



**XXI SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO - V

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

**UMA PLATAFORMA PARA O ENSINO, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
DE RELÉS DIGITAIS DE PROTEÇÃO**

Clever Pereira(*)
Ricardo Y. Hashiguchi
Tiago S. de Sousa Lima
Ariny H. G. Cerqueira
Edsmar F. Roque

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

Júlio César Marques de Lima
Alexandre Sales Brás
Izonel Henriques Pereira Jr.
CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

RESUMO

Este informe técnico descreve as novas funcionalidades da versão atual do software DIGIPROT, desenvolvido no PROTLAB - Laboratório de Proteção Elétrica da UFMG. Inicialmente são destacadas as formas de como utilizar esta plataforma em processos relacionados a ensino, pesquisa e desenvolvimento da proteção digital, nas universidades e concessionárias de energia elétrica. São então apresentadas as principais interfaces e funcionalidades, destacando as novas funcionalidades associadas aos algoritmos e gráficos que executam e apresentam efetivamente ao usuário as tarefas de um software de um relé de proteção digital real, assim como a forma que estes relés "enxergam" um determinado distúrbio.

PALAVRAS-CHAVE

Simulação de Relés Digitais, Algoritmos de Relés Digitais, Análise de Perturbações, Proteção Digital.

1.0 - INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve as novas funcionalidades da versão atual do programa DIGIPROT, desenvolvido no âmbito do PROTLAB - Laboratório de Proteção Elétrica da UFMG, bem como mostra formas de utilização deste programa para ensino, pesquisa e desenvolvimento de relés de proteção digital.

Desenvolvido em linguagem Matlab, o programa lê dados no formato da norma COMTRADE, seja no formato ASCII ou binário, facilitando a utilização de dados reais, provenientes de registradores digitais de perturbação (RDPs) ou mesmo de relés de proteção comerciais que disponham de função de oscilografia. Uma vez lido os dados de um evento, o usuário pode escolher o tipo, a ordem, a frequência de corte e a frequência de amostragem do filtro anti-aliasing que executa uma das tarefas associadas ao pré-processamento dos dados de entrada, preparando-os para serem processados e utilizados para tarefas da proteção. Na etapa de estimação dos parâmetros relacionados à proteção, o usuário pode escolher se quer trabalhar com algoritmos que se baseiam na estimação dos fasores tensão e corrente do sistema elétrico ou na estimação direta de parâmetros ligados ao modelo adotado para o sistema elétrico protegido. Atualmente a nova versão do programa conta com mais de trinta algoritmos implementados e testados. Assim, o usuário pode escolher os algoritmos de Mann&Morrison ou do Prodar70 que estão entre os primeiros algoritmos propostos pela comunidade científica na década de 70. Pode optar ainda pelos filtros de Fourier não recursivos ou recursivos, de um ciclo, de meio ciclo, do tipo seno, do tipo cosseno ou combinação destes. Também estão disponíveis os algoritmos baseados no método dos Mínimos

(*) PROTLab/LRC – Depto. Eng. Elétrica/UFMG – Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha
CEP 31270-901 – Belo Horizonte - MG - BRASIL
Tel.: (31) 3409-5473 - Fax: (31) 3409-4810 - e-mail: clever@ufmg.br

Quadrados, como o algoritmo clássico de Sachdev&Baribeau e diversas variações do mesmo (1), podendo ser ordinários ou ponderados. Finalmente, o usuário pode ainda escolher os algoritmos baseados nos modelos do sistema, tais como o algoritmo baseado no modelo RL série de linha de transmissão, o algoritmo baseado no modelo PI de linha de transmissão e ainda algoritmos sobredeterminados. Após a escolha do tipo de algoritmo, o usuário escolhe a característica de operação das unidades (ou loops) de falta do relé, podendo optar pelas clássicas, do tipo impedância, reatância ou mho, bem como pelas unidades do tipo mho deslocada ou polarizada por memória e/ou por tensão em quadratura, podendo inclusive definir pesos para cada parcela das tensões de polarização (2). Por último pode definir lógicas simples de operação para montar um relé básico de proteção de linha de transmissão. Todo o evento é mostrado na forma de gráficos temporais ou no plano das impedâncias vistas pelas unidades ou loops de proteção do relé. A versão atual do programa DIGIPROT possui funções de mídia que promovem animação na plotagem da impedância vista por um relé, podendo o operador pausar, acelerar para frente, para trás, ou mesmo exibir passo a passo, promovendo uma melhor compreensão da operação do relé durante o evento, principalmente para faltas próximas das unidades de falta que possuem características de operação variáveis, muito comuns nos dias de hoje em relés comerciais. Ao final do evento o usuário dispõe de um relatório mostrando o tipo de falta, as unidades que operaram e os instantes de operação de cada uma delas. O programa atualmente já pode ser executado em computador sem a necessidade de se ter o software Matlab instalado, o que facilita sua utilização pela comunidade científica e técnica.

