



GSC/020

21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

NOVOS DESENVOLVIMENTOS DOS PROGRAMAS ATP/EMTP E ATPDraw

Jorge Amon Filho (*)

Marco Polo Pereira

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A

RESUMO

O programa ATP/EMTP (1) é uma poderosa ferramenta de simulação de fenômenos transitórios eletromagnéticos em sistemas de energia elétrica. Conhecido e utilizado há mais de 25 anos, o programa evoluiu ao longo desse tempo, passando por várias transformações, sendo uma das mais importantes a migração do computador de grande porte (mainframe) para o micro computador (2), o que tornou o programa acessível a um maior número de usuários. A codificação dos dados de entrada, que seguem uma formatação rígida, permaneceu durante muito tempo como uma grande barreira para aqueles que pretendiam começar a utilizar o ATP/EMTP. Outros aspectos relevantes estavam relacionados com a utilização dos programas para tratamento gráfico dos resultados e com a própria versatilidade do uso dos diversos programas que constituem o pacote como um todo. Entretanto, durante os últimos anos foram desenvolvidos vários programas de apoio que tornaram a sua utilização mais amigável para os usuários. O presente trabalho apresenta uma descrição do pacote de programas que atualmente constitui o conjunto de ferramentas do ATP/ATPDraw, indicando seus principais progressos no que se refere a facilidades para o usuário.

PALAVRAS-CHAVE

Transitórios Eletromagnéticos – ATPDraw – ATP – EMTP – Sobretensões – Simulação de Transitórios.

1.0 – INTRODUÇÃO

O programa ATP/EMTP permite a simulação de transitórios eletromagnéticos em redes polifásicas, com configurações arbitrárias, por um método que utiliza a matriz de admitância de barras. A formulação

matemática é baseada no método das características (método de Bergeron) para elementos com parâmetros distribuídos e na regra de integração trapezoidal para parâmetros concentrados. Durante a solução são utilizadas técnicas de esparsidade e de fatorização triangular otimizada de matrizes.

Como um programa digital não permite obter uma solução contínua no tempo, são calculados valores a intervalos de tempo discretos.

O programa permite a representação de elementos com parâmetros concentrados, elementos com parâmetros distribuídos, chaves, transformadores, reatores, não-linearidades, etc.

De uma forma geral, são considerados parâmetros em componentes de fase e em seqüência zero e positiva, dependendo do modelo.

Embora o programa tivesse evoluído, permitindo cada vez mais a simulação de fenômenos complexos, suas novas versões não acompanhavam a evolução verificada em alguns programas comerciais, que se tornaram mais amigáveis. Durante muito tempo, as maiores dificuldades do ATP/EMTP, tanto para os novatos, quanto para usuários experientes, permaneceram sendo a codificação dos dados de entrada, que tem que obedecer a uma formatação rígida, e a análise gráfica dos resultados de saída.

Entretanto, durante os últimos anos foram desenvolvidos vários programas de apoio que tem facilitado a sua utilização para qualquer tipo de usuário.

Entre as facilidades mais recentes podem ser citadas as novas versões do pré-processador gráfico ATPDraw, o programa de suporte LCC e o programa gráfico PLOTXY, além das diferentes opções de versões para o próprio ATP.

Com estas ferramentas, uma vez instalados os programas necessários, o uso do ATP, bem como de qualquer outro programa de apoio, pode ser efetuado diretamente do menu principal do ATPDraw, de forma quase que transparente para o usuário.

Este procedimento facilita bastante o uso do programa, bastando que todos os seus componentes sejam instalados corretamente. Uma breve descrição dos principais programas constantes do pacote do ATP encontra-se a seguir:

- ATPDraw – interface gráfica para criação e edição de arquivos de dados de entrada. Processador interativo em ambiente Windows. Define um ambiente de trabalho, atuando como núcleo central do pacote completo, de onde o usuário pode controlar o processamento de qualquer outro programa, inclusive diferentes versões do ATP. Dispõe de modelos para os principais componentes de uma rede elétrica.
- ATP – programa principal para a simulação de transitórios eletromagnéticos desenvolvido a partir da versão EMTP para computadores de grande porte. Atualmente possui versões para Windows 95/98, Windows NT e Linux.
- PCPLOT, TPLOT, GTPLOT e PLOTXY – programas para processamento das saídas gráficas dos resultados das simulações.
- LCC – programa auxiliar para o cálculo de parâmetros de linhas de transmissão.

