custo de cada busca em relação ao desempenho.

O banco de dados MySQL permite buscas simultâneas, realizadas por mais de uma instância do MedPlot Histórico (na mesma estação de trabalho ou não). Porém, neste caso, o desempenho de cada busca é degradado.

4.1.2. Buscas Realizadas

Ao término de um processo de busca, os dados recém coletados são disponibilizados na janela de “Buscas Realizadas”, que pode ser acessada através do botão “Buscas Realizadas”, no menu de funções do programa (Figura 12).

Na janela são mostradas todas as buscas de dados já realizadas na estação de trabalho. Os dados das respectivas buscas são armazenados em diretórios de dados específicos, conforme descrito na seção 5.

Um determinado período de dados pode ser apagado através da tecla “Delete”, selecionando-se a respectiva busca na janela de “Buscas Realizadas”.

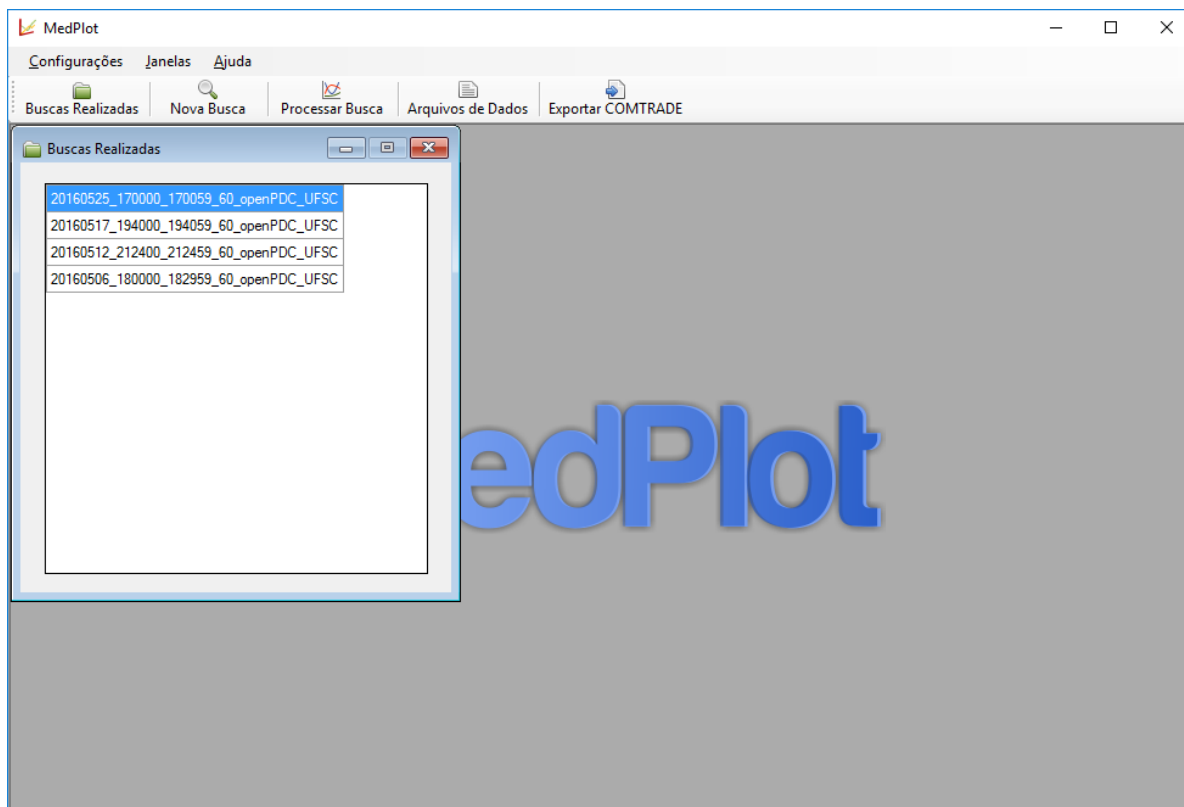


Figura 12 - Janela de Buscas Realizadas.

4.2. Módulo de Geração de Gráficos

A janela principal do módulo de geração de gráficos é mostrada na Figura 13.

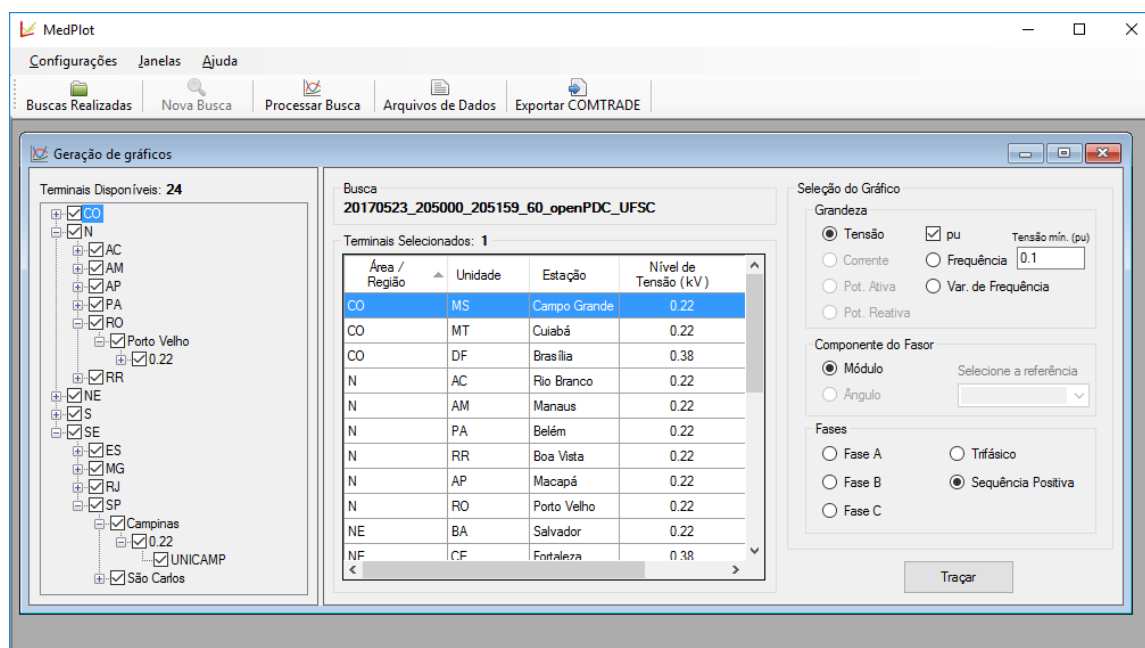


Figura 13 - Janela Principal do Módulo de Geração de Gráficos.

O módulo é acionado através do botão “Processar Busca” no menu superior do programa, uma vez selecionado o período de busca do qual se deseja visualizar os dados, na janela “Buscas Realizadas”.

O usuário pode então escolher quais grandezas elétricas, de quais terminais de medição, deseja traçar nos gráficos. As opções de gráficos disponíveis aos usuários são apresentadas na Figura 14.

Os módulos de tensões podem ser visualizados em volts ou em “pu”, considerando-se os valores de base de tensão para cada terminal, configurados no arquivo de configuração de base de dados correspondente (ver seção 3.1). Para os gráficos de ângulo de tensão/corrente, deve-se escolher um terminal de referência, a partir do qual as diferenças angulares de tensão/corrente dos demais terminais são calculadas. O usuário pode escolher ainda entre as opções de gráficos por fase (A, B e C), trifásicos ou de sequência positiva, com algumas restrições de acordo com a grandeza e a componente do fasor escolhidas.

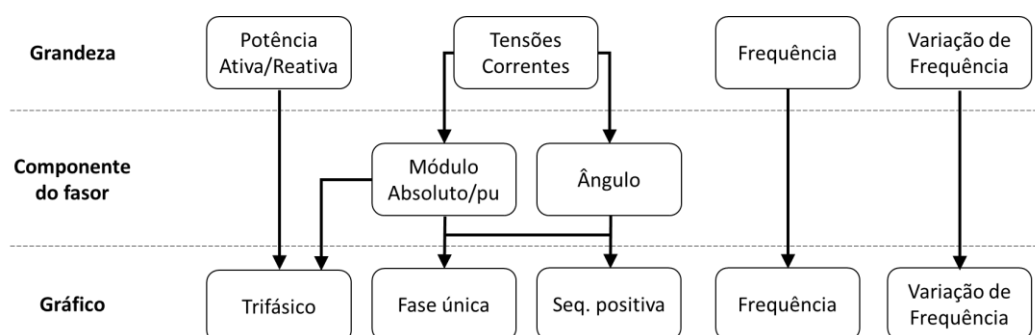


Figura 14 – Opções de gráficos no MedPlot Histórico.

Pode-se ainda optar por gráficos de frequência e variação e frequência. Na tela de geração de gráficos (Figura 13), na caixa com o texto “Tensão mín. (pu)” define-se o valor mínimo de tensão de sequência positiva que valida valores de frequência e variação e frequência. Ou seja, caso a tensão esteja abaixo deste limiar, as medidas de frequência e variação de frequência são desprezadas, repetindo-se a última medida válida.

A geração de gráficos de buscas já realizadas somente pode ser realizada com a janela de “Busca de Dados” fechada; o botão “Processar Busca” permanece desabilitado enquanto uma nova busca estiver sendo realizada.

Pode-se gerar gráficos de mais de uma busca ao mesmo tempo. Para isso, basta abrir janelas independentes de geração de gráficos para cada busca, pressionando-se o botão “Processar Busca” para cada seleção na janela de “Buscas Realizadas”.

Os gráficos gerados têm o formato mostrado na Figura 15. Nas janelas dos gráficos é possível realizar aproximações (zoom) com a função clique-e-arraste do botão esquerdo do mouse. O retorno à escala original se dá com cliques duplos. É possível copiar os gráficos para a “Área de Transferência” do Windows e incluí-los em outros programas, usando a combinação de teclas CTRL+C e CTRL+V.

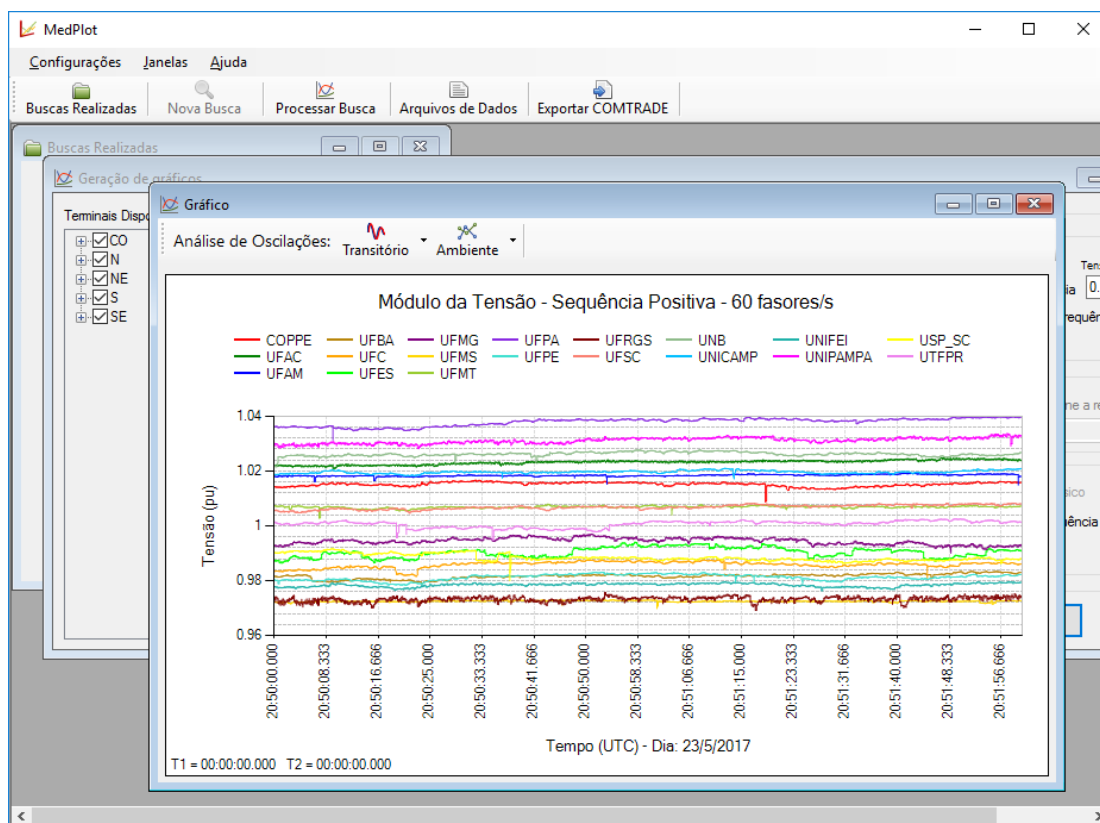


Figura 15 – Gráfico de Módulo de Tensão.