1.1 Uso do Programa DIGIPROT para Ensino, Pesquisa e Desenvolvimento da Proteção Digital

O ensino da Proteção de Sistemas Elétricos de Potência nas universidades brasileiras passou por mudanças radicais nos últimos quinze anos. A introdução da tecnologia digital na vida do cidadão comum e em especial a utilização desta tecnologia nos relés de proteção forçaram uma mudança na forma de se ensinar proteção, uma vez que não é mais aconselhável que sejam ministradas aulas fazendo uso de antigos esquemas de proteção e muito menos que se detenha pormenorizadamente na descrição e no estudo do funcionamento dos antigos relés eletromecânicos e estáticos (eletrônicos), sob pena de desmotivar os alunos de uma forma geral.

Com isto em mente, no final da década de 90, foi dado início a um projeto de desenvolvimento de um programa computacional que visava propiciar aos alunos de graduação e pós-graduação uma plataforma para que os mesmos pudessem, dentro de certos parâmetros e limites, montar seus próprios relés de proteção utilizando funções normalmente descritas, muitas vezes superficialmente, pelos fabricantes de relés digitais de proteção comerciais. Este programa recebeu o nome de DIGIPROT e sua versão inicial foi apresentada à comunidade de engenheiros brasileiros em alguns trabalhos técnicos da época (3). Nas suas primeiras versões, o programa, implementado em linguagem Matlab, possuía interfaces simples e podia ser executado apenas em computadores que tivessem o software Matlab instalado. Isto representava uma grande restrição ao seu uso fora da universidade, pois a maioria das companhias concessionárias não dispunha de licenças para a utilização do Matlab, tanto devido ao alto preço do mesmo, mas principalmente devido à falta de costume de se utilizar este software pelos engenheiros da época. No entanto, o programa DIGIPROT representava um avanço no ensino de proteção, uma vez que já permitia, com alguma limitação, que os alunos pudessem montar seus próprios relés de proteção de linhas de transmissão e verificar o funcionamento dos mesmos frente a casos de curtos-circuitos em sistemas de potência. Isto propiciava aos alunos acompanhar a operação dos relés criados e introduzia nos mesmos senso de crítica com relação às principais funções de proteção. Com o passar dos anos e a formação de novos engenheiros de proteção e a contratação dos mesmos pelas companhias concessionárias, diversas delas adquiriram licenças do Matlab, facilitando o uso do programa DIGIPROT ou mesmo a criação de novos programas.

Após algum tempo de uso, notou-se logo que o programa DIGIPROT podia ir além de simplesmente propiciar aos alunos de graduação e pós-graduação um ambiente para o aprendizado da proteção de linhas de transmissão. Ele também permitia aos mesmos criarem seus próprios relés, bem como verificar e comparar o comportamento de novos algoritmos e métodos, criando um ambiente propício para a pesquisa e desenvolvimento. Mais recentemente, surgiu a idéia de se utilizar o programa em atividades de análise de eventos, uma vez que as facilidades gráficas desenvolvidas para o mesmo permitia ao analista o acompanhamento completo do evento analisado na forma de gráficos (temporais e no plano das impedâncias vistas pelo relé), bem como na forma de relatórios descritivos da operação dos relés submetidos ao evento. Atualmente este programa age como base para vários projetos de pesquisa entre a UFMG e a CEMIG, no âmbito do programa de P&D da ANEEL.

1.2 Uso do Programa DIGIPROT na Análise de Perturbações em Concessionárias de Energia Elétrica

Um dos maiores problemas que o analista de proteção depara durante a tarefa de análise de perturbações está relacionado ao fato de que, em um número muito grande de casos, os relés de proteção apresentam características de operação variáveis, funcionando durante as faltas com uma dinâmica muitas vezes não descrita nos manuais. Normalmente esta dinâmica é difícil de se quantificar para condições reais de operação, levando-se em conta parâmetros transversais das linhas de transmissão, carregamento pré-falta, resistência de falta, variações topológicas durante a falta e outras. Isto não só dificulta a determinação dos ajustes da proteção, mas também gera perplexidade na análise de seu desempenho frente a eventos complexos, conduzindo à solicitações de ensaios às equipes de manutenção, que freqüentemente têm como resultado a indicação "nada encontrado de anormal". Isto

mostra que, se for introduzido um processo que consiga reduzir estas solicitações de ensaio, este processo já será altamente atraente para a empresa, tanto do ponto de vista técnico quanto do financeiro.

Sabe-se que a atividade de análise de perturbações teve um significativo avanço na última década com o advento dos oscilógrafos digitais, chamados de registradores digitais de perturbações (RDPs), e sua possibilidade de ligação em rede, conduzindo suas informações de forma automática para servidores. Além disto, diversos relés digitais, disponíveis no mercado, já possuem também facilidades de registro digital e possibilidade de ligação em rede. A utilização adequada destas facilidades em centrais de análise pode tornar a empresa apta a extrair dos registros captados o maior número de informações sobre os eventos registrados. Na Cemig, tarefas de localização automática de faltas, obtenção de formas de ondas precisas, análise de conteúdo harmônico, decomposição em componentes simétricas e vinculação com outros eventos são exemplos de aplicativos que já foram adequadamente implementados na UAN (Unidade de Análise Numérica), parte integrante do sistema de rede de oscilografias denominado SAPNET, que disponibiliza em tempo quase que real informações sobre a operação da proteção frente a distúrbios no sistema elétrico.

