

USP

Campus de São Carlos

"ACLAT - Auxílio Computacional para
Laboratório de Alta Tensão"

Autor

Marcêlo Fernandes da Silva

Orientador

Prof. Dr. Ruy Alberto Corrêa Altafim

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

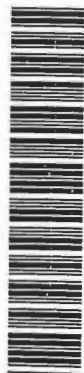


"ACLAT - AUXÍLIO COMPUTACIONAL PARA LABORATÓRIOS DE ALTA TENSÃO"



Engº: MARCELO FERNANDES DA SILVA
Orientador: Prof. Dr. RUY ALBERTO CORRÊA ALTAFIM

DEDALUS - Acervo - EESC



31100036398

Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia de São Carlos - USP - para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA.

SÃO CARLOS - 1993

DEDICATÓRIA

Aos meus familiares e à minha noiva Sueli,
pelo incentivo e motivação no desenvolvimento
deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Ruy Alberto Corrêa Altafim, pela orientação e pelo incentivo.
- Ao Departamento de Engenharia Elétrica pelo suporte físico e instrumental.
- Ao Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo pelo apoio técnico e fornecimento de material para testes.
- Ao Grupo de Eletretos do Instituto de Física e Química de São Carlos, em especial ao Prof. Dr. José Alberto Giacometti pela utilização dos laboratórios.
- Aos alunos de iniciação científica Adriano Andrade Figueiredo, Francisco Maiello Neto, Flávio Costa Rodrigues, Alexandre Olivari, Luís Carlos Catarino e Vladimir Alves pelo suporte computacional e experimental.
- À aluna de pós graduação Anete Silva Faesarella pelo suporte computacional e experimental.
- Ao RHAE pelo suporte financeiro, sem o qual este trabalho certamente não teria sido desenvolvido.
- Ao PADCT pelo apoio financeiro a toda infraestrutura computacional.

ABSTRACT

The fact that transient waveform digitizer and new data acquisition systems is changing the environment of high voltage laboratory is a reality. The use of these new equipments and processes needs new computational tools. The principal proposal of this work is present an open computer software named ACLAT which has got a collection of these powerful tools such as HandScanner control, acquisition and signal processing and impulse phenomena analysis.

The new technique of the data capture using Scanner is also presented. Its main characteristic is to join old acquisition data by impulse oscilloscopes with new technology of the signal processing.

RESUMO

A informatização de laboratórios de alta tensão através da digitalização e processamento de sinais está se tornando uma realidade com o advento de digitalizadores ultra rápidos e de novos sistemas de aquisição de dados, a exemplo dos "Scanners". Este trabalho, visando criar subsídios para a utilização desses equipamentos, está produzindo um programa computacional "aberto" com poderosas ferramentas de interface e processamento de sinais. Ressalta-se dentre essas ferramentas uma subrotina para controle de "HandScanner", captura, identificação e processamento dos sinais contidos em oscilogramas; uma subrotina com funções semelhantes, mas para sinais oriundos de um digitalizador HP 54111D e subrotinas para interpretação de ensaios laboratoriais.

Com este pacote computacional torna-se possível unir a tecnologia atual dos osciloscópios digitais com os procedimentos mais remotos de análise de ensaios laboratoriais registrados em fotografias de sinais de osciloscópios de impulso.

ÍNDICE

	Pág.
Introdução.....	1
Capítulo I: Revisão Bibliográfica	
1.1 - Desenvolvimento Histórico.....	3
1.2 - Digitalizadores.....	6
1.2.1 - Considerações.....	6
1.2.2 - Malewski e Colaboradores.....	6
1.3 - Outros Pesquisadores.....	9
Capítulo II: Aquisição por Digitalizadores em Laboratórios de Alta Tensão	
2.1 - Conversores Analógico-Digitais.....	10
2.1.1 - Considerações Gerais.....	11
2.1.2 - Métodos de Conversão.....	13
2.2 - O Digitalizador.....	16
2.2.1 - Características Gerais.....	16
2.2.2 - Problemas do Uso do Digitalizador nos Laboratórios de Alta Tensão.....	17
2.2.3 - Desempenho do Digitalizador.....	20

2.3 - Escolha de Um Digitalizador.....	21
2.3.1 - Considerações Gerais.....	21
2.3.2 - Requisitos Para Escolha de Um Digitalizador.....	22
2.4 - Métodos Para Correção de Erros da Digitalização....	24

Capítulo III: Nova Técnica de Interpretação de Oscilogramas
Por "Scanners"