2.0 – PROGRAMA ATPDraw

O programa ATPDraw geralmente é utilizado como passo inicial para uma simulação com o ATP.

Consiste numa interface gráfica de processamento

de arquivos de dados de entrada da rede a ser simulada com o programa ATP.

Como já citado anteriormente também define um ambiente de trabalho, atuando como núcleo central de onde o usuário pode controlar o processamento de qualquer outro programa, inclusive o ATP propriamente dito. Esta pode ser considerada uma das grandes vantagens que o ATPDraw apresenta para qualquer tipo de usuário, seja ele experiente ou não.

Com o programa ATPDraw o usuário pode construir um circuito elétrico, selecionando modelos pré-definidos de componentes para os principais elementos de uma rede elétrica. O ATPDraw cria automaticamente o arquivo de entrada correspondente do ATP, em formato texto.

A nomeação dos nós do circuito é administrada pelo ATPDraw, mas o usuário pode dar nomes para alguns nós que facilitem a identificação do circuito sob análise. O ATPDraw dispõe de aproximadamente 70 componentes de rede pré-definidos e 28 objetos da TACS (4). Também é possível o uso simplificado da MODELS (5). Na FIGURA 1 estão mostrados os modelos pré-definidos de elementos de rede elétrica disponíveis no ATPDraw.

Podem ser construídos circuitos monofásicos e trifásicos. Além disso, um circuito trifásico complexo pode ser construído a partir do seu diagrama unifilar, proporcionando uma facilidade adicional para o usuário que não necessita montar um circuito fase a fase. É possível também trabalhar simultaneamente em vários circuitos com troca de informação de entre eles através do uso de janelas múltiplas.

A maioria dos recursos de edição, como copiar, colar, girar, importar, exportar, agrupar, desagrupar, desfazer e imprimir encontra-se disponível no ATPDraw.