Os gráficos gerados com o aplicativo podem ter algumas características ajustadas de acordo com a necessidade do usuário. É possível, por exemplo, redefinir manualmente as escalas dos eixos horizontal e vertical, através do clique com o botão direito do mouse, sobre os eixos do gráfico. No caso da escala de tempo (eixo horizontal), deve-se usar a notação “hh:mm:ss”. Além disso, pode-se alterar as cores dos sinais traçados. Para isso, deve-se clicar com o botão direito do mouse na legenda do sinal cuja cor deseja-se alterar e escolher uma cor na caixa de diálogo que aparece após o clique.

Uma função muito útil disponível para os gráficos consiste na exibição de dois cursores verticais para a definição de intervalos de tempo entre dois pontos. Para acionar os cursores deve-se manter a tecla “Ctrl” pressionada e clicar com o botão esquerdo do mouse no ponto desejado. A Figura 16 ilustra a exibição dos cursores em um gráfico, na

parte inferior esquerda do gráfico estão as informações de posição dos cursores, intervalo de tempo entre os pontos e o valor inverso deste intervalo (em segundos) –útil para a identificação de frequências de oscilações presentes nos sinais (no exemplo da figura igual a 1,0 Hz).

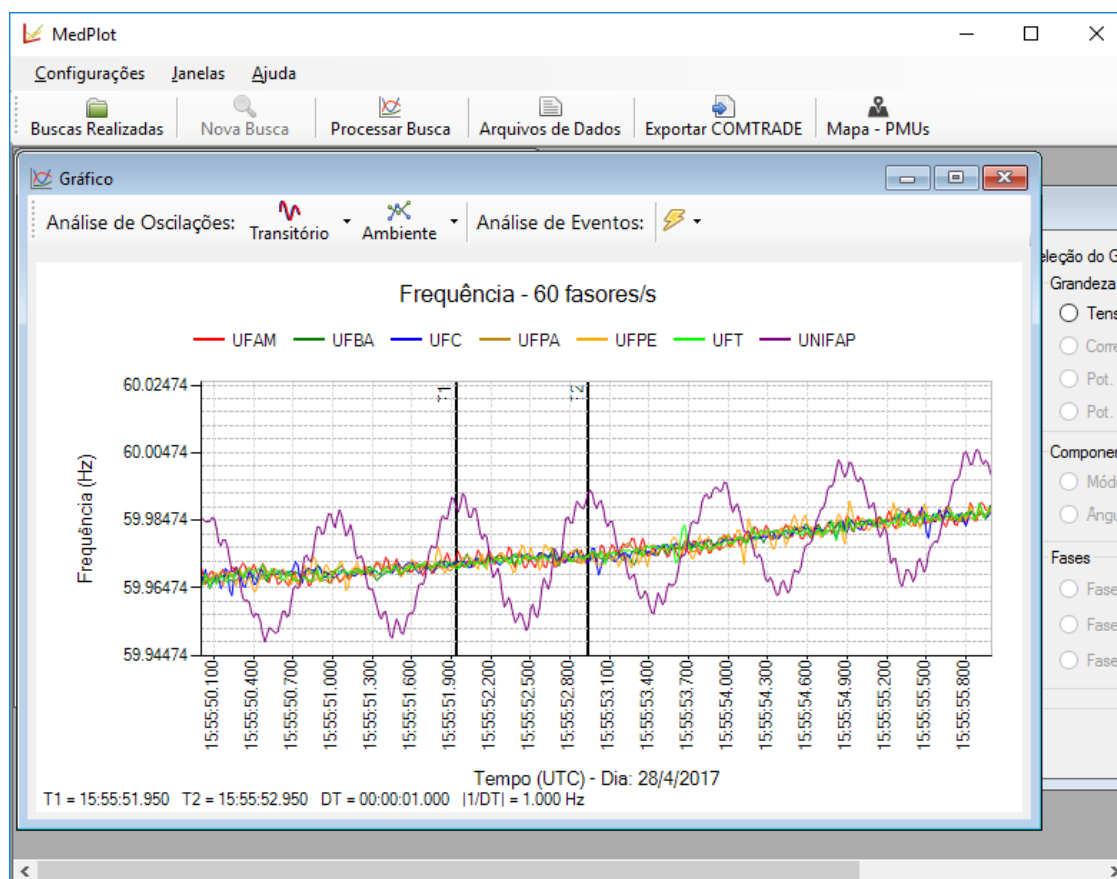


Figura 16 – Exemplo de utilização de cursores em gráfico no tempo.

4.3. Módulo de Análise de Oscilações

Este módulo tem por objetivo a identificação de modos de oscilação, através da análise dos dados fasoriais. A partir de um sinal temporal de uma grandeza elétrica escolhe-se um método de identificação para a obtenção dos modos de oscilação que compõem o sinal. Tais métodos são divididos de acordo com a sua utilização, em análise em regime normal de operação (ambiente) e regime transitório (*ringdown*), descritos a seguir.

A execução dos métodos de identificação é realizada através dos botões “Transitório” e “Ambiente”, disponíveis no canto superior esquerdo da janela do gráfico no tempo, como mostra o exemplo da Figura 17:

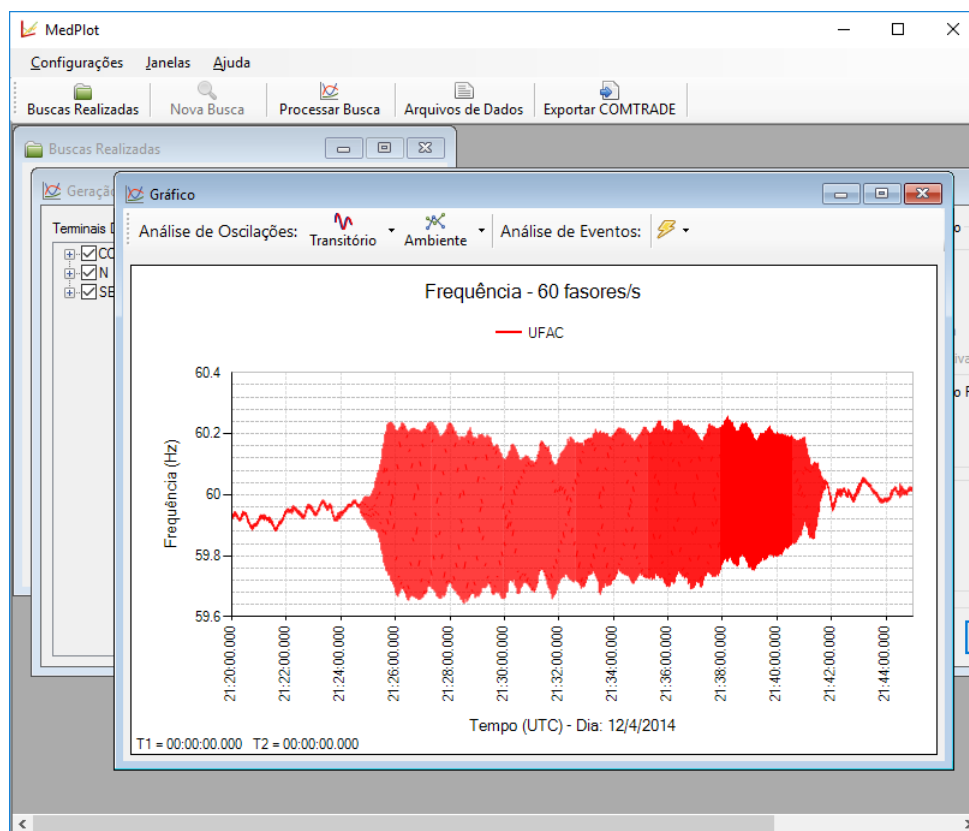


Figura 17 – Exemplo de Oscilações Sustentadas.

4.3.1. Análise em regime transitório

Os métodos disponíveis no aplicativo mais indicados para a análise em regime transitório são: a Transformada Discreta de Fourier (DFT) e o Método de Prony.

4.3.1.1. Método DFT

A partir das janelas dos gráficos é possível realizar a análise do espectro de frequências das grandezas selecionadas, através da Transformada Discreta de Fourier (ou *Discrete Fourier Transform – DFT*). O método implementado é a Transformada Rápida de Fourier (ou *Fast Fourier Transform – FFT*). A análise é realizada através do botão “DFT” no menu superior das janelas dos gráficos. Na Figura 18 é mostrado um exemplo de espectro de frequência do sinal de frequência medido no terminal UFAC (Figura 17).

O método utiliza a janela de dados no tempo que está visível no gráfico, no instante do acionamento do método. Variando-se o tamanho e a posição da janela apresentada no gráfico no tempo, varia-se automaticamente a janela de dados considerada para a análise espectral. Quanto maior esta janela, maior a quantidade de dados no cálculo do espectro e, portanto, maior a precisão do espectro de frequências.

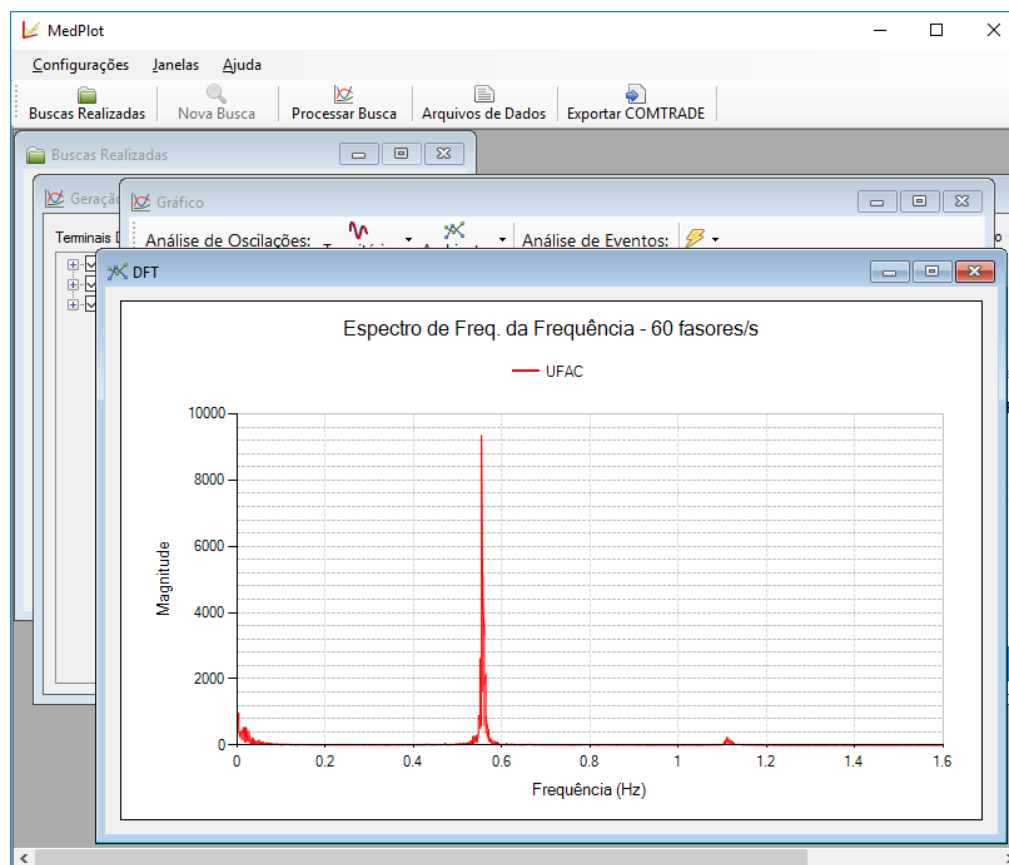


Figura 18 – Espectro de Frequência do Sinal de Frequência.

Deve-se considerar, ainda, a relação entre a taxa de amostragem da busca e a frequência máxima do espectro. Considerando-se o Teorema de Nyquist, a máxima frequência do espectro é dada pela metade da taxa de amostragem.