3.1 - Introdução.....	26
3.2 - "Scanners".....	27
3.2.1 - Princípios de Funcionamento.....	28
3.2.2 - Tipos de "Scanners" Existentes.....	29
3.3 - Descrição da Nova Técnica Propriamente Dita.....	30
3.4 - Vantagens do Método Proposto.....	31
3.5 - Problemas Detectados na Técnica.....	32
3.5.1 - Problemas da Fotografia do Oscilograma.....	32
3.5.2 - Problemas na Aquisição da Imagem do Oscilograma.....	34
3.5.3 - Problemas dos "Softwares" Comerciais.....	35

Capítulo IV: O Programa ACLAT "Auxílio Computacional Para
Laboratórios de Alta Tensão"

4.1 - Considerações Gerais.....	37
4.2 - Ambiente do Programa Gerenciador.....	38
4.2.1 - Opção "Oscilogramas".....	39
4.2.1.1 - Arquivos de Oscilogramas.....	39
4.2.1.2 - Imagens.....	40

4.2.1.2.1 - Apresentação da Imagem na Tela.....	41
4.2.1.2.2 - Inversão dos Pontos da Imagem.....	41
4.2.1.2.3 - Captura de uma Imagem via "Scanner".....	42
4.2.1.2.4 - Limpeza dos Pontos Indesejáveis.....	43
4.2.1.3 - Identificação da Curva.....	45
4.2.1.4 - Dados Complementares.....	48
4.2.2 - Opção GPIB.....	49
4.2.2.1 - Arquivos de Sinais GPIB.....	50
4.2.2.2 - Aquisição de Dados.....	50
4.2.2.3 - Gráfico do Sinal GPIB.....	51
4.2.2.4 - Filtragem do Sinal Digital "Averaging".....	52
4.2.2.5 - Análise da Curva.....	53
4.2.3 - Curvas Discretizadas.....	54
4.2.3.1 - Arquivos de Curvas Discretizadas.....	54
4.2.3.2 - Análise da Curva Discretizada.....	55
4.2.3.3 - Gráfico da Curva Discretizada.....	56
4.2.3.4 - Filtragem do Sinal da Curva Discretizada "Averaging".....	57

Capítulo V: Subrotinas do Programa ACLAT

5.1 - Introdução.....	59
5.2 - Subrotinas de Aquisição de Dados.....	61
5.2.1 - Subrotina de Aquisição de Dados via "Scanner"....	61
5.2.1.1 - Introdução.....	61
5.2.1.2 - Módulos em "Assembler" "SCAN.OBJ" e "VGA.OBJ"..	62

5.2.2 - Subrotina de Aquisição de Dados via Placa GPIB...	65
5.2.2.1 - Introdução.....	65
5.2.2.2 - O Osciloscópio HP54111D	65
5.2.2.3 - Desenvolvimento do Sistema Osciloscópio-Micro- Placa GPIB.....	66
5.3 - Subrotinas de Processamento da Imagem.....	67
5.3.1 - Subrotina de Aquisição da Imagem Propriamente Dita.....	67
5.3.2 - Subrotina para Apresentação da Imagem na Tela....	67
5.3.3 - Subrotina de Limpeza de Pontos.....	68
5.3.4 - Subrotina de Identificação da Curva.....	68
5.3.5 - Subrotina de Aquisição do Sinal via GPIB.....	74
5.3.6 - Filtragem do Sinal Digital "Averaging".....	76
5.3.7 - Subrotina para Levantamento dos Parâmetros de Ensaio.....	77

Capítulo VI: Testes e Comparações

6.1 - Introdução.....	79
6.2 - Descrição do Procedimento de Análise Manual de Oscilogramas.....	80
6.3 - Aquisição de Dados.....	81
6.3.1 - Obtenção de Oscilogramas a Partir do Osciloscópio Haefely.....	81
6.3.2 - Ensaios Registrados pelo Digitalizador Hp54111D..	81
6.4 - Comparações Entre os Métodos.....	83

6.4.1 - Resultados das Análises dos Oscilogramas e Sinais GPIB.....	83
6.4.1.1 - Sinais GPIB Original e Filtrado.....	83
6.4.1.2 - Resultados da Análise Manual dos Oscilogramas do HP54111D e Haefely.....	83
6.4.1.3 - Oscilogramas Identificados pelo ACLAT.....	83
6.4.2 - Escolha do Método Comparativo.....	89
6.4.2.1 - Comparação entre Método Manual e ACLAT.....	93
6.4.2.2 - Oscilograma do Osciloscópio Haefely.....	95
6.4.2.3 - Comparação dos Métodos Manual e ACLAT com o GPIB.....	97
6.5 - Discussão dos Resultados das Comparações.....	102