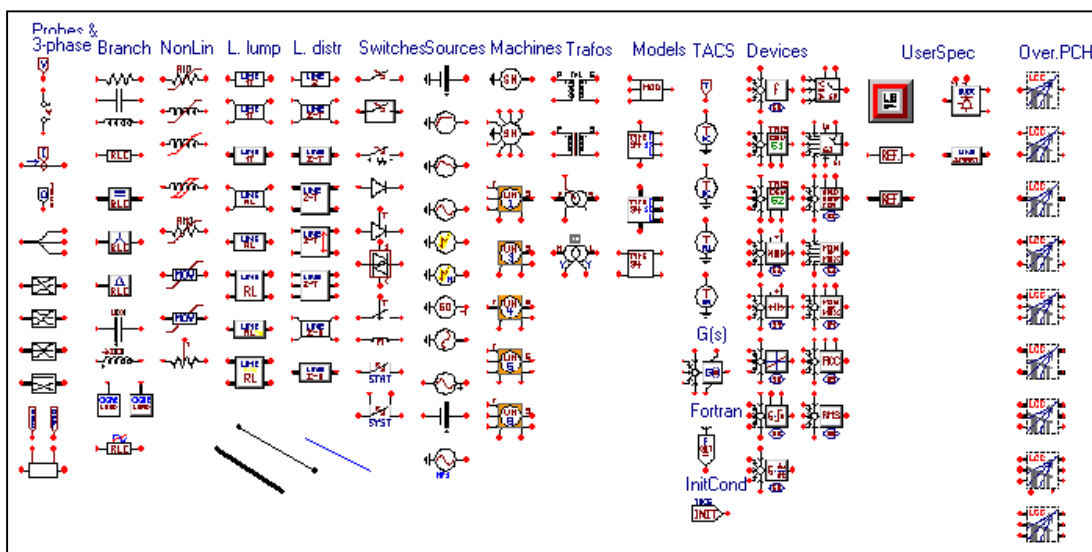


FIGURA 1 - Modelos de elementos de rede elétrica disponíveis no ATPDraw

interativo em ambiente Windows para criação e edição

Outros recursos são: editor de texto embutido para edição dos arquivos do ATP (pode ser definido pelo usuário), área de transferência do Windows para arquivos "bitmap", "metafile", produção de arquivos nos formatos "bitmap", "metafile" ou "PostScript".

O ATPDraw é muito importante para os usuários sem experiência no uso do ATP e é uma excelente ferramenta para propósitos educacionais. Entre as inúmeras vantagens que apresenta deve ser ressaltada a existência de "ajuda on-line", a qual praticamente substitui a necessidade de consulta ao manual do ATP.

Deve ser ressaltado que, os usuários experientes no ATP, que já tem práticas consolidadas, também encontram várias formas interessantes para o uso do programa. Entre estas pode ser citada a possibilidade de criação de partes de arquivos, aproveitando-se as facilidades que o ATPDraw apresenta, as quais são copiadas e incluídas em outros arquivos de dados do ATP utilizando-se os recursos de edição do programa.

Como desvantagem do ATPDraw pode ser citada a necessidade de se manter qualquer alteração de circuito sempre dentro do ambiente do programa. Este fato se deve a correspondência que existe entre o arquivo de referência para os dados do circuito, que é gráfico, e o arquivo de dados gerado para o ATP. Assim sendo, a edição direta do arquivo de dados no formato para o ATP quebra a correspondência existente os dois arquivos (o gráfico e o de dados formatados). A única forma de manter esta correspondência seria sempre realizar as alterações, sejam de dados ou de circuito, através do ATPDraw.

A desvantagem acima citada constitui uma das razões pelas quais os usuários experientes costumam não usar o ATPDraw, uma vez que a edição direta dos arquivos é sempre o meio mais rápido de efetuar pequenas alterações nos arquivos do ATP. Entretanto, por outro lado, diversas formas criativas de uso do ATPDraw vem reduzindo cada vez mais a resistência que havia por parte destes usuários, disseminando o seu uso por uma gama maior de classes de usuários.

O programa é escrito em Borland Pascal. Existem duas versões similares do ATPDraw. Uma versão de 32 bits compilada com Borland Delphi 2.0 somente para Windows 95/NT and outra de 16 bits compilada com Borland Delphi 1.0 para Windows 3.x.

ATPDraw é uma marca registrada da SINTEF Energy Research, Trondheim, Noruega, 1996-1997. Foi escrito pelo Dr. Hans Kr. Høidalen, que mantém o programa, e convertido para Windows por O. G. Dahl, da Dahl Data Design, Noruega. O ATPDraw para Windows é um programa de domínio público e, como tal, distribuído livremente a qualquer pessoa interessada. Os direitos de propriedade pertencem à Bonneville Power Administration (BPA), dos E.U.A., empresa que financiou o seu desenvolvimento, e à SINTEF Energy Research (antigamente EFI), da Noruega.

O ATPDraw suporta a maioria dos componentes freqüentemente usados no ATP, conforme listado abaixo:

- Ramos lineares e não-lineares;
- Modelos de linha;
- Interruptores;
- Fontes;
- Máquinas;
- Transformadores;
- TACS;
- MODELS;
- Linhas de transmissão aéreas;
- Objetos especificados pelo usuário.

O programa encontra-se em permanente evolução, já tendo sido agregados vários modelos do ATP que dependiam de processamento à parte para a obtenção dos parâmetros necessários ao modelo.