Por padrão, no caso de buscas a 60, 30 e 10 fasores/s, é mostrado no gráfico o espectro entre a frequência mínima igual a $2/T$, sendo T igual ao tamanho da janela em segundos (para evitar a apresentação do pico em amplitude causado pelo efeito janela), e 1,6 Hz. Os gráficos de espectro permitem, no entanto, que a escala de frequência seja expandida até o limite de metade da taxa de amostragem, para a visualização de faixas mais amplas do espectro das grandezas fasoriais. No caso de buscas a 1 fasor/s, o espectro é mostrado completo por padrão (entre zero e 0,5 Hz).

4.3.1.2. Método de Prony

Ainda no regime transitório, é possível realizar a análise de modos de oscilação presentes nas grandezas fasoriais através do Método de Prony. O algoritmo implementado suporta a análise de períodos de no máximo 1 minuto de até 25 sinais. A ordem do modelo utilizado pelo método de Prony para a representação dos sinais em análise é

pré-definida pelo aplicativo. Embora o usuário possa redefinir a ordem, sendo 300 o maior valor aceito. Essas limitações no tamanho do período, número de sinais e ordem do modelo foram impostas para evitar longos tempos de processamento. Na Figura 19 apresenta-se um exemplo de análise para o mesmo caso da Figura 17, da parte final da oscilação.

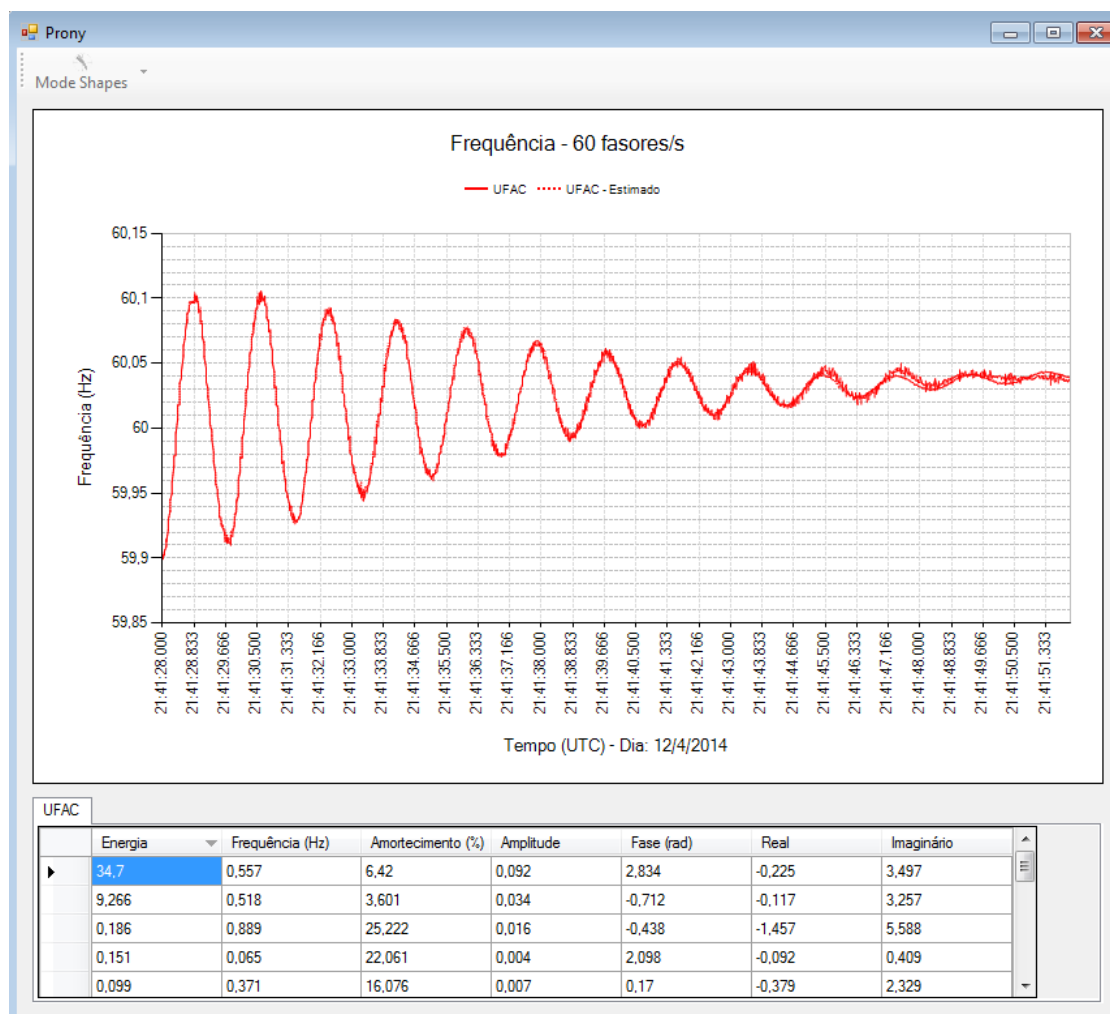


Figura 19 – Análise de Prony.

Da mesma forma que a DFT, o método de Prony implementado utiliza a janela de dados no tempo que está visível no gráfico, no instante do acionamento do método.

Os modos de oscilação são classificados em ordem decrescente de energia na tabela de resultados. Marcando-se a tabela com o recurso de clique-e-arraste do mouse é possível copiar os dados da tabela, ou parte dela, para a Área de Transferência do Windows, e colar em outro programa, com as teclas CTRL+C e CTRL+V.

Observe-se que, com o Método de Prony, é possível estimar o amortecimento dos modos de oscilação dominantes, identificados pelo método. O método de Prony é

indicado apresenta melhores resultados quando aplicado a períodos de dados com comportamentos transitórios, ou seja, logo após perturbações. No caso de dados ambiente, durante a operação normal do sistema elétrico (sistema em regime permanente), o método não produz resultados adequados. As opções de metodologias com melhores desempenhos em estudos de dados ambiente disponíveis no MedPlot Histórico são descritas na seção seguinte.

4.3.2. Análise em regime normal de operação (ambiente)

Para a análise de dados em regime normal de operação é possível também usar a DFT (seção 4.3.1.1), e o Método CVA - *Canonical Variate Analysis* (ou *Canonical Correlation Analysis* - CCA), descrito a seguir:

4.3.2.1. Método CVA

O método CVA enquadra-se na categoria dos métodos de subespaço de estados, que permitem a obtenção do modelo linear do sistema através do espaço linha ou coluna de matrizes calculadas com os dados de entrada-saída do sistema. Uma das grandes vantagens dessa classe de métodos é que podem ser empregados na identificação de modos de oscilação tanto em períodos com a ocorrência de grandes perturbações (*ringdown*) quanto em períodos de operação normal do sistema (*ambient data*). Além disso, outras vantagens do método CVA são: o baixo custo computacional (quando comparado a outros métodos de subespaço de estados) e a elevada robustez.

A implementação do método CVA no programa permite o acompanhamento da evolução da frequência de oscilação e taxa de amortecimento do modo com maior energia em uma faixa de frequências definida previamente pelo usuário. **O método implementado suporta a análise de oscilações de até 3 sinais simultaneamente.**

A Figura 20 apresenta o menu de execução do método CVA. Neste menu são definidos os parâmetros do método CVA, bem como é acionado o botão “Calcular” que dá início ao processo de execução do método. Os parâmetros apresentados no menu são: Ordem do modelo; Número de linhas por bloco; Tamanho da janela (em minutos); Passo da janela (em segundos); Frequência mínima (em Hz); e Frequência máxima (em Hz).

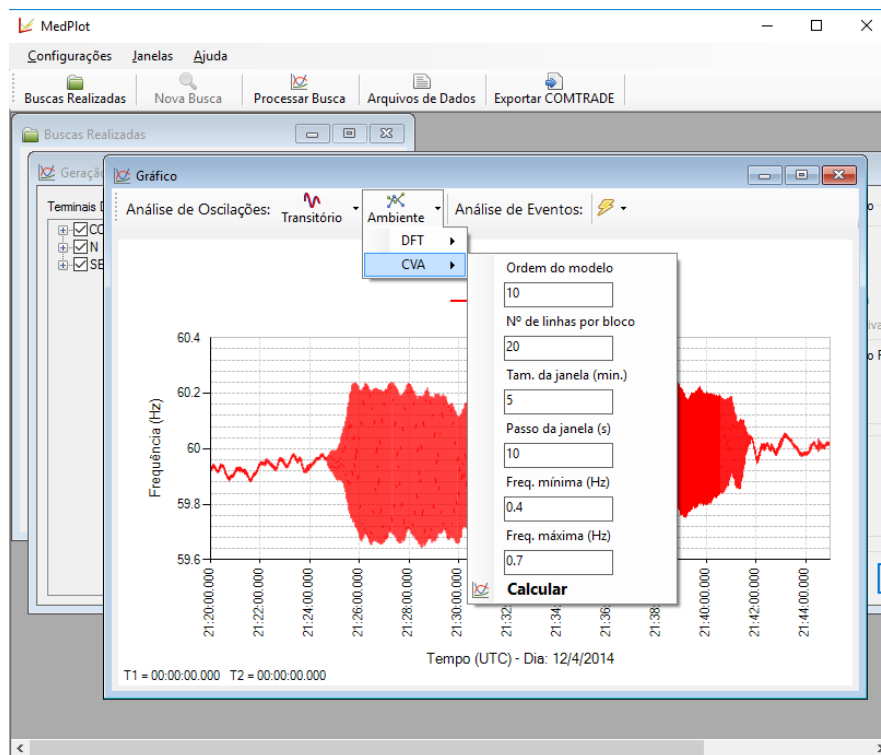


Figura 20 - Menu do Método CVA.

A ordem do modelo deve ser escolhida entre 6 a 20, suficiente para identificar os modos de oscilação dominantes do sinal. O número de linhas por bloco define a dimensão das matrizes de Hankel e Toeplitz utilizadas no algoritmo, sugere-se empregar a relação a seguir para a definição do parâmetro:

$$N^{\circ} \text{ de linhas por bloco} = \frac{2 \times \text{Ordem}_{\text{máx}}}{N^{\circ} \text{ de sinais}}$$

A ordem máxima pode ser a ordem escolhida no menu, ou um valor levemente superior. O número de sinais é a quantidade de sinais traçados no gráfico em análise.

O tamanho da janela deve estar em geral entre 5 e 15 minutos. Isto porque, janelas muito largas exigem elevados tempos de processamento, enquanto que, janelas muito curtas resultam em estimativas menos precisas dos modos de oscilação presentes nos sinais.

O passo com o qual a janela desliza entre sucessivas execuções fica a critério do usuário, passos muito grandes dificultam seguir a evolução temporal dos valores de frequência e taxa de amortecimento dos modos de oscilação. Em contraste, passos muito pequenos elevam o número de execuções do algoritmo, resultando em maior tempo de processamento. Os valores de frequências mínima e máxima definem a faixa de frequências na qual deseja-se monitorar o modo com maior energia presente no sinal.

O conhecimento a priori da faixa de frequência de oscilação do modo auxilia a escolha desses parâmetros. Ao monitorar o modo de oscilação interárea Acre/Rondônia-SIN, por exemplo, uma boa escolha seria definir a frequência mínima igual a 0,4 Hz e a frequência máxima como 0,7 Hz.

Para ilustrar a aplicação do método CVA utiliza-se o mesmo sinal empregado nos exemplos de aplicação da DFT e do método de Prony (Figura 17). Os parâmetros escolhidos neste caso são: ordem do modelo igual a 10, número de linhas por bloco igual a 20, tamanho da janela igual a 5 minutos, passo da janela igual a 10 segundos e frequências mínima e máxima iguais a 0,4 e 0,7 Hz, respectivamente.

Na Figura 21 são ilustrados os gráficos da evolução no tempo, do modo de oscilação mais significativo, referente ao sinal em análise. De cima para baixo, os gráficos se referem à frequência e à taxa de amortecimento do modo, respectivamente. Duas métricas para a identificação do modo dominante são empregadas, a pseudo-energia (pontos vermelhos no gráfico) e o IDM – Índice de Dominância Modal (pontos verdes). Observa-se que os resultados considerando as duas métricas são bem similares nesta análise.