Capítulo VII: Conclusão

7.1 - Comentários e Discussões.....	103
7.2 - Trabalhos Futuros.....	105

Referências Bibliográficas.....	107
Apêndice A.....	111
Apêndice B.....	117
Apêndice C.....	121

INTRODUÇÃO

Nos laboratórios de alta tensão (LATs), comumente os resultados e laudos técnicos dos ensaios são baseados na análise de oscilogramas de tensão e de corrente, obtidos geralmente com auxílio de osciloscópios de impulso. A análise desses oscilogramas é feita por especialistas de forma visual e muitas vezes de forma grosseira com o uso de lápis de ponta fina, réguas e esquadros. Esse tipo de análise será aqui denominada de técnica manual.

As normas de medição [1,2,3] preocupadas com uma melhor interpretação dos resultados definiram grandezas, tais como, zero virtual, tempo de frente, e tempo de meia onda. Contudo, mesmo com estas definições as análises são sempre muito trabalhosas, cansativas e sujeitas à erros.

Recentemente especialistas e pesquisadores têm se utilizado de digitalizadores de sinais analógicos para substituir o antigo método, mas aí surgiram alguns problemas. Os sinais medidos são rápidos, da ordem de dezenas de micro segundos, e o uso de digitalizadores com taxa de amostragem capaz de digitalizar tal sinal, representa um investimento bastante oneroso, da ordem de dezenas de milhares de dólares. O ambiente de um laboratório de alta tensão, local onde o digitalizador irá operar, é sujeito a interferências eletromagnéticas elevadas provocadas por inúmeras fontes, a exemplo das descargas elétricas causadas por falha de isolamento e do efeito corona. Isto pode prejudicar o funcionamento

dos delicados circuitos eletrônicos dos digitalizadores e causar inúmeros erros de interpretação dos sinais. Assim além de estudar o uso de digitalizadores nos laboratórios de alta tensão, o que ocorrerá no capítulo II, será definido e apresentado uma nova metodologia para análise de ensaios, que não só auxilia o trabalho de especialistas, mas torna os procedimentos de análise mais precisos e com custos reduzidos.

A nova metodologia proposta, descrita no capítulo III, consiste na captura da imagem contida no oscilograma com o uso de um "scanner" manual e de sua conversão em um arquivo binário para futuro processamento.

Entretando, o maior mérito desta dissertação é o de ter criado um programa computacional aberto à novos usuários e interessados em sua modificação, com possibilidades de adaptação às suas necessidades. Ao programa computacional então desenvolvido atribuiu-se título "ACLAT" Auxílio Computacional para Laboratórios de Alta Tensão. Ele foi elaborado com formato modular, visando facilitar a inserção de novas subrotinas. O desenvolvimento completo do programa ACLAT encontra-se detalhado nos capítulos IV e V.

Por fim, para validar a nova técnica de "scanner" e o próprio programa, foram feitos inúmeros ensaios laboratoriais, cujos dados foram analisados pelas três técnicas distintas, ou melhor, a manual, a do "Scanner" e a da digitalização do sinal. Todos os resultados dos testes encontram-se descritos no Capítulo VI.

CAPÍTULO I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

"Neste capítulo será feita uma análise bibliográfica dos processos de aquisição de dados em laboratórios de alta tensão"

1.1 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO

Em laboratórios de alta tensão, é de uso corrente o registro dos resultados dos ensaios laboratoriais efetuados. Isto além de possibilitar futuras análises, segundo normas e critérios pré-estabelecidos [1,2,3], assegura o armazenamento de valiosas informações. Razão pela qual, os métodos de registro sempre foram motivos de muito estudo e pesquisa por especialistas do assunto. Alguns equipamentos tiveram seu desenvolvimento iniciado em meados de 1920 [4,5,6,7,8,9,10] e até hoje constituem-se em elementos

essenciais ao processo de medição dos laboratórios, a exemplo do oscilógrafo e do osciloscópio de impulso.