O programa DIGIPROT está atualmente sendo utilizado como base para se agregar mais uma facilidade a UAN, ou seja, "a capacidade de se apresentar, através de diagramas polares dinâmicos, como os relés de proteção enxergam um determinado evento", de forma a facilitar ainda mais o trabalho do analista durante a análise de um distúrbio. Para isto, foram desenvolvidas novas funcionalidades para o programa DIGIPROT, de forma que o mesmo pudesse atender os anseios da empresa. Atualmente se encontra em fase adiantada a conversão do programa DIGIPROT para a linguagem C++, de forma que a empresa possua um aplicativo capaz de ser integrado à UAN. Isto demonstra a capacidade desta plataforma de ser utilizada em desenvolvimento aplicado diretamente nas concessionárias de energia.

Quando finalizado, este novo aplicativo será um ferramental inovador para análise de perturbações que disponibiliza as características de operação (variáveis e fixas) dos relés de proteção com duas ou mais grandezas de entrada, incluindo o comportamento dinâmico inerente às características variáveis. Este sistema se torna um diferencial significativo na atividade de análise de perturbações em relação ao que se executa atualmente. A grande maioria das atuações da proteção poderá ser "quantitativamente" classificada como correta, incorreta ou recusa, obtendo-se muito mais subsídios para se tomar providências corretivas no caso de atuações incorretas e recusas. No contato técnico com terceiros, agentes reguladores e operadores (ANEEL e ONS), a empresa poderá apresentar posições técnicas mais firmes e objetivas, dando margem a menos recomendações emanadas por estes organismos, além de diminuir as chances de multas e ressarcimentos que podem ser suscitados no caso de análises dúbias. Espera-se ainda que os engenheiros e analistas, usuários de um sistema com estas facilidades, aumentem seu grau de especialização, visto que serão forçados a conviver e explicar comportamentos dos relés que normalmente seriam deixados de lado nas análises de perturbações. Não só os produtos habituais da análise de perturbações poderão passar por um aperfeiçoamento, mas até as especificações das novas proteções a serem adquiridas poderão ser otimizadas à luz da experiência real e documentada das vantagens e desvantagens de cada produto que a empresa tem em serviço.

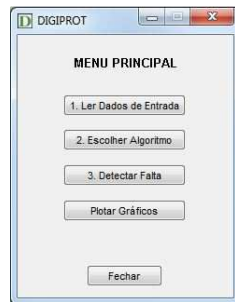
2.0 - INTERFACES E FUNCIONALIDADES DO PROGRAMA DIGIPROT

Neste texto serão mostradas apenas as principais interfaces e funcionalidades do programa DIGIPROT, em razão das limitações impostas ao número de páginas. Na sua abertura, o programa DIGIPROT apresenta uma janela com o menu principal do programa, mostrando as três tarefas básicas de execução de um relé de proteção, que devem ser processadas ordenadamente e um quarto botão que dá acesso às interfaces gráficas, como mostra a Figura 1(a). A escolha de cada uma das tarefas leva a um conjunto de realizações, descritas de forma sucinta a seguir.

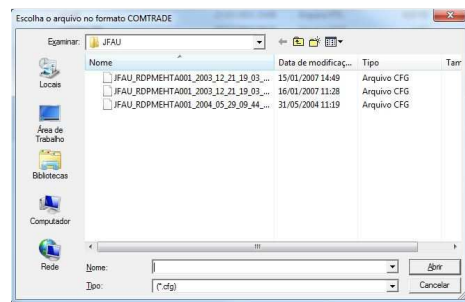
2.1 Leitura dos Dados de Entrada

Esta etapa corresponde à escolha de uma oscilografia da rede da empresa, gravada no formato COMTRADE. Primeiramente, abre-se uma janela para escolha do arquivo de configuração (arquivo .CFG) da Norma COMTRADE, como mostra a Figura 1(b).

Uma vez escolhida a oscilografia, abrem-se duas janelas, uma para seleção do vão desejado e outra para visualização das tensões e correntes do vão desejado. Através de uma análise rápida dos gráficos de cada vão de uma determinada subestação, o usuário seleciona o vão desejado que será analisado pelo programa. Estas janelas estão exemplificadas na Figura 2. A partir da escolha do vão, todos os parâmetros ou resultados provenientes da análise feita pelo programa serão efetuados sobre os dados relacionados a este vão.



(a)



(b)

FIGURA 1 – (a) Menu principal e (b) janela para escolha do arquivo COMTRADE a ser analisado.