Para que o usuário tenha condições de fazer bom uso do ATPDraw é imprescindível que sua instalação seja feita corretamente. Na prática a instalação é simples, uma vez que há um programa instalador, bastando acionar o arquivo setup para que o programa se instale automaticamente. Uma vez instalado são necessários ajustes no direcionamento de diretórios e nos comandos para a execução de outros programas (ATP, TPLOT, PLOTXY, PCPLOT, EDIT, etc.) de dentro do ATPDraw.

Os procedimentos acima indicados, edição do arquivo de inicialização ATPDraw.ini, ou através do menu Tools/Options, e criação dos arquivos de lote para executar os diversos programas, segundo as várias opções disponíveis, estão descritos no capítulo 2 do manual do ATPDraw (3), sendo fortemente recomendado que sejam efetivados para que os recursos do programa sejam devidamente explorados.

Os requisitos mínimos para a instalação do programa em ambiente Windows 95/NT são os seguintes:

- PC tipo IBM compatível (486 DX4-100)
- sistema operacional MS-Windows 95, NT 3.51
- Monitor de vídeo XGA (resolução 1024x768)
- 16 MB de memória RAM (32 MB para Windows NT)
- 10 MB de espaço livre no HD

3.0 - PROGRAMA ATP

O programa ATP é o principal programa do pacote, em uso há mais de 25 anos pelos seus usuários.

Embora o programa também tenha evoluído neste últimos anos, suas novas versões ainda não acompanham a evolução verificada em outros programas comerciais. Por este motivo o programa não possui versão específica para Windows, mas versões desenvolvidas para o antigo DOS, embora funcione em tal ambiente. Por outro lado estas dificuldades sempre estiverem relacionadas com a portabilidade e a ausência de custos para ter acesso ao programa, justificando a política empregada desde

a sua criação, que foi basicamente a de evitar a sua comercialização a todo custo.

Atualmente a portabilidade do ATP tem se resumido praticamente aos microcomputadores, sendo a principal versão ainda a obtida com o compilador Salford. A sua instalação ainda exige a utilização de comandos de DOS e a edição dos arquivos autoexec.bat, config.sys e windows.ini para a inclusão de linhas de comando específicas para o ATP.

Esta versão funciona em ambiente Windows 95/98, mas é incompatível com o Windows NT e Windows 2000. A experiência tem mostrado que as informações disponíveis para a sua instalação são suficientes, não tendo sido reportados casos concretos de incompatibilidades que impeçam sua instalação. Este fato é comprovado pelas grandes quantidades de treinamentos ministrados pelos autores, em diversos ambientes computacionais, onde sempre se logrou instalar o programa em todas as máquinas disponibilizadas para os treinamentos.

A incompatibilidade do ATP com o WindowsNT e Windows2000 é devida à ausência de compilador Salford para o NT

Entretanto, existe uma outra versão, gerada com outro compilador, onde não existe tal incompatibilidade. A principal vantagem desta versão, também conhecida por ATP Windows NT, gerada com o compilador Watcom, é a simplicidade de sua instalação. Como possui apenas um módulo executável não é necessário nenhum procedimento específico de instalação. Além disso, por funcionar tanto em ambiente Windows NT, quanto em ambientes Windows 9.x e 3.x, pode ser considerada como uma versão universal. Entretanto como o seu desenvolvimento não é realizado diretamente pelos coordenadores do ATP, ainda não há nenhuma garantia de que sua atualização seja sempre mantida.

Existe ainda uma versão compatível com o ambiente Linux, porém a quantidade de usuários dessa versão ainda é pequena, estando muito restrita ao meio acadêmico até a presente data.

4.0 - PROGRAMA PLOTXY

Em geral toda simulação com o ATP deve ser complementada com uma análise gráfica. O programa PLOTXY, que não é a única solução disponível para tal finalidade, tem se mostrado como uma das mais interessantes, devido à simplicidade de seu uso. Este programa foi desenvolvido por Mr. Massimo Ceraolo, da Universidade de Pisa, na Itália. O autor solicita que cada usuário interessado no uso do programa formalize a sua intenção por carta, sendo esta a única condição para ter acesso ao mesmo.