Os oscilógrafos são equipamentos que podem registrar os sinais de entrada de forma mecânica ou ótica. Dentre os oscilógrafos de registro mecânico encontram-se os traçadores XY, que empregam folhas milimetradas e canetas especiais. Esse tipo de construção totalmente mecânica limita seu uso a frequências em torno de 10Hz. Para o registro de frequências um pouco superiores, ou melhor em torno de 30 kHz, foram idealizados os oscilógrafos óticos, cuja filosofia de construção é ótico-mecânica, baseada em galvanômetros óticos e papéis fotosensíveis. Sua maior aplicação se dá nos ensaios de alta corrente, classe 60 Hz.

Já, os osciloscópios de impulso [11], ilustrados na figura 1.1, são equipamentos para registro de sinais rápidos e singulares, com frentes de onda com tempos que giram em torno de algumas dezenas de nanosegundos. Seu principal componente é um tubo de raios catódicos (CRT), com tela fluorescente e feixe eletrônico. Os movimentos verticais do feixe eletrônico são diretamente controlados pelos sinais de entrada de tensão e os horizontais, por uma base de tempo interna ao osciloscópio. No registro de tensões impulsivas, todo o sistema é disparado por um sinal de "trigger" externo, proveniente dos geradores de impulso. Como os movimentos do feixe podem ser facilmente registrados em câmeras fotográficas tipo "polaroid", o osciloscópio de impulso se tornou um dos principais equipamentos no registro de sinais em laboratórios de alta tensão. Soma-se a isto o fato de que, com amplitudes dos

sinais de entrada podendo atingir valores de até 2000V, as interferências eletromagnéticas são drasticamente reduzidas e, o acoplamento direto com os divisores de tensão e com os resistores "shunt" tornam-se possíveis. A fotografia obtida desse registro é denominada oscilograma e sobre ela são efetuados todos os procedimentos para interpretar manualmente os resultados do ensaio.

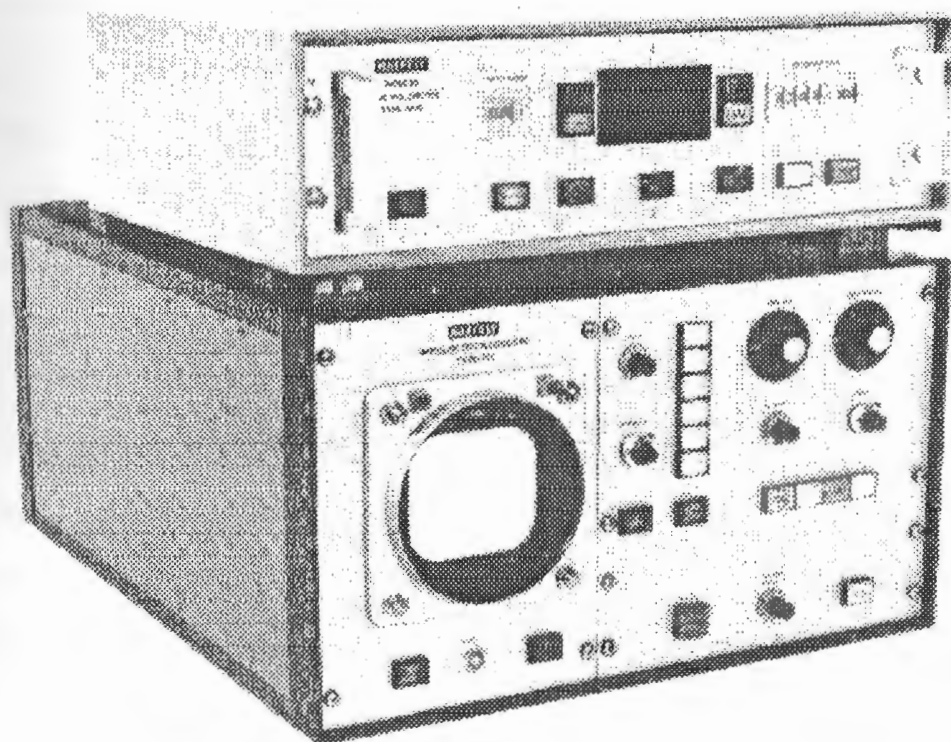


figura I.1 - Osciloscópio de Impulso

Contudo, com o advento da informática e do processamento digital dos sinais, os registros e as medições dos ensaios já podem ser efetuadas através dos modernos digitalizadores.