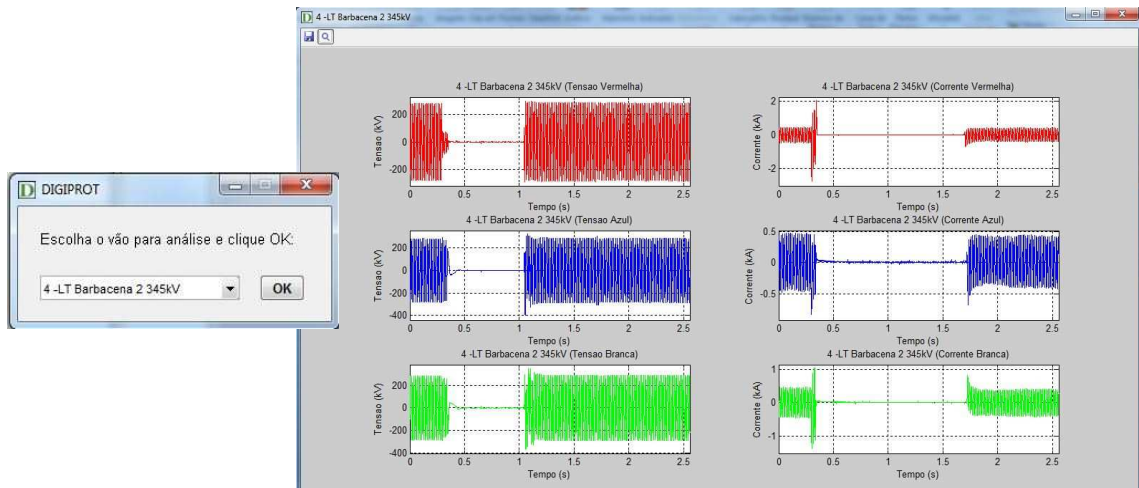
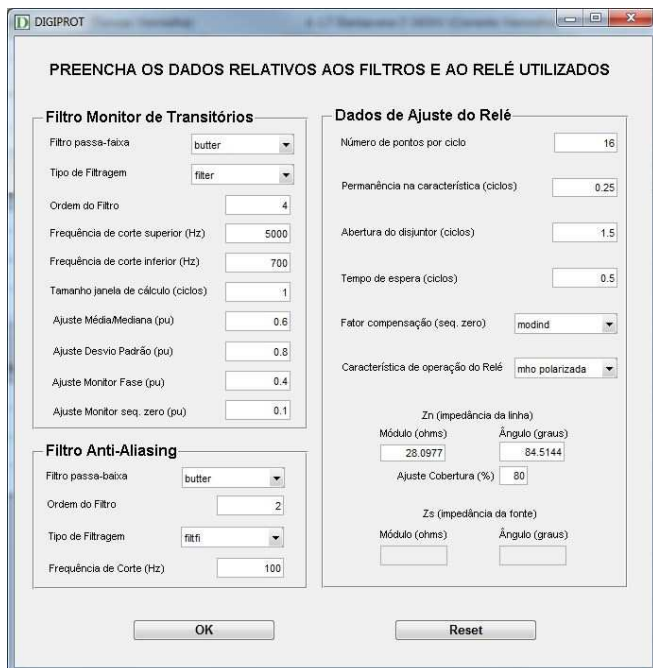


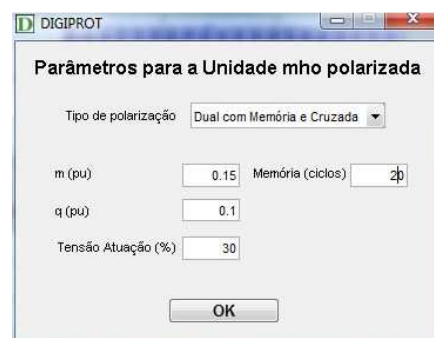
FIGURA 2 – Janela para escolha do vão, baseada na análise de seus gráficos.

2.2 Pré-processamento dos Dados de Entrada

Após a leitura dos dados do arquivo COMTRADE, segue a abertura de uma janela para o preenchimento dos dados do filtro *anti-aliasing*, dos filtros dos monitores de transitórios e do relé, como mostra a Figura 3(a).



(a)



(b)

FIGURA 3 – Janelas com (a) ajustes dos filtros e relé e (b) dados adicionais da unidade mho polarizada.

Caso a opção de escolha da unidade de operação do relé seja a unidade do tipo mho polarizada, abre-se uma janela extra para especificação complementar dos parâmetros desta opção, conforme visto na Figura 3(b). O pré-processamento ajusta os sinais de entrada para adequar estes sinais à operação dos filtros de proteção, executando uma filtragem anti-aliasing e uma reamostragem dos dados de entrada, caso necessário. Para a filtragem anti-aliasing, filtros clássicos de *Butterworth*, de *Chebyshev* e *Elíptico* podem ser selecionados, com ordens e frequência de corte ajustáveis.

2.3 Escolha do Algoritmo de Estimação dos Parâmetros da Proteção

Na versão atual do programa DIGIPROT, o usuário pode escolher um dos quatro grupos de algoritmos mostrados na Figura 4(a) a seguir. Os três primeiros grupos efetuam cálculos dos fasores associados às tensões e correntes do vão selecionado. Este procedimento calcula as componentes real e imaginária dos fasores a partir das amostras de tensão e corrente. Essas componentes são combinadas para computar os valores de pico e de fase dos fasores. Calcula-se então a impedância de cada amostra para verificação da ocorrência ou não de faltas segundo característica de operação da unidade escolhida. O último grupo calcula diretamente os parâmetros associados à impedância do trecho de falta da linha protegida a partir de suas equações diferenciais. As Figuras 4(b) mostram as janelas de escolha para os algoritmos associado aos filtros de Fourier e as opções disponíveis para filtros de estimação baseados no método dos Mínimos Quadrados.