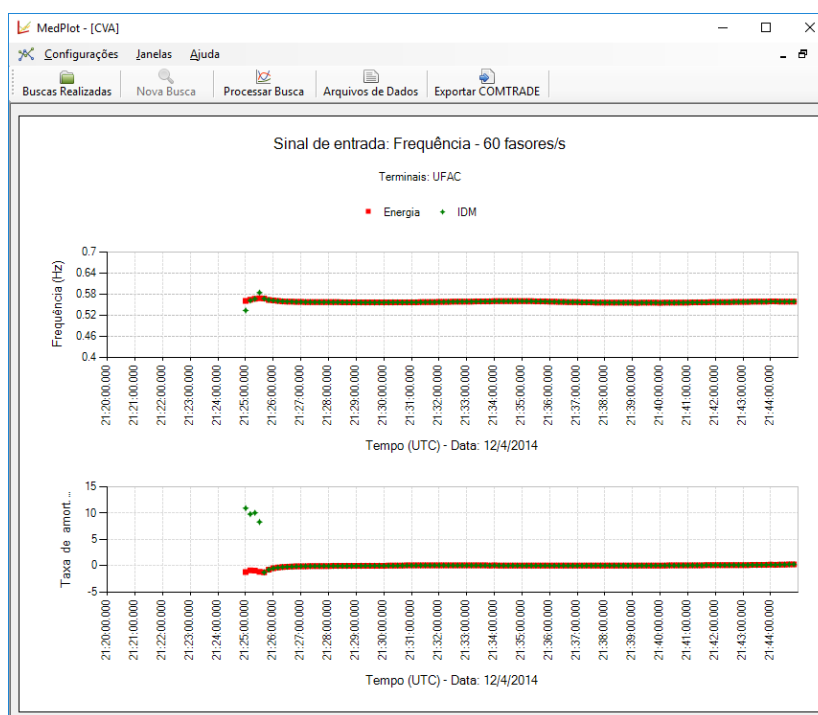


Figura 21 - Método CVA.

Observação: em versões anteriores do aplicativo, o Método CVA era identificado como “RBE” – *Realização Balanceada Estocástica* em alusão à ferramenta utilizada no algoritmo do método.

4.4. Módulo de Análise de Eventos

Este módulo tem como objetivo detectar, identificar e localizar eventos no sistema elétrico por meio da análise de dados fasoriais. Ele está habilitado somente para consultas com resolução de 60 fasores por segundo. O acesso a este módulo está disponível nos gráficos de frequência no tempo, através do clique no botão do campo “Análise de Eventos”, indicado na figura abaixo:

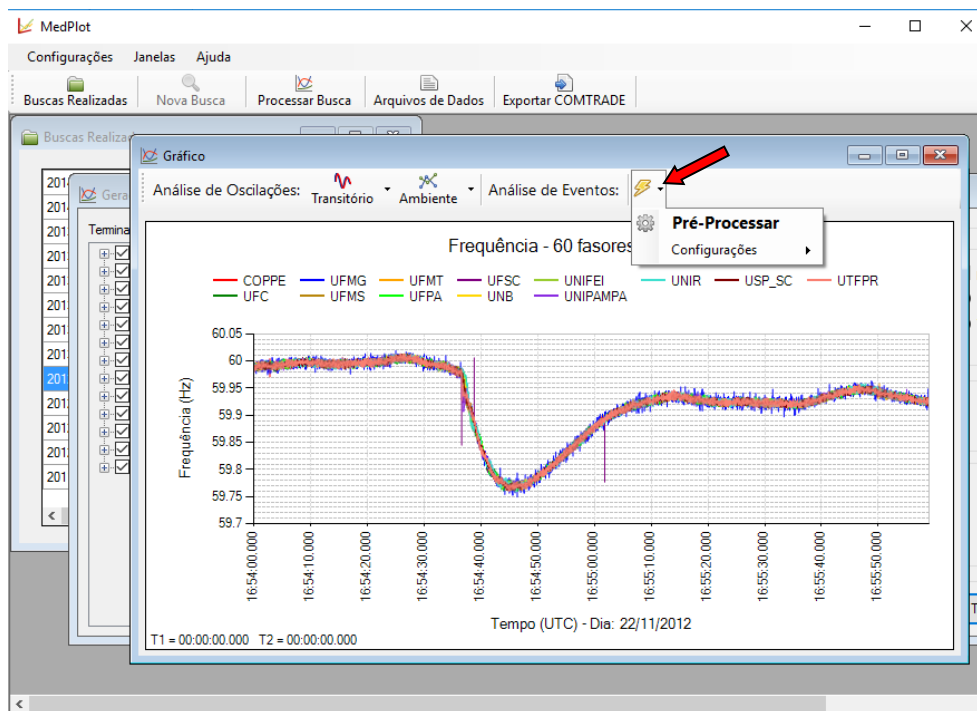


Figura 22 – Análise de Eventos

O processo de análise de evento pode ser dividido em três etapas: Pré-processamento dos dados, identificação e localização dos eventos. A primeira etapa se dá através do acionando a opção “Pré-Processar”, cujo objetivo é gerar o sinal indicador de eventos, a partir do sinal de frequência. Este sinal é utilizado na segunda etapa do processo, que consiste em detectar os instantes nos quais ocorrem eventos, ou seja, nos quais o valor do sinal indicador ultrapassa um determinado limiar definido no programa. Após a detecção, automaticamente, é realizada a caracterização dos mesmos, onde são identificados os tipos dos eventos (salto e desvio de frequência), e agrupados os terminais afetados por um mesmo evento. A terceira etapa consiste na localização geográfica dos eventos sistêmicos (caracterizados como desvio de frequência). Cada uma destas etapas é descrita em detalhes nas seções seguintes.

Um algoritmo realiza a identificação de eventos utilizando parâmetros pré-ajustados. E, por fim, quando identificados eventos que possuem características adequadas à localização, é habilita a opção de estimação da localização do evento.

4.4.1. Metodologias de Pré-processamento

O pré-processamento do sinal tem por objetivo atenuar ruídos e saltos no sinal de frequência, de modo que a propagação por meio de ondas eletromecânicas seja melhor caracterizada. Esta etapa é fundamental para viabilizar a detecção por meio do limiar de detecção (*threshold*). No programa estão disponíveis quatro metodologias diferentes de pré-processamento. Cada metodologia possui parâmetros de ajustes, os quais estão pré-ajustados em valores adequados aos eventos mais comuns. Todavia, o usuário é livre para alterá-los. Por padrão, a metodologia de “Filtro de Kalman” já vem pré-selecionada. Porém esta opção pode ser alterada através do menu “Configurações”, de acordo com a Figura 23.

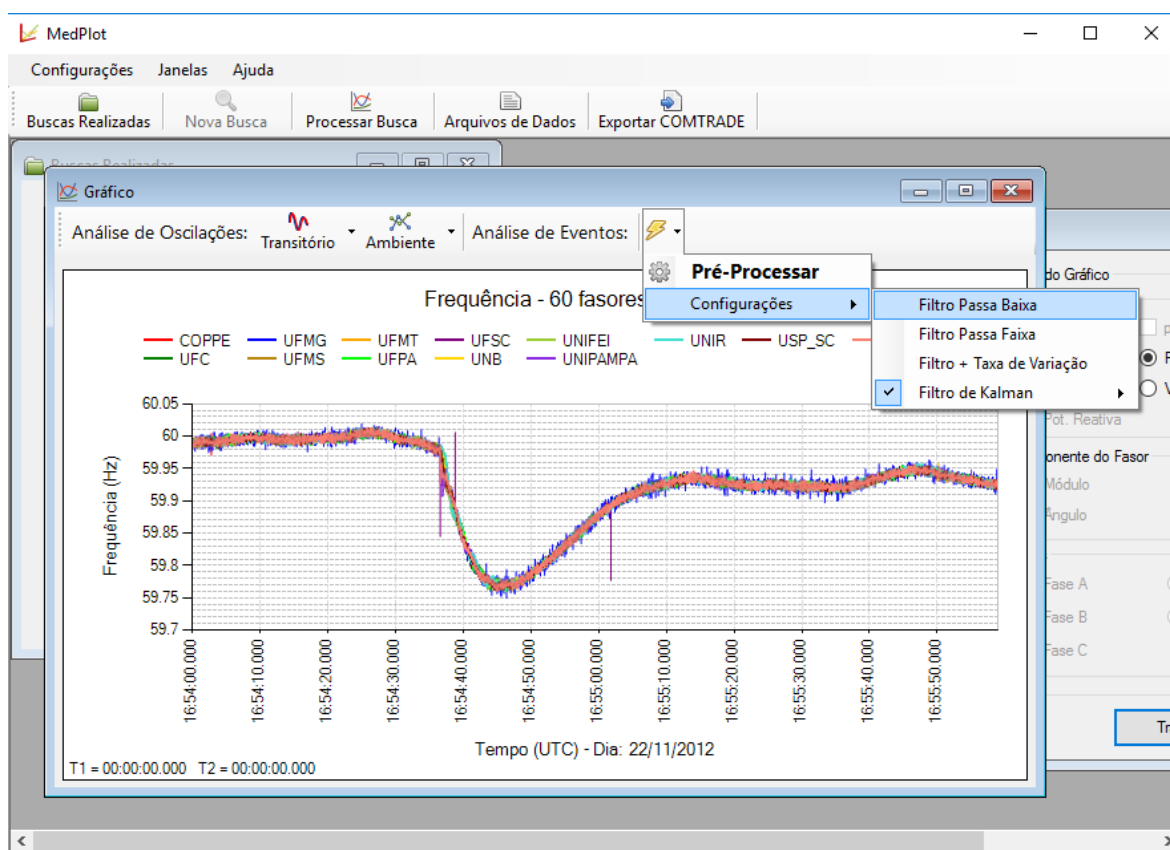


Figura 23 – Exemplo de seleção de metodologia de pré-processamento

Após o acionamento da opção “Pré-processamento”, uma nova janela é apresentada ao usuário, com dois gráficos: um com a frequência original e outro com o sinal

indicador. A seguir são descritas as quatro metodologias de pré-processamento disponíveis.

4.4.1.1. Filtro Passa Baixa

Um filtro de média móvel com ordem pré-ajustada em 20 amostras realiza a filtragem do sinal de frequência, esta ordem visa atenuar frequências acima de 3 Hz. Além disso, é removido o nível DC do sinal. O sinal resultante é dado pelas oscilações de frequência, como ilustrado na Figura 24.

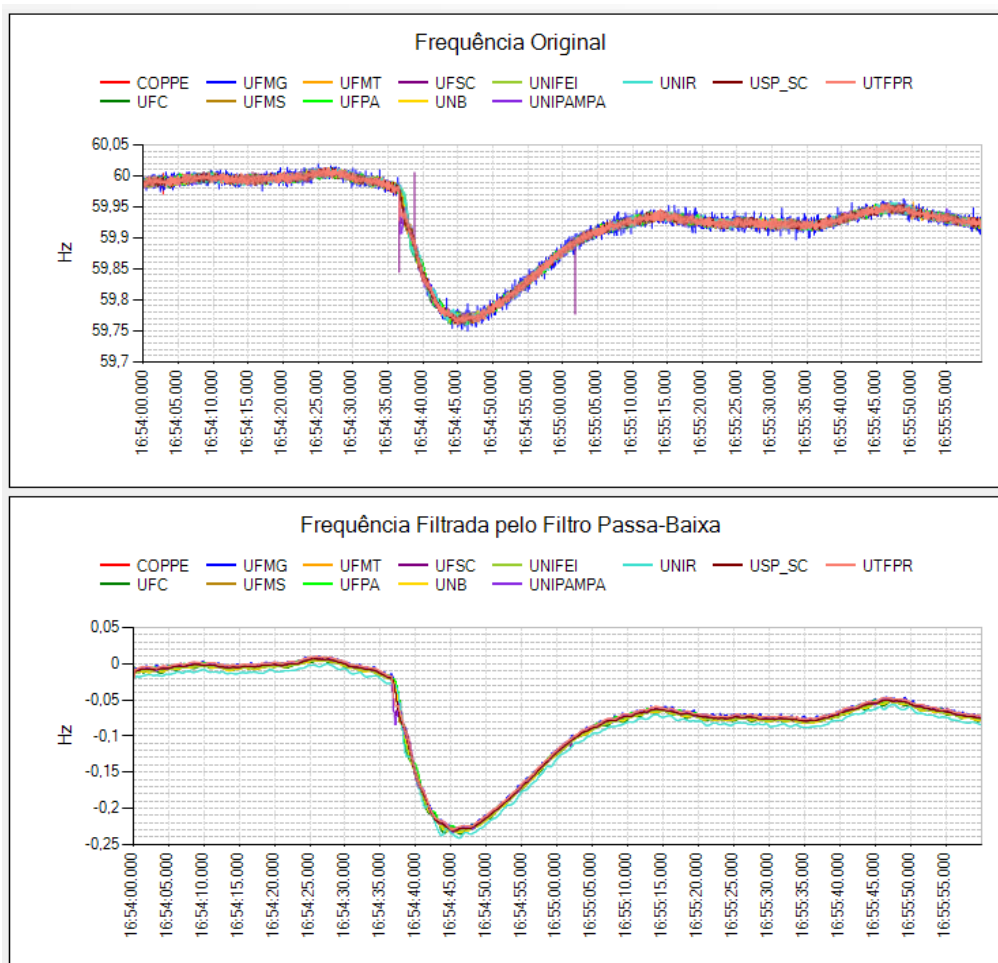


Figura 24 – Frequência Original e Frequência Filtrada pelo Filtro Passa-Baixa.