Existem também outros programas conhecidos para o processamento das saídas gráficas dos resultados das simulações do ATP: o TPLOT, o PCPLOT e o GTPLOT.

O TPLOT, que pode ser considerado como o programa gráfico oficial do ATP, é gerado com o compilador Salford e deve ser instalado junto com o restante do pacote. É considerado como o programa de pós-processamento mais completo do ATP, o que, na prática, acaba sendo um problema para os usuários porque o seu uso depende de um mínimo de conhecimento sobre alguns comandos básicos para a obtenção dos gráficos.

O PCPLOT surgiu com a primeiras versões do ATP para microcomputador, mas pode ser considerado limitado quando comparado com o TPLOT. Por outro lado, a sua simplicidade faz com que seja considerado mais amigável para o usuário que o TPLOT.

Existe ainda o GTPLOT, que é uma versão similar ao TPLOT, porém apropriada para uso em ambiente Linux.

Dos programas gráficos citados acima o PLOTXY é considerado a alternativa mais aceita pelos usuários devido à simplicidade de instalação e de utilização. Foi desenvolvido exclusivamente para ambiente Windows, sendo compatível com Windows 3.x, 9.x e NT, e apresenta uma das principais vantagens do TPLOT que é a possibilidade de mostrar curvas de casos distintos no mesmo gráfico.

5.0 – PROGRAMA LCC

O programa LCC é uma versão que permite a obtenção dos parâmetros das linhas de transmissão. Basicamente é um programa que facilita a criação do arquivo de dados para o processamento da rotina Line Constants do ATP.

É um módulo executável, de fácil instalação, que uma vez acionado abre janelas para a entrada dos dados necessários ao processamento da rotina Line Constants. Geralmente os dados incluem a configuração geométrica das torres de transmissão e as características físicas dos cabos elétricos e dados sobre resistividade do solo, frequência na qual os dados devem ser calculados, tipo de modelo requerido pelo usuário para a linha de transmissão e saída de dados estipulada pelo usuário.

Como resultado podem ser obtidos arquivos de dados, correspondentes aos diversos modelos de linhas de transmissão já formatados para o ATP, que podem ser copiados e introduzidos via algum editor de dados para um arquivo ATP.

O ATPDraw também já incorporou o LCC, o qual pode ser acionado diretamente, como se fosse um dos modelos disponíveis para as linhas de transmissão.

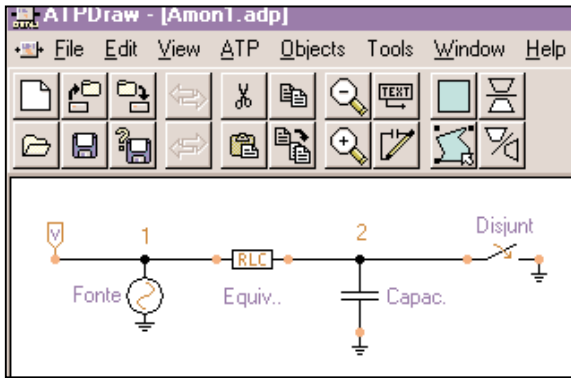


FIGURA 2 – Criação do Circuito Elétrico no ATPDraw

6.0 – EXEMPLO DE USO DO PACOTE ATP

Os passos a seguir mostram um exemplo do uso do pacote ATP, desde o traçado do diagrama unifilar com o ATPDraw, passando pela simulação do caso com o ATP WindowsNT e pelo processamento da saída gráfica com o PLOTXY.

6.1 Primeiro passo: pré-processamento

Neste passo, com o uso do ATPDraw, é definido o ambiente de trabalho onde o usuário constrói o circuito elétrico, selecionando e introduzindo os dados dos modelos pré-definidos para elementos da rede elétrica, conforme mostrado na FIGURA 2.