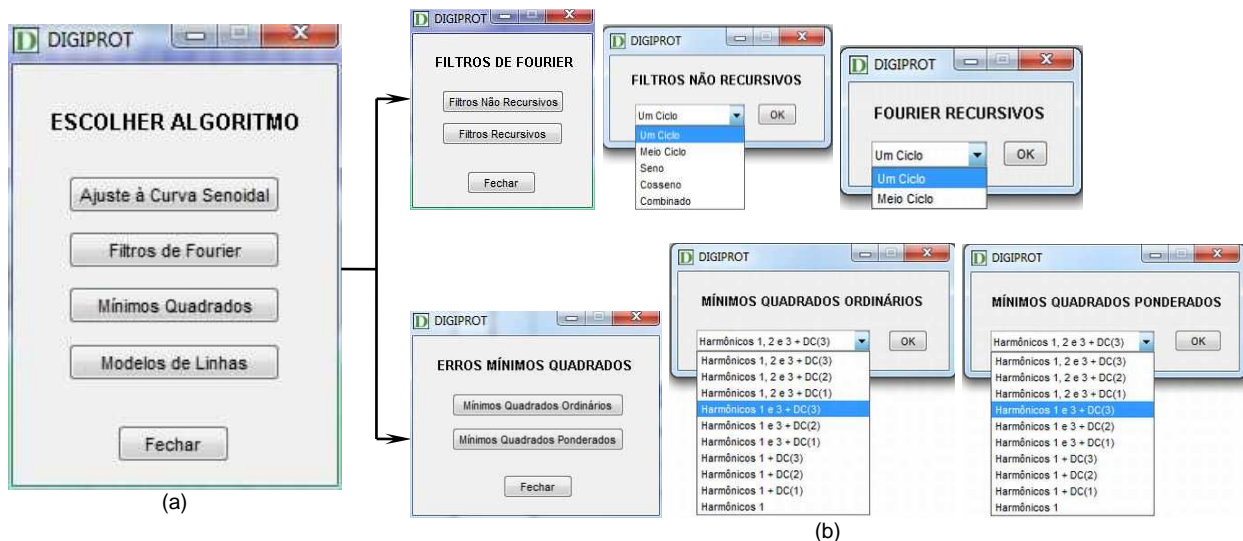


FIGURA 4 – (a) Janela para escolha do algoritmos de estimação, (b) sequência de janelas para escolha dos algoritmos de estimação de Fourier não recursivos ou recursivos.

2.4 Detecção de Falta

Após o cálculo dos valores dos fasores e das impedâncias vistas por cada unidade (loop) de falta do relé de distância do vão escolhido, é executada a etapa de detecção da falta e identificação da mesma. Nesta etapa, gera-se automaticamente um relatório com informações técnicas da simulação realizada e o resultado da verificação de ocorrência e identificação da falta. Este relatório é exibido automaticamente em uma nova janela, conforme mostra a Figura 5.

2.5 Plotagem dos Gráficos

O último botão "Plotar Gráficos" abre uma janela com o menu de opções de plotagem de gráficos disponíveis para o usuário, conforme mostra a Figura 6(a). O objetivo principal destas funções é permitir ao usuário a visualização dos resultados obtidos após cada processamento efetuado durante as etapas executadas pelo software de um relé de proteção. Foram implementados diversos tipos de gráficos, cada um com objetivo de prover este acompanhamento, conforme mostra a figura 6(b). Os gráficos dos dados de entrada permitem que se visualize o efeito da amostragem, da filtragem anti-aliasing e da diminuição da frequência de amostragem nos dados de originais de entrada e já foram descritos em outras oportunidades (3). Os gráficos dos algoritmos de estimação permitem a visualização da efetividade dos algoritmos utilizados na tarefa da estimação dos fasores. Podem ser escolhidos gráficos com dados originais filtrados (F) e a envoltória (E) resultante dos fasores estimados, conforme Figura 7(a) ou gráficos com dados originais filtrados (F) e reconstruídos (R) a partir dos fasores estimados, conforme Figura 7(b). Este último gráfico permite a comprovação de que a estimação fasorial está adequada não somente em relação ao módulo, mas também em relação à fase. Os gráficos dos monitores de transitórios permitem o acompanhamento das mudanças bruscas de estado do sistema elétrico e também foram descritos em outros trabalhos.