4.4.1.2. Filtro Passa Faixa

Esta metodologia visa atenuar não somente os ruídos como também a tendência existente no sinal de frequência. Para isso o sinal de frequência passa por dois filtros de média móvel. Um para atenuar ruídos (20 amostras) e outro para identificar a tendência da frequência (300 amostras), permitindo sua subtração do sinal filtrado. A metodologia é ilustrada na Figura 25 e o sinal resultante na Figura 26.

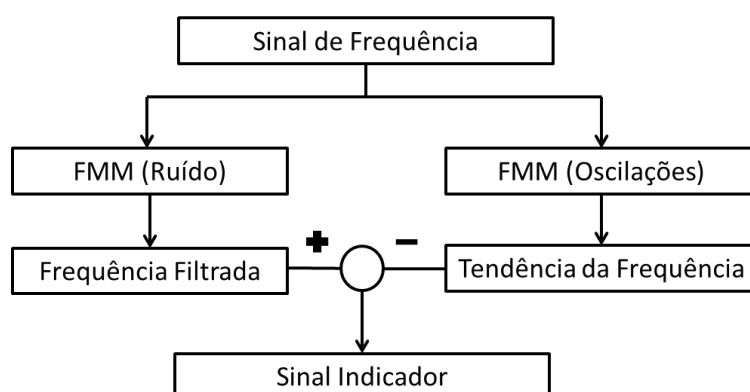


Figura 25 – Metodologia de Filtro de Passa-Faixa

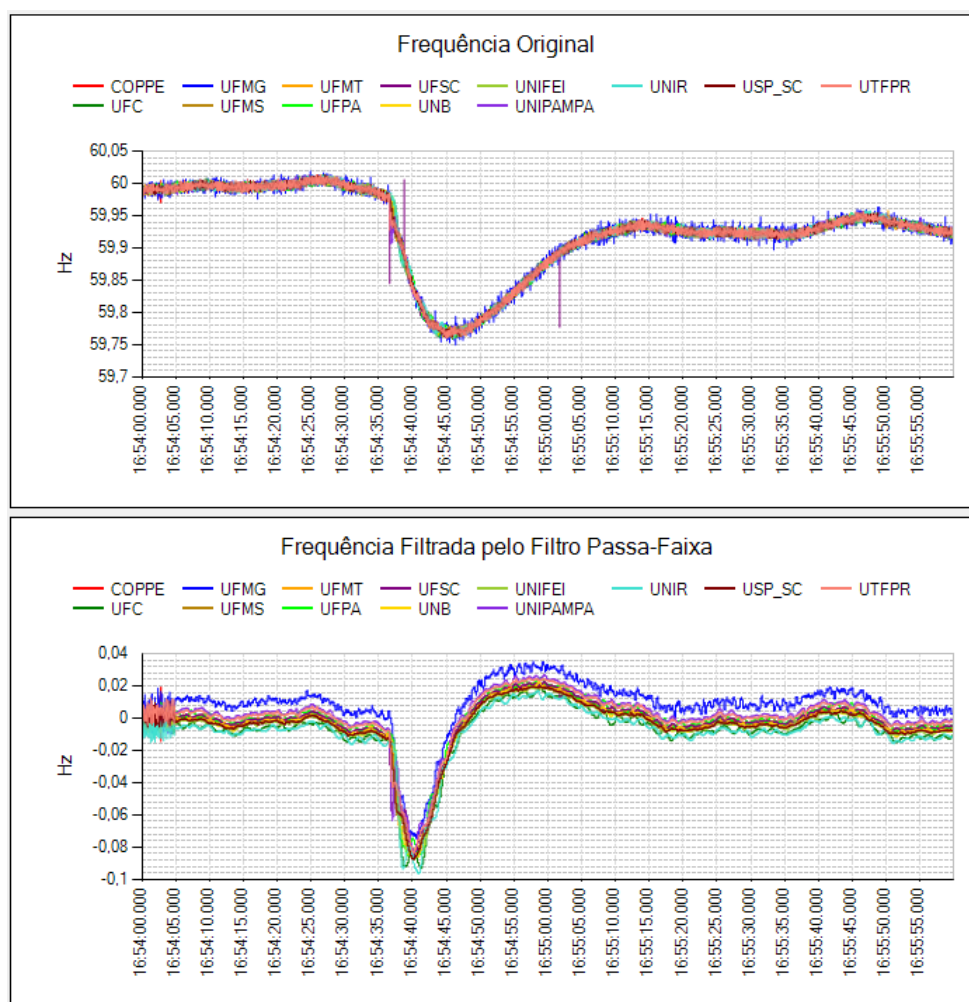


Figura 26 – Frequência e Frequência Filtrada pelo Filtro Passa-Faixa.

4.4.1.3. Filtro + Taxa de Variação

Esta metodologia aplica um filtro passa baixa no sinal de frequência e obtém a taxa de variação pela aplicação direta da diferença existente entre as amostras do início

e do final de um intervalo definido, que é pré-ajustado em 60 amostras, ou seja, 1 segundo. O sinal resultante é ilustrado na Figura 27.

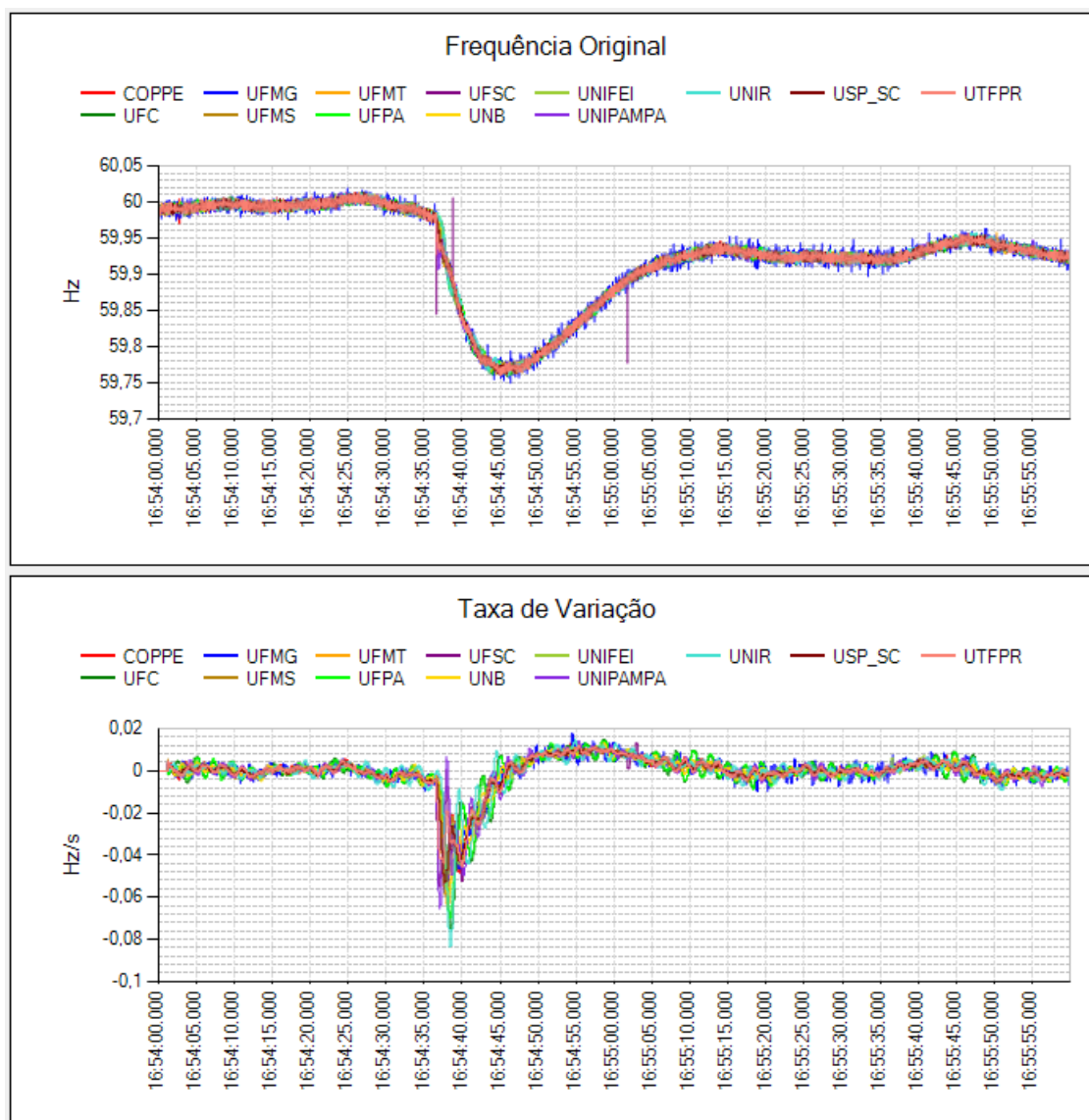


Figura 27 – Frequência e Taxa de Variação

4.4.1.4. Filtro de Kalman

Esta metodologia utiliza o filtro de Kalman para estimar a aceleração angular associada ao sinal de frequência que, por sua vez, pode ser caracterizado como uma velocidade angular ($\omega=2\pi f$).

Na ausência de eventos a velocidade angular é constante e possui aceleração angular igual a zero. Na ocorrência de um evento ocorrem alterações na frequência, que são refletidas significativamente na aceleração angular. Os parâmetros de ajuste do Filtro de Kalman são:

Desvio padrão da medida: é uma medida de dispersão da medida em relação ao seu valor real. Quanto menor for, maior a confiança na medida. Este parâmetro está pré-ajustado em 0,005.

Característica dinâmica do evento: é um parâmetro que caracteriza os eventos de interesse, ou seja, a banda passante do filtro. Quanto menor for o seu ajuste, maior a atenuação de saltos na frequência. Este parâmetro está pré-ajustado em 0,01.

Limite de aceleração angular: é um parâmetro relacionado a dinâmica da aceleração angular. Quanto menor o seu ajuste mais lenta é a resposta dinâmica da aceleração angular estimada. Este parâmetro está pré-ajustado em 1.

A Figura 28 ilustra o sinal resultante da aplicação do filtro de Kalman.