A utilização do ATPDraw é bastante simples, sendo todos os elementos necessários facilmente agrupados para a criação do circuito elétrico. Em seguida todos os dados podem ser atribuídos, através de janelas específicas, e o arquivo de entrada correspondente, em formato texto, criado através da seleção na barra de tarefas da opção **ATP > Make File**. Sua

visualização pode ser realizada através da opção **ATP > Edit ATP-file**.

No manual do ATPDRAW existe um exemplo passo a passo para criação de um arquivo de dados para o ATP. O arquivo de dados em formato texto para o ATP está mostrado na FIGURA 3.

6.2 Segundo passo: processamento

Atuando como núcleo central do pacote completo, o ATPDraw também permite a execução do ATP propriamente dito. Para o processamento do caso correspondente ao circuito que está sendo mostrado na área de trabalho do ATPDraw, o usuário deve selecionar a opção **ATP > run ATP Current** da barra de tarefas.

Uma vez realizada a operação acima indicada o caso é imediatamente processado, sendo criadas todas as saídas solicitadas pelo usuário. Estas saídas, tanto o arquivo de saída quanto o arquivo gráfico, podem ser visualizados logo a seguir dentro do ambiente ATPDraw.

6.3 Terceiro passo: pós-processamento

Para a visualização do arquivo no formato texto, correspondente à listagem de saída do caso processado, deve ser selecionada a opção **ATP > Edit LIS-file** da barra de tarefas do ATPDraw.

Com o uso do programa PLOTXY, que também pode ser executado a partir do ambiente operacional criado pelo ATPDraw, o usuário pode obter a saída gráfica correspondente, selecionando a opção **ATP > run PlotXY** da barra de tarefas.

Na FIGURA 4 é mostrada a saída gráfica correspondente, obtida com o programa PLOTXY.

```

BEGIN NEW DATA CASE
C Miscellaneous Data Card ...
C dT >> Tmax >> Xopt >> Copt >
  1.E-5 .03
  500 1 1 1 1 1 0 0 1 0
C 34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
/BRANCH
C < n 1>< n 2><ref1><ref2>< R >< L >< C >
C < n 1>< n 2><ref1><ref2>< R >< A >< B ><Leng><><>0
C Equivalente
  1 2 .1 1. 0
C capacitancia
  2 40. 3
/SWITCH
C < n 1>< n 2>< Tclose ><Top/Tde >< Ie ><Vf/CLOP >< type >
C Disjuntor
  2 -1. .001 3
/SOURCE
C < n 1><>< Ampl. >< Freq. ><Phase/T0>< A1 >< T1 >< TSTART >< TSTOP >
C Fonte
  141 0 100. 60. -1. 1.
BLANK BRANCH
BLANK SWITCH
BLANK SOURCE
  1
BLANK OUTPUT
BLANK PLOT
BEGIN NEW DATA CASE
BLANK
  
```

FIGURA 3 – Arquivo de dados gerado pelo ATPDraw

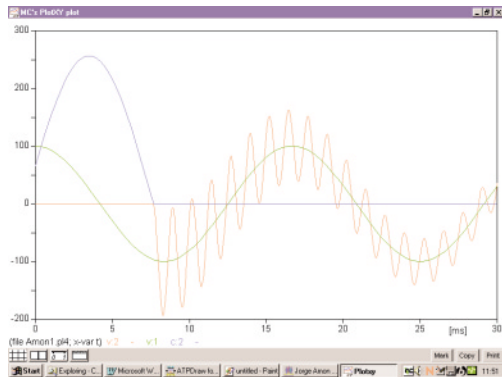


FIGURA 4 – Saída Gráfica Obtida com o PLOTXY

7.0 USO DA VERSÃO DO ATP PARA WINDOWS NT

Uma opção de utilização de alguns dos programas acima, que já vem sendo utilizada com resultados bastante satisfatórios é a combinação ATPDraw + ATP Windows NT + PLOTXY. A vantagem desta combinação é que a sua instalação é extremamente simples.