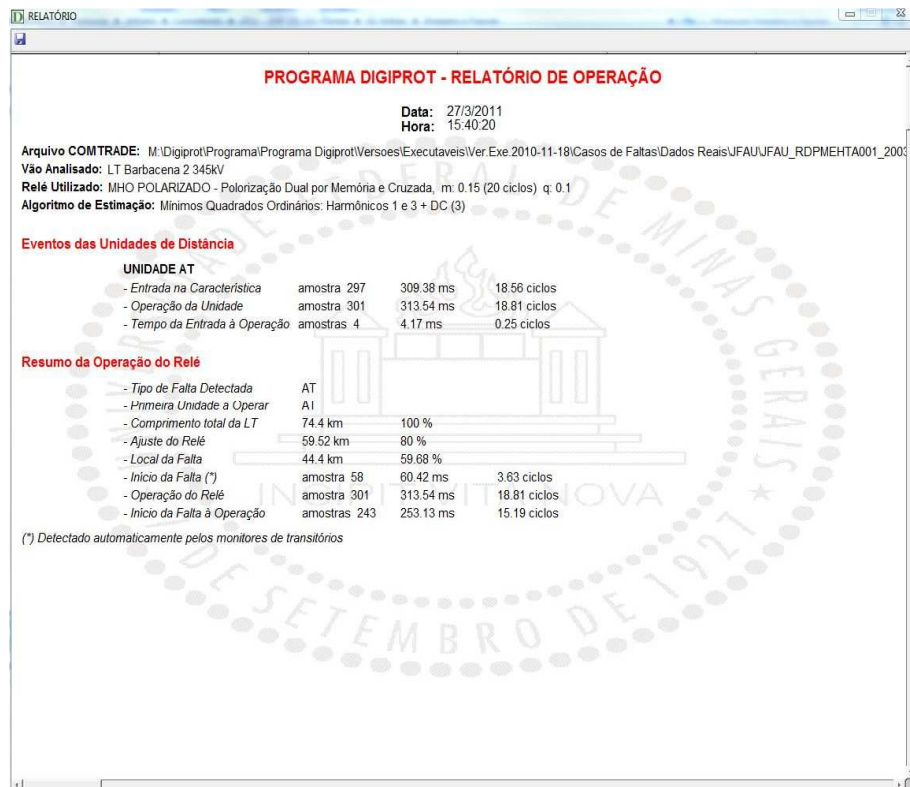


FIGURA 5 – Relatório de operação do relé submetido ao evento analisado.

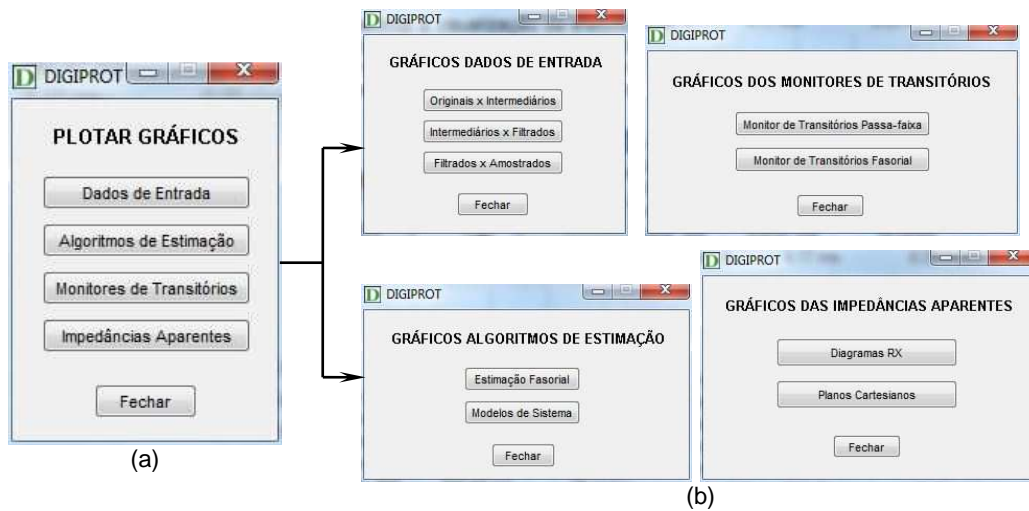


FIGURA 6 – Janelas com opções de plotagem de gráficos do programa DIGIPROT.

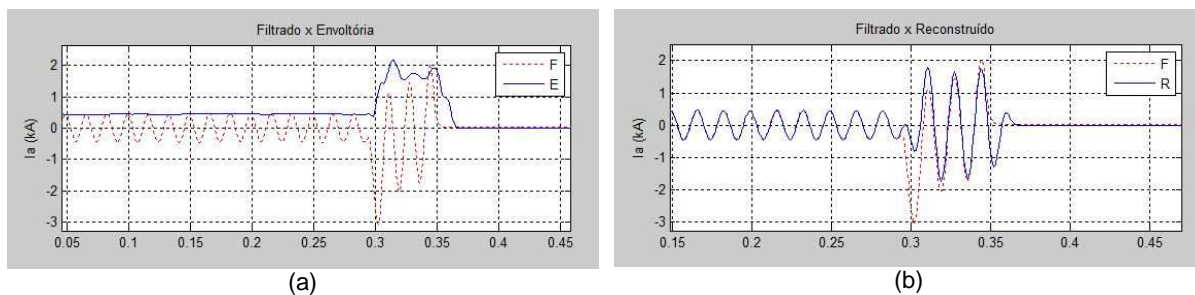


FIGURA 7 – Zoom dos gráficos de estimação fasorial: (a) onda no tempo e envoltória e (b) reconstrução da onda temporal baseado na estimação fasorial.