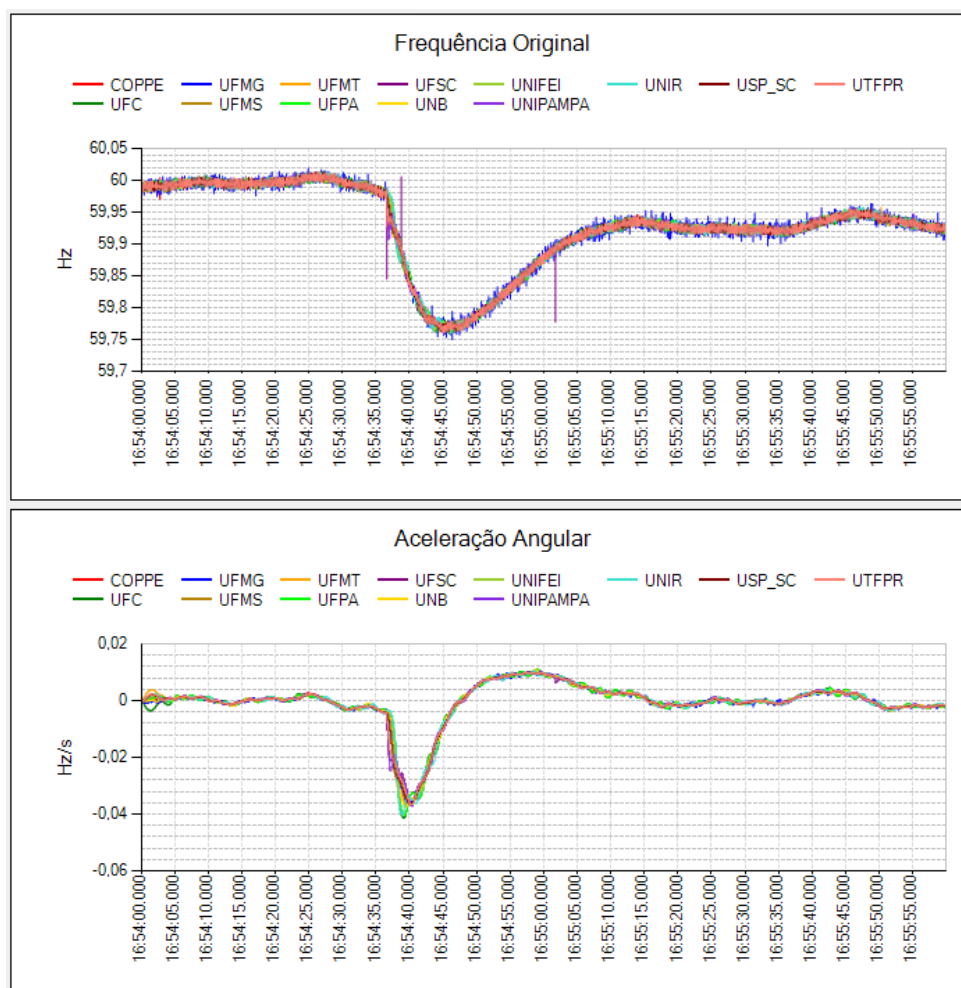


Figura 28 – Frequência e Aceleração Angular estimada pelo filtro de Kalman

4.4.2. Algoritmo de Identificação

O algoritmo de identificação realiza a detecção e caracterização dos eventos. Para isso são utilizados os seguintes parâmetros:

Limiar de detecção de eventos: é um limite cuja transgressão caracteriza a presença de evento. Cada uma das metodologias de pré-processamento possui um limiar de detecção específico, que podem ser alterados pelo usuário. Os valores pré-ajustados são:

Metodologia de Pré-processamento	Limiar de detecção de eventos
Filtro Passa-Baixa	0,05
Filtro Passa-Faixa	0,02
Filtro + Taxa de Variação	0,02
Filtro de Kalman	0,006

Máxima duração de eventos do tipo salto (ms): delimita o tempo máximo que o sinal pode ficar acima do limiar de modo que seja considerado um evento do tipo salto, caso ele permaneça um tempo maior, o mesmo é considerado um desvio de frequência. Este parâmetro está pré-ajustado em 300ms.

Mínimo tempo de permanência abaixo do limite para indicação do fim do evento (ms): caso o evento seja classificado como desvio de frequência, o mesmo deve permanecer abaixo do limiar estabelecido durante este período. Este parâmetro evita a detecção de eventos que possuem características oscilatórias. O mesmo está pré-ajustado em 500ms.

Máximo tempo entre terminais para indicar mesmo evento do tipo salto (ms): Este parâmetro permite que eventos do tipo salto, presente em sinais de diversas PMUs, sejam associados ao mesmo evento. O mesmo está pré-ajustado em 300ms.

Máximo tempo entre terminais para indicar mesmo evento do tipo desvio de frequência (ms): Este parâmetro permite que eventos do tipo desvio de frequência, presente em sinais de diversas PMUs, sejam associados ao mesmo evento. O valor deste parâmetro está pré-ajustado em 2000ms.

Os parâmetros podem ser ajustados conforme ilustrado na Figura 29.

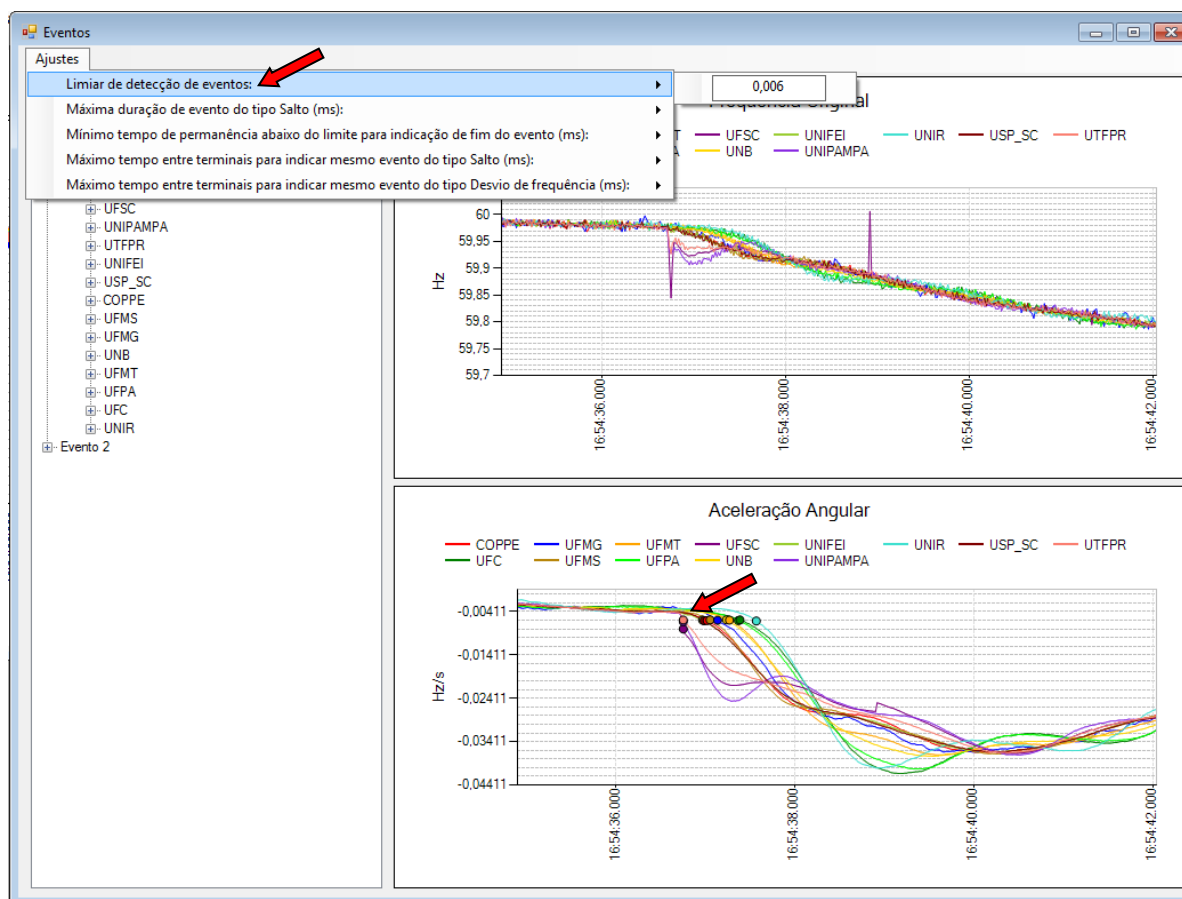


Figura 29 – Exemplo de alteração de parâmetros do algoritmo de identificação.

Ao final desta etapa é preenchida uma lista com todos os eventos detectados (ordenados temporalmente), bem como suas características (tipo, instante de detecção, número de terminais sensibilizados e sequência temporal). Ao selecionar um evento da lista são sinalizados os instantes de sensibilização dos terminais no gráfico do sinal indicador, como indicado na Figura 29.

Observação: o parâmetro “Limiar de detecção de eventos” deve ser ajustado de modo a preservar a capacidade de detecção da propagação do evento.

4.4.3. Localização de Eventos

Depois de identificados os eventos, se existirem eventos cujo impacto tenha sensibilizado mais de três terminais, e que tenham sido caracterizados como desvio de frequência, é habilitada a estimação da localização de eventos. Esta é obtida por meio da solução de um problema de triangularização.

A localização de eventos é realizada clicando no evento de interesse (de modo que fique selecionado) e, em sequência, no botão “Localizar” de acordo com a Figura 30.

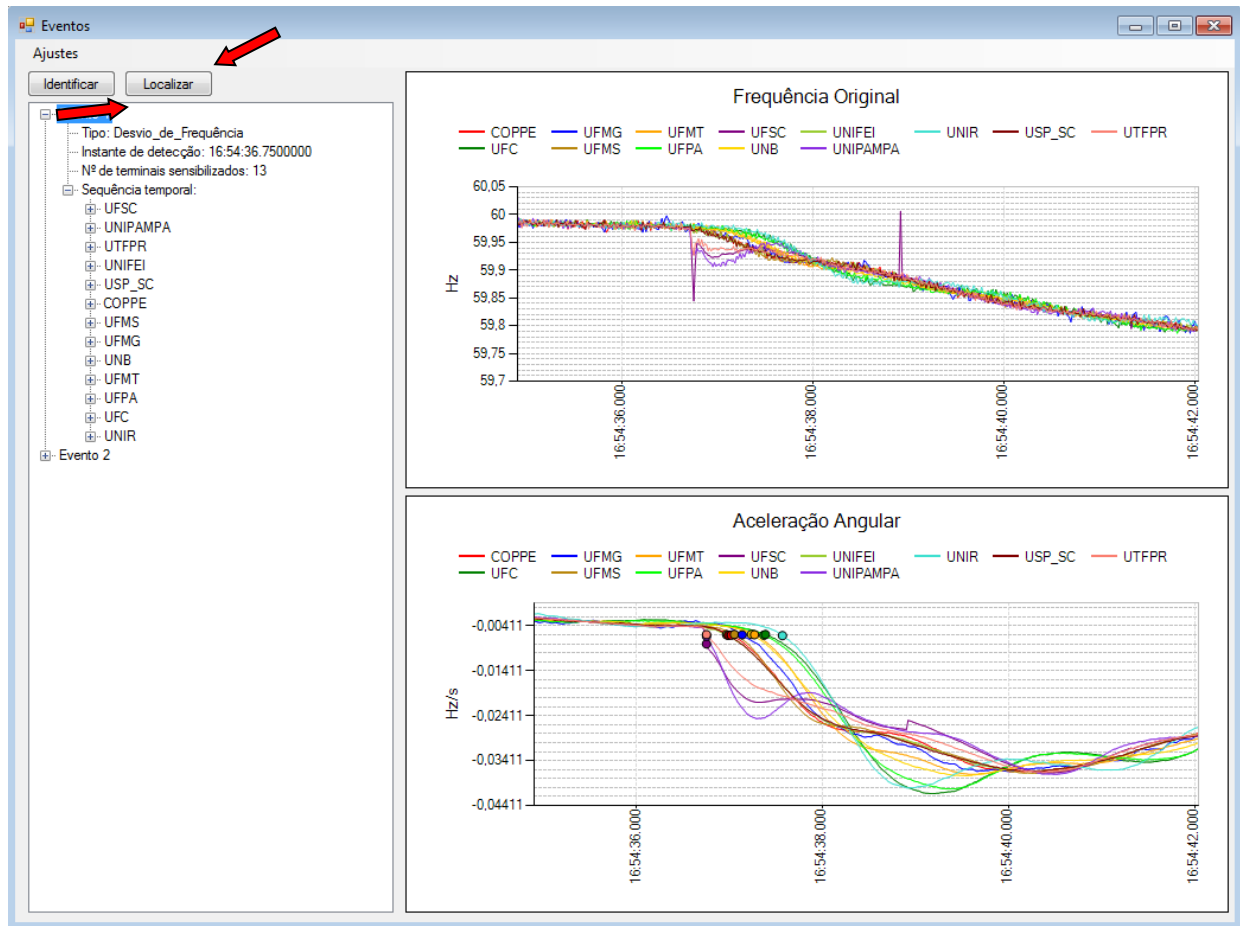


Figura 30 – Exemplo de utilização da metodologia de localização de eventos.

O resultado da metodologia de localização é apresentado em um mapa que indica a localização das PMUs e do epicentro estimado do evento. O usuário pode verificar as coordenadas do evento clicando sobre o ponto onde foi indicado o epicentro do evento, como ilustrado na Figura 31.