A facilidade de instalação se deve ao fato de que o ATPDraw tem um programa instalador e os outros dois são apenas módulos executáveis. Além do mais, esta combinação de programas funciona tanto em plataformas Windows NT quanto Windows 3.x e 9x, sendo ideal para treinamento de usuários iniciantes.

Para que a combinação acima indicada seja eficiente é imprescindível que o ATPDraw seja instalado com todos os seus recursos para que os programas PLOTXY e ATP sejam acionados diretamente do mesmo ambiente computacional, tal como já citado anteriormente.

8.0 – CONCLUSÕES

- O programa ATP é uma ferramenta já consagrada para a simulação de fenômenos transitórios eletromagnéticos em sistemas de energia elétrica.
- O programa não possui versão específica para Windows, embora funcione em tal ambiente, mas versões desenvolvidas para o antigo DOS. A versão tradicional do ATP ainda é a versão obtida a partir do compilador Salford e que é incompatível com o sistema operacional Windows NT e, portanto, com o Windows 2000.
- Durante os últimos anos foram desenvolvidos vários programas de apoio consistindo em interfaces gráficas para entrada e saída de dados tornando a utilização do ATP mais amigável para os usuários.
- O programa ATPDraw consiste numa interface gráfica de processamento interativo em ambiente Windows para criação e edição de arquivos de dados de entrada para o programa ATP, definindo um ambiente de trabalho que atua como núcleo central de

onde o usuário pode controlar o processamento de qualquer outro programa do pacote, inclusive diferentes versões do ATP propriamente dito.

- Existe uma versão do ATP, também conhecida por ATP Windows NT, cuja principal vantagem é que sua instalação é extremamente simples, possuindo apenas uma rotina executável. Além disso, por funcionar tanto em ambiente Windows NT, quanto em ambientes Windows 9.x e 3.x, pode ser considerada como uma versão universal do ATP.

- O programa PLOTXY surgiu mais recentemente como uma alternativa extremamente simples de instalação e de utilização, desenvolvido exclusivamente para ambiente Windows e compatível com Windows 3.x, 9.x e NT e que apresenta como uma das principais vantagens a possibilidade de mostrar curvas de casos distintos no mesmo gráfico.

- Para que o usuário possa utilizar de forma eficiente todos os recursos que o ATPDRAW proporciona é fundamental que sua instalação seja complementada com todos os ajustes necessários para que todos os programas possam ser acionados dentro do mesmo ambiente, fazendo com que o ATPDraw também seja efetivamente um gerenciador de programas.

- A constante evolução do ATPDraw minimiza qualquer opinião sobre as eventuais dificuldades encontradas pelo usuário quanto ao uso do ATP. Considerando que a criação dos arquivos de dados pode ser adequadamente efetuada pelo ATPDraw, a sua utilização pode ser resumida a apenas uma das opções do menu do programa.

9.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) ATP – Alternative Transients Program – RULE BOOK, 1987.
- (2) J. Amon F., M. P. Pereira, D. S. Carvalho Jr., C. S. Fonseca, “Experiência de Utilização do Programa ATP-Micro em Simulações de Transitórios Eletromagnéticos” - XI SNPTTEE, Rio de Janeiro, RJ, 1991.
- (3) László Prikler, Hans Kr. Høidalen, ATPDraw for Windows 3.1x/95/NT, User's Manual, version 1.0, Release N^o 1.0.1, November 1998.
- (4) Amon F. J., “The of ATP-TACS Subroutine in Calculation of Transient Recovery Voltage for Circuit Breakers: Direct Computation of Peak Values, Corresponding Times and Rate-of-Rise and Generation of Reference Envelopes” - 21st. EMTP Users Group Meeting, Greece, 5-7 junho, 1992.
- (5) M. P. Pereira, D. S. Carvalho Jr., C. S. Fonseca, L. Dubé, “Análise Transitória de Sistemas de Controle e Modelagem de Sistemas Não-convencionais”, Revista Iberoamericana del ATP, N^o 1, Marzo 99.