Os gráficos das impedâncias aparentes de cada unidade (ou loop) de falta podem ser obtidos de duas formas: na forma temporal, através de gráficos que expressam a variação da resistência ou da reatância aparentes com o tempo, ou no domínio da frequência, através de gráficos das trajetórias das impedâncias vistas pelas unidades. As figuras **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostram estes gráficos, bem como algumas das facilidades implementadas de forma a facilitar a análise do fenômeno pelo analista. Na Figura **Erro! Fonte de referência não encontrada.**(a) são mostradas as trajetórias de todas as seis unidades (ou loops) de falta, destacando com zoom a trajetória da unidade AT, mostrando a entrada da impedância dentro da característica de operação desta unidade. Na Figura **Erro! Fonte de referência não encontrada.**(b) é apresentada a trajetória apenas da unidade AT e gráficos temporais com a tensão e a corrente desta unidade. Um cursor em cada um dos gráficos permite o acompanhamento do analista de todo fenômeno, uma vez que existe relação biunívoca entre o ponto onde está a trajetória e o instante de tempo onde se encontram os cursores. As Figuras **Erro! Fonte de referência não encontrada.**(c) e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**(d) mostram a dinâmica relacionada à unidade mho polarizada. Nota-se que na primeira delas ainda não ocorreu a polarização da unidade, e desta forma, ela possui característica de operação mho. Na segunda delas, percebe-se claramente que já ocorreu a polarização da unidade que passou dinamicamente a possuir uma característica de operação mho deslocada.

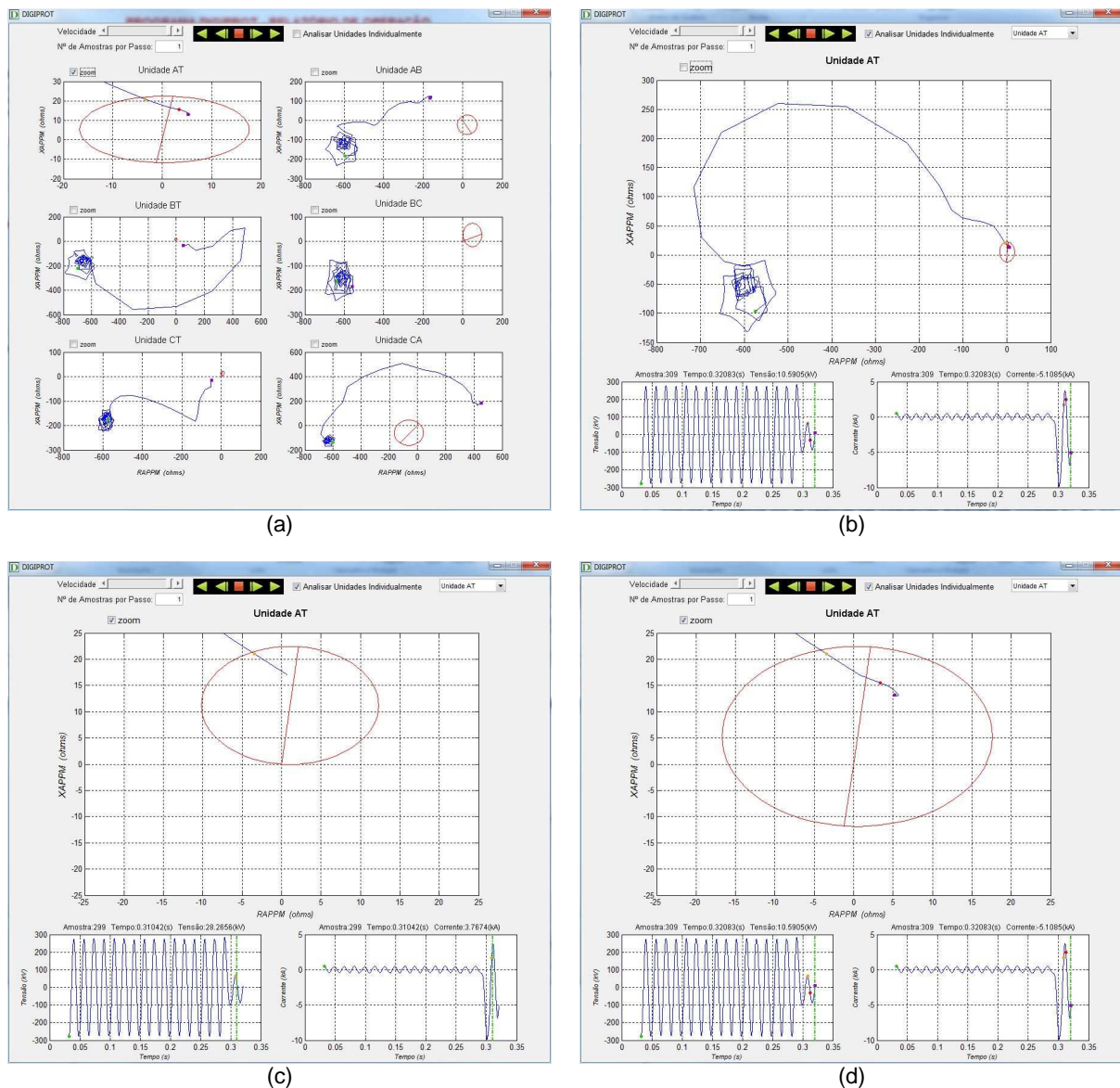


FIGURA 8 – Gráficos com (a) as trajetórias das impedâncias aparentes das unidades de falta AT, BT, CT, AB, BC e CA, com zoom na trajetória da unidade AT, (b) trajetória da unidade AT, (c) trajetória da unidade AT com zoom antes da polarização e (d) trajetória da unidade AT com zoom após a polarização.