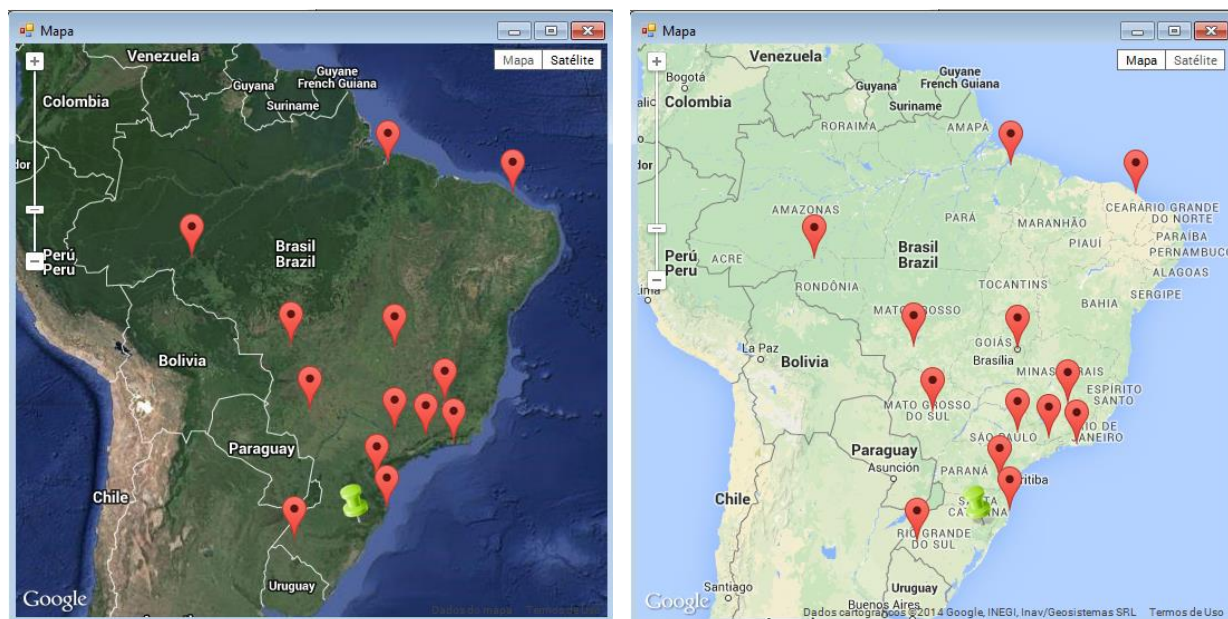


Figura 31 – Exemplo de mapas com a localização das PMUs (balões vermelhos) e com o resultado da localização do evento (pino verde) (mapa da esquerda com visualização tipo satélite e mapa da direita com visualização tipo mapa).

Observação: a metodologia de localização de eventos é dependente da localização das PMUs utilizadas na análise, seu desempenho depende da quantidade de PMUs e da abrangência que o sistema de medição sincronizada de fasores tem do sistema elétrico. Pode-se dizer que, para obter um bom desempenho, as PMUs devem “abraçar” o evento, ou seja circundar a área do evento.

4.5. Módulo de Exportação de Dados

O MedPlot Histórico permite a exportação dos dados das buscas realizadas para os formatos CSV e IEEE COMTRADE, possibilitando a visualização e manipulação dos dados em outros aplicativos.

4.5.1. Exportação para CSV

O MedPlot Histórico armazena os dados das consultas em arquivos ASCII, com extensão “.txt”. As colunas de dados que compõem os arquivos são separadas por espaços, para propiciar maior organização estética dos dados. No entanto, os arquivos podem facilmente ser convertidos para o formato CSV com um editor adequado. Para visualizar o diretório com os arquivos de dados das buscas realizadas, basta selecionar

a busca desejada e em seguida clicar no botão “Arquivos de Dados”, conforme indicado na Figura 32:

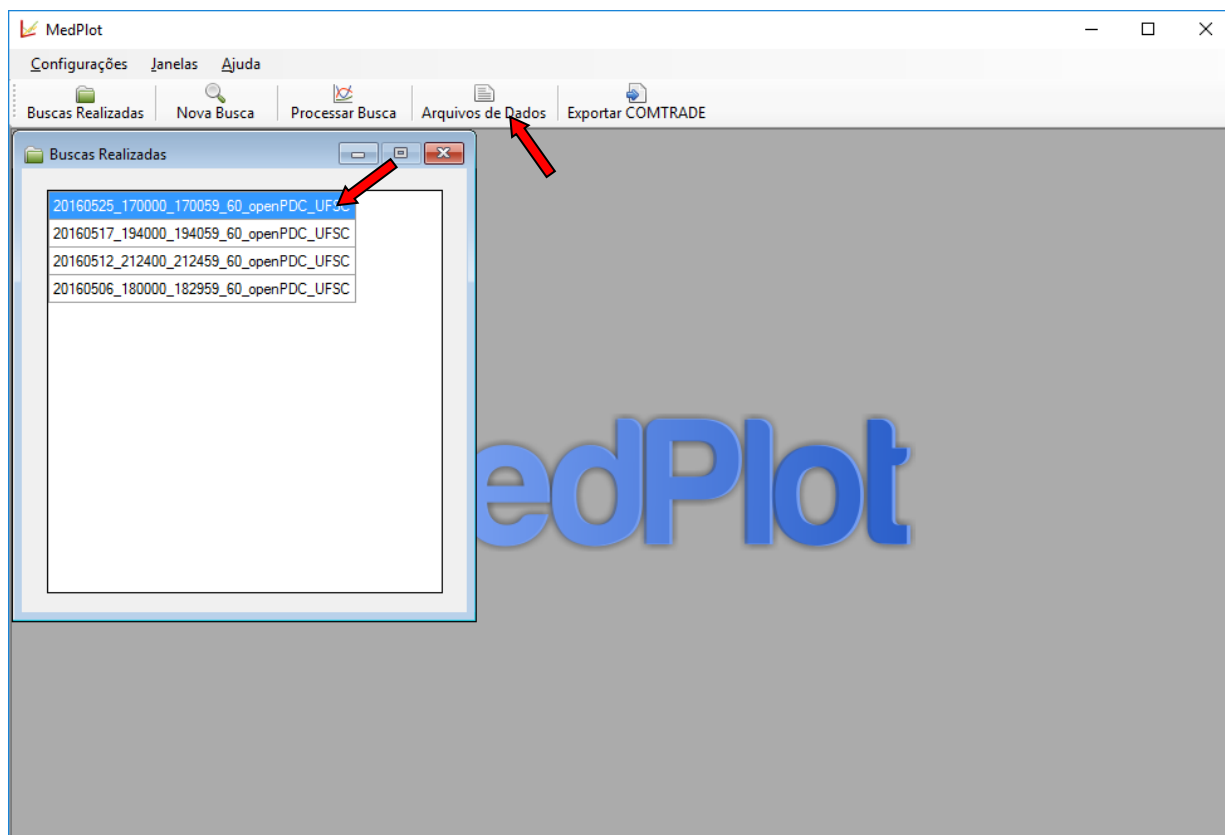


Figura 32 - Exemplo de como visualizar arquivos no formato “.txt”.

4.5.2. Exportação COMTRADE

O programa também permite a exportação dos dados para o formato IEEE COMTRADE, versão 1999. Para isto, basta selecionar a consulta desejada, e clicar no botão “Exportar COMTRADE”, indicado na Figura 33. Neste momento uma janela se abrirá, mostrando o progresso da conversão, e ao final do processamento será apresentada, no Windows Explorer, a pasta contendo os arquivos convertidos.

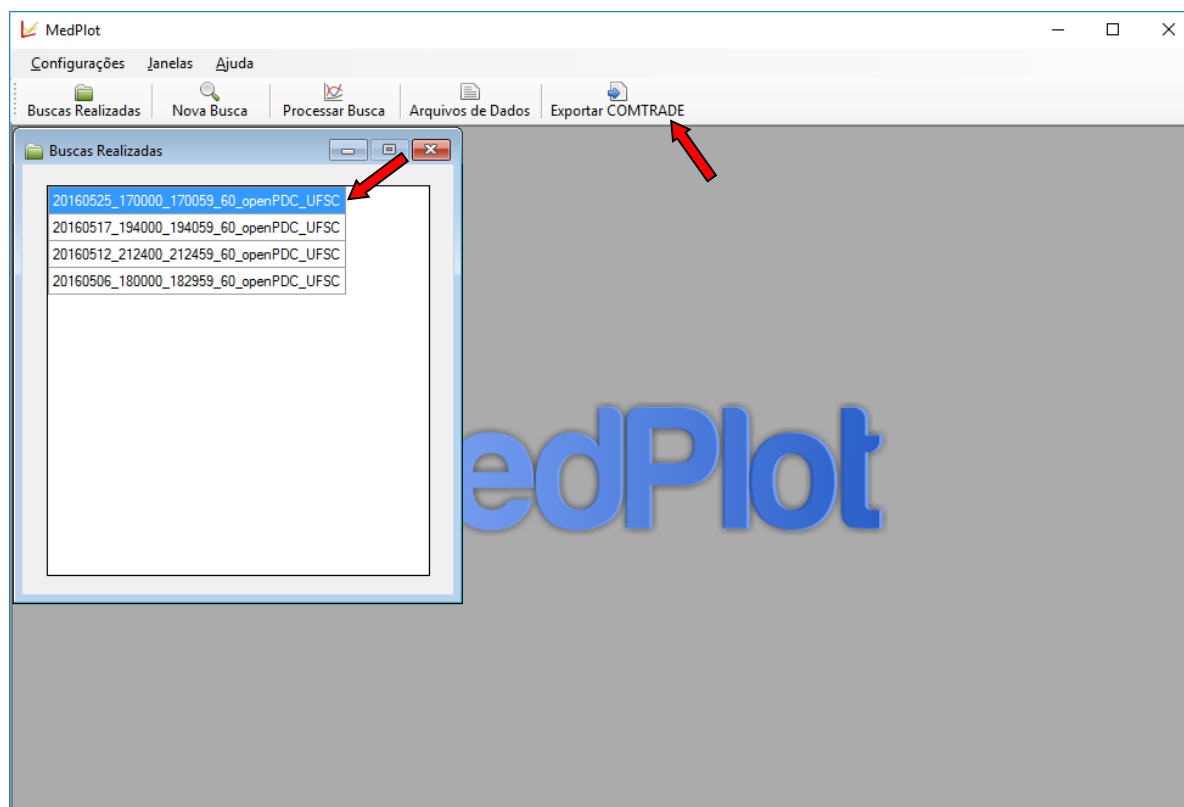


Figura 33 - Exemplo de como exportar arquivos em COMTRADE.

5. ARQUIVOS DE DADOS

Os dados das buscas são armazenados localmente, no diretório “Dados”, no local de instalação do programa. O programa cria automaticamente um novo subdiretório para cada busca, identificando-o com o período a que se refere e a taxa de amostragem utilizada na busca. Os nomes dos subdiretórios de cada busca seguem o formato:

aaaammdd_h1m1s1_h2m2s2_tt

onde:

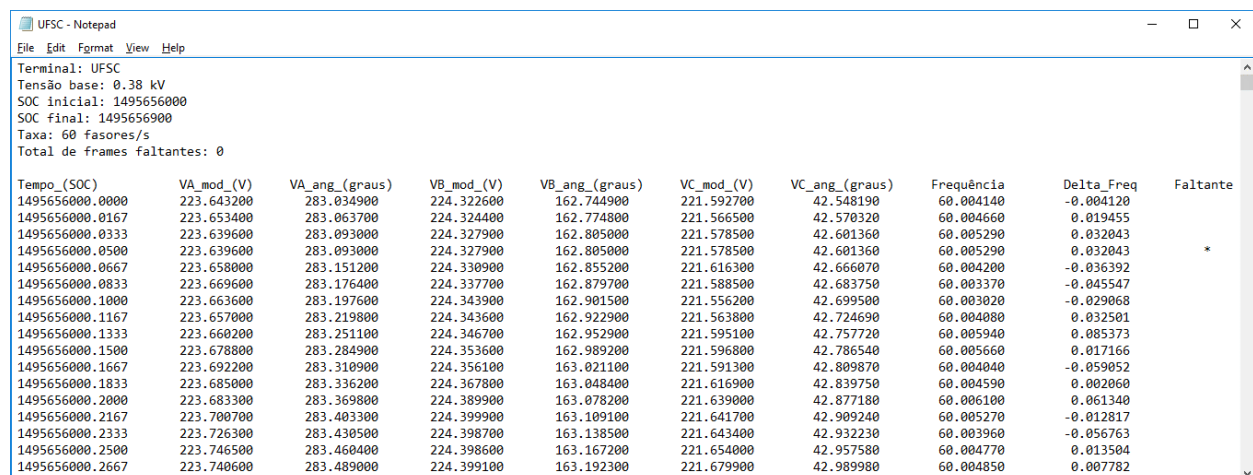
aaaammdd → ano/mês/dia do período de busca

h1m1s1 → hora, minuto e segundo do início do período de busca

h2m2s2 → hora, minuto e segundo do final do período de busca

tt → taxa de amostragem da busca

Dentro de cada subdiretório são criados arquivos de dados individuais para cada terminal. Os arquivos possuem o nome de identificação do terminal (campo *idName* no arquivo de configuração), com a extensão “.TXT”. O formato dos arquivos de dados é mostrado na Figura 34:



```

UFSC - Notepad
File Edit Format View Help
Terminal: UFSC
Tensão base: 0.38 kV
SOC inicial: 1495656000
SOC final: 1495656900
Taxa: 60 fasores/s
Total de frames faltantes: 0

Tempo_(SOC)    VA_mod_(V)    VA_ang_(graus)    VB_mod_(V)    VB_ang_(graus)    VC_mod_(V)    VC_ang_(graus)    Freqüência    Delta_Freq    Faltante
1495656000.0000  223.643200    283.034900        224.322600    162.744900        221.592700    42.548190        60.004140    -0.004120
1495656000.0167  223.653400    283.063700        224.324400    162.774800        221.566500    42.570320        60.004660    0.019455
1495656000.0333  223.639600    283.093000        224.327900    162.805000        221.578500    42.601360        60.005290    0.032043
1495656000.0500  223.639600    283.093000        224.327900    162.805000        221.578500    42.601360        60.005290    0.032043
1495656000.0667  223.658000    283.151200        224.330900    162.855200        221.616300    42.666070        60.004200    -0.036392
1495656000.0833  223.669600    283.176400        224.337700    162.879700        221.588500    42.683750        60.003370    -0.045547
1495656000.1000  223.663600    283.197600        224.343900    162.901500        221.556200    42.699500        60.003020    -0.029068
1495656000.1167  223.657000    283.211800        224.343600    162.922900        221.563800    42.724690        60.004080    0.032501
1495656000.1333  223.660200    283.251100        224.346700    162.952900        221.595100    42.757720        60.005940    0.085373
1495656000.1500  223.678800    283.284900        224.353600    162.989200        221.596800    42.786540        60.005660    0.017166
1495656000.1667  223.692200    283.310900        224.356100    163.021100        221.591300    42.809870        60.004040    -0.059052
1495656000.1833  223.685000    283.336200        224.367800    163.048400        221.616900    42.839750        60.004590    0.002060
1495656000.2000  223.683300    283.369800        224.389900    163.078200        221.639000    42.877180        60.006100    0.061340
1495656000.2167  223.700700    283.403300        224.399900    163.109100        221.641700    42.909240        60.005270    -0.012817
1495656000.2333  223.726300    283.430500        224.398700    163.138500        221.643400    42.932230        60.003960    -0.056763
1495656000.2500  223.746500    283.460400        224.398600    163.167200        221.654000    42.957580        60.004770    0.013504
1495656000.2667  223.740600    283.489000        224.399100    163.192300        221.679900    42.989980        60.004850    0.007782

```

Figura 34 – Formato do Arquivo de Dados.

Existe um cabeçalho inicial com algumas informações gerais a respeito do arquivo de dados, como nome do terminal, tensão base, etiquetas de tempo inicial e final etc. Após isso estão as colunas com os dados para o período solicitado na busca. As colunas de dados estão dispostas na seguinte ordem: etiqueta de tempo (valor SOC do horário UTC correspondente), módulos e ângulos das grandezas fasoriais do terminal

(tensões e correntes), frequência, variação de frequência e por fim, uma coluna que serve como indicativo de dado faltante.

A coluna “Faltante”, apresenta o sinal “*” como indicativo de dado faltante. Neste caso, o programa repete os fasores válidos mais recentes, até o próximo valor existente na base de dados. Desta forma, os períodos de perda de dados podem ser identificados nos gráficos como linhas horizontais.

Os arquivos de dados gerados pelo programa contêm sempre o número total de linhas relativas à relação período de busca (em segundos) x taxa de amostragem. Por exemplo, em uma busca de 15 minutos (900s) a uma taxa de 60 fasores/s com medição apenas de três tensões, frequência e variação de frequência, cada arquivo de dados de terminal conterà o cabeçalho (8 linhas iniciais), mais 54.000 linhas relativas aos dados em cada instante de tempo. Considerando-se que cada linha de dados dos arquivos possui 153 caracteres, cada arquivo de dados desta busca (um arquivo por terminal) terá um tamanho de armazenamento em disco de, aproximadamente:

$$153 \text{ bytes} \times 15 \text{ minutos} \times 60 \text{ segundos} \times 60 \text{ fasores/s} + 296 \text{ bytes} \approx 8,262 \text{ MB}$$

sendo 296 bytes o tamanho médio do cabeçalho dos arquivos. Observe-se que 1 kB de armazenamento em disco equivale a 1.024 bytes, sendo que 1 MB equivale a $1.024^2 = 1.048.576$ bytes.

Os arquivos de dados, armazenados em formato ASCII, apresentam alta taxa de compressibilidade, podendo-se utilizar programas compactadores comuns para o armazenamento permanente dos subdiretórios de buscas realizadas.

A partir do botão “Arquivos de Dados”, no menu superior da janela principal do programa (Figura 1), pode-se acessar diretamente os respectivos arquivos de dados de uma busca realizada. O armazenamento em formato ASCII é de fácil utilização em outros programas de análise de dados, tais como planilhas Excel, por exemplo.

6. ANEXO 1 – SMSF MEDFASEE BT

Atualmente (maio/2017), o SMSF MedFasee BT conta com 25 PMUs, instaladas em universidades brasileiras, cobrindo as cinco regiões geográficas do país. São elas:

- COPPE/UFRJ: Rio de Janeiro, RJ
- UFAC: Rio Branco, AC
- UFAM: Manaus, AM
- UFBA: Salvador, BA
- UFC: Fortaleza, CE
- UFES: Vitória, ES
- UFJF: Juiz de Fora, MG
- UFMA: São Luís, MA
- UFMG: Belo Horizonte, MG
- UFMS: Campo Grande, MS
- UFMT: Cuiabá, MT
- UFPA: Belém, PA
- UFPE: Recife, PE
- UFRGS: Porto Alegre, RS
- UFRR: Boa Vista, RR
- UFSC: Florianópolis, SC
- UFT: Palmas, TO
- UnB: Brasília, DF
- UNICAMP: Campinas, SP
- UNIFAP: Macapá, AP
- UNIFEI: Itajubá, MG
- UNIPAMPA: Alegrete, RS
- UNIR: Porto Velho, RO
- USP-SC: São Carlos, SP
- UTFPR: Curitiba, PR

Os pontos de medição do SMSF MedFasee BT são mostrados na Figura 35 (com exceção de UFES, UFRR e UNICAMP). São registrados os fasores trifásicos de tensão da rede de distribuição (baixa tensão).

Em cada ponto de medição estão instalados uma PMU (baseada no registrador de perturbações Reason RVP-304 ou RVP-311), um relógio GPS (modelo Reason RT420 ou RT430), um firewall (modelo D-Link DFL-210 ou DFL-260) e um nobreak (modelo APC BE600). Os equipamentos estão agrupados em um rack 19". Os equipamentos são mostrados na Figura 36.

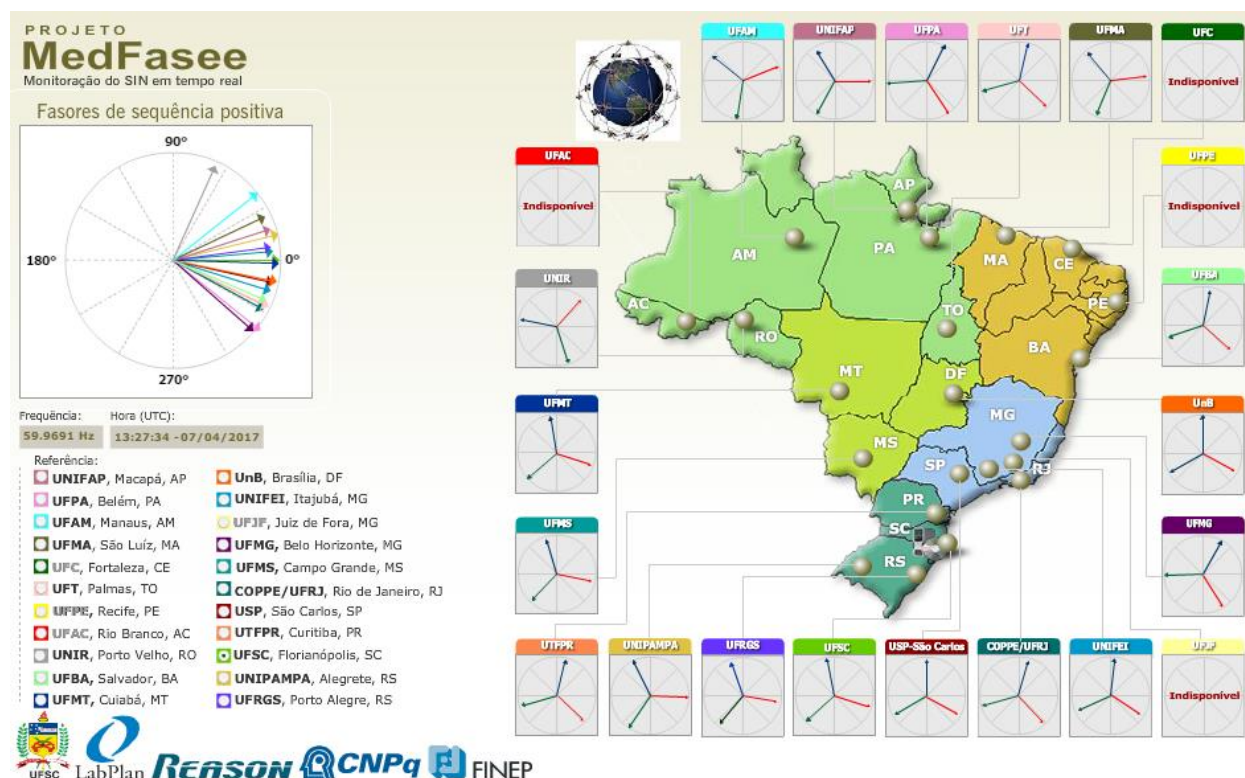


Figura 35 – SMSF MedFasee BT.



Figura 36 – Equipamentos Instalados na UFMS, Campo Grande, MS.

7. ANEXO 2 – ATUALIZAÇÕES RECENTES

- Inclusão da funcionalidade de cursores verticais nos gráficos no tempo de grandezas fasoriais e nos gráficos resultantes da aplicação do Método de Prony.
- Implementação de busca de valores de frequência e variação e frequência em bases de dados do tipo PDC MedFasee (armazenamento em bancos MySQL).
- Processamento de valores de variação de frequência em arquivos de dados e disponibilização dos valores para a geração de gráficos.
- Atualização da estrutura de arquivos de configuração de bases de dados. Em versões anteriores (até a versão 7.3), para cada base de dados existiam três arquivos de configuração: “conexão.cfg”, “terminais.cfg” e “local.cfg”. Nesta versão os arquivos foram unificados em um arquivo por base de dados escrito em XML (ver seção 3.1). Os novos formatos de arquivo possuem campos que permitem a organização dos terminais de medição em quatro níveis: área/região, unidade (estado/província), estação e nível de tensão.
- Implementação de interface gráfica nas janelas de buscas de dados e geração de gráficos de forma a facilitar a escolha dos terminais a partir dos diferentes níveis de organização descritos no item anterior.
- Atualização da interface gráfica de edição de bases de dados considerando a nova estrutura dos arquivos de configuração escritos em linguagem XML.

8. INFORMAÇÕES DE CONTATO

MedPlot Histórico

Desenvolvedores:

Rodrigo Vaz Pina Cabral Silva

Marcelo Neujahr Agostini

Pedro César Cordeiro Vieira

Rodolfo Bialecki Leandro

Valmor Zimmer

Contato:

rodrigo.vaz96@gmail.com

mnagostini@gmail.com

Projeto MedFasee

Coordenador do Projeto: Prof. Ildemar Cassana Decker

Contato: ildemar.decker@gmail.com

<http://www.medfasee.ufsc.br>