O usuário possui diversas facilidades de controle na parte superior destes gráficos, podendo plotar com velocidade alta ou baixa, parar, plotar de forma reversa, plotar passo a passo para frente ou para trás. O uso destes controles é bem intuitivo e de assimilação rápida. Existem ainda alguns marcadores que são adicionados ao gráfico:

quadrado vermelho indica final do evento, círculo verde indica Início do evento, círculo amarelo indica entrada da impedância na característica de operação e círculo alaranjado indica operação da unidade.

3.0 - CONSTATAÇÕES E CONCLUSÕES

Após mais de uma década de uso da plataforma DIGIPROT para o ensino, pesquisa e desenvolvimento da proteção na UFMG, pode-se concluir que ela tem se mostrado útil nestas tarefas. No ensino, tem propiciado aos alunos verem o que efetivamente acontece durante distúrbios associados a curtos-circuitos nos sistemas elétricos de potência, nomeadamente nas linhas de transmissão, e como os relés de proteção provêm ao sistema confiabilidade e segurança na execução de suas tarefas. Isto promove um incentivo extra aos alunos que passam a aceitar com maior gosto partes mais complexas do tema associado à proteção, tanto na graduação quanto na pós-graduação. Na pesquisa, a plataforma tem propiciado tanto aos docentes quanto aos discentes a possibilidade de desenvolvimentos de novos métodos e algoritmos para a execução de diversas tarefas associadas à proteção e à análise de eventos. Pode ser citada como exemplo tese de doutoramento recente na área de localização de faltas em LTs (4) com proposição, implementação e teste de metodologia totalmente original. No que se relaciona ao desenvolvimento e aplicação prática de algoritmos, pode ser citada rotina implementada na UAN/Cemig que executa a localização de falta com grandezas de dois terminais e que teve o início de seu desenvolvimento no programa DIGIPROT (5), além de projetos de pesquisa, já encerrados ou em andamento, tratando de temas tais como análise de proteção, análise de eventos e localização de faltas em redes de distribuição.

Nas suas diversas versões, a plataforma tem se mostrado robusta e adequada ao que se propõe. Trata-se naturalmente de um programa que, por tentar expressar o estado da arte da proteção digital, deve estar em constante desenvolvimento, com a introdução quase diária de novos algoritmos e métodos, de forma a torná-lo ainda mais útil na tarefa de difusão do conhecimento e da experiência em proteção digital, além de proporcionar aos usuários capacidade de criação em temas relacionados.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) PEREIRA, C. & CRUZ, F. C. Análise do Comportamento Estático e Dinâmico dos Filtros Digitais de Mínimos Quadrados na Proteção de Linhas de Transmissão, XV SNPTTEE - SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 1999, Foz do Iguaçu. Anais do XV SNPTTEE, 1999. v.Único.
- (2) ORDAGGI FO., J. M., MORAES, R. M. & SOLLERO, R. B. Efeitos de Diferentes Polarizações no Comportamento de Proteções de Distância de Linhas Compensadas por Capacitores Série. XVIII SNPTTEE - SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2005, Curitiba. Anais do XVIII SNPTTEE. , 2005. v.Único.
- (3) PEREIRA, C., CRUZ, F. C. & VISACRO, S. Teaching Transmission Line Digital Protection using a Didactic PC Compatible Program In 37TH CIGRÉ Biannual Session - I Workshop Links University CIGRÉ, 37, 09/1998, Paris, França. Anais...Paris: Vol. LUC, p. LUC 07/01 - LUC 07/06, 08/1998.
- (4) SILVEIRA, E. G & PEREIRA, C. Transmission Line Fault Location Using Two-terminal Data Without Time Synchronization. IEEE Transactions on Power Systems, v.22, p.498 - 499, 2007.
- (5) PEREIRA, C, PEREIRA JR., I. H., VALADÃO, R. L., SOUZA, T. M., BARBOSA JR., F. S., SOUSA, W. M., COSTA, C. A. B. Sistema de Localização Automática de Faltas em Linhas de Transmissão: Concepção, Implementação e Validação Prática In: 2004 IEEE/PES Transmission da Distribution Conference and Exposition Latin American, 2004, São Paulo. 2004 IEEE/PES T&D. São Paulo: , 2004.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Cleber Pereira nasceu em Belo Horizonte, MG, em 25 de outubro de 1955. Graduiu-se em Engenharia Elétrica no Depto. de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em dezembro de 1978, obtendo a medalha de prata de sua turma. Em julho de 1982 ingressou nos quadros do Depto de Engenharia Elétrica da UFMG como Professor Auxiliar de Ensino. Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica pela Coordenação dos Programas de Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), tendo apresentado sua dissertação em agosto de 1983. Defendeu tese de doutorado em dezembro de 1998 obtendo o título de Doutor em Ciências em Engenharia Elétrica também pela COPPE/UFRJ. Já orientou inúmeros trabalhos de fim de curso, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Atualmente é professor Associado do Departamento de Engenharia Elétrica da UFMG onde ministra diversas disciplinas relacionadas aos sistemas elétricos de potência, a nível de graduação, especialização e pós-graduação, em especial as disciplinas Proteção Digital de Sistemas Elétricos e Análise de Redes Elétricas no Domínio da Frequência. É consultor de concessionárias brasileiras e centros de pesquisa, trabalhando como pesquisador em projetos de pesquisa e de consultoria, nas áreas de Proteção Digital, Transmissão de Energia Elétrica e Transitórios em Sistemas de Energia Elétrica.