1.2 DIGITALIZADORES

1.2.1 CONSIDERAÇÕES

Com o desenvolvimento da eletrônica digital, em meados da década de 70, surgiram os primeiros testes de digitalização de sinais em laboratórios de alta tensão e com eles, todo um campo novo de investigação, voltado exclusivamente aos problemas dali decorrentes. Dois dos problemas mais graves detectados foram a interferência eletromagnética e o registro de sinais com tempos de frente da ordem de dezenas de nanosegundos. As interferências eletromagnéticas, provenientes das mais variadas fontes, comprometem seriamente todo o funcionamento de equipamentos eletrônicos. Já, a rapidez dos sinais a serem registrados necessitam de equipamentos sofisticados com um custo muito elevado.

No início dos anos 80, vários testes foram feitos com digitalizadores em laboratórios e universidades. Um dos principais pesquisadores deste assunto é R. Malewski[12,13,14,15,16,17] e seus colaboradores, que abordaram em seus artigos suas experiências e os problemas encontrados. Cabe ressaltar que essas experiências foram decisivas para a elaboração da norma IEC 1083-1 [18], de 1991, relativa ao tema. Esses artigos serão melhores descritos no item subsequente.

1.2.2 MALEWSKI E COLABORADORES

Nos artigos de R. MALEWSKI e colaboradores encontram-se registrados detalhadamente seus ensaios, seus resultados e suas

dificuldades sobre a informatização dos laboratórios de alta tensão.

Em [12], R. Malewski analisa a precisão de medida necessária de um digitalizador fazendo um estudo de suas características (frequência característica, largura de banda e etc). O autor ressalta que no caso do osciloscópio convencional de impulso a análise pode ser prejudicada pela espessura do traço do sinal registrado no oscilograma analógico, além disso o uso do digitalizador oferece várias facilidades e vantagens operacionais, como por exemplo o processamento futuro do sinal gravado.

Em [13], R. Malewski apresenta o desenvolvimento de um registrador digital para ser utilizado como um substituto de um osciloscópio de impulso em laboratórios de alta tensão, mostrando que o equipamento necessita apresentar uma alta taxa de amostragem e um certo tamanho de palavra (nº de "bits") para permitir a gravação de transientes rápidos. Com a finalidade de proteger os circuitos eletrônicos sensíveis contra a interferência eletromagnética, o autor desenvolve um estudo detalhado da natureza desta interferência para dimensionar um sistema de blindagem para o sistema desenvolvido.

Em [19] é apresentado um sistema de aquisição digital de dados em laboratórios de ensaios de disjuntores de alta tensão. São descritos a configuração de "hardware", os problemas com ruídos e suas soluções, interferências eletromagnéticas e processamento do sinal digital, apresentando como vantagem a rapidez na análise e precisão nos resultados.

Em [14], R. Malewski apresenta um estudo feito com digitalizadores, visando analisar suas precisões em medidas, e com isso obter procedimentos para escolha de um digitalizador ideal ao registro de tensões impulsivas dos teste de auto-recuperação e não auto-recuperação da isolação (ensaio não repetitivo). Certos digitalizadores são caracterizados por uma resolução de tempo alta, mas seu desempenho dinâmico em certos casos não pode ser retirado de seus manuais de especificação. O autor analisa a característica "Bit Equivalente" que é utilizada como critério do desempenho dinâmico do digitalizador, e propõe também um teste de distribuição do erro de digitalização.

Em [20] é descrito um modelo computacional para estabelecer a magnitude dos erros de um digitalizador, quando utilizado para registrar impulsos de alta tensão. Segundo norma correlata, utiliza-se um gerador de impulso calibrado para analisar a resposta de um digitalizador a um impulso atmosférico 1,2/50. Contudo, esse artigo questiona esse procedimento, uma vez que em muitos ensaios são utilizados sinais diferentes desse formato. O modelo computacional apresentado é baseado em testes de dados no domínio do tempo combinado com o entendimento básico dos princípios de operação de digitalizadores. Segundo os autores, o fato dos digitalizadores operarem sob princípios físicos diferentes dos osciloscópios analógicos, faz com que sejam sujeitos a tipos de erros diferentes. Ao contrário dos osciloscópios de impulso que podem ser caracterizados por sua frequência característica, os registradores digitais não podem ser representados por um sistema

linear, tornando esta técnica inválida. Os erros ocasionados quando se utiliza um registrador rápido são muitas vezes uma consequência direta da técnica de conversão empregada. Então para avaliar as propriedades de medição de um digitalizador, é importante examinar não somente sua taxa de amostragem e resolução, mas também o tipo da técnica de conversão A/D utilizada.

1.3 OUTROS PESQUISADORES.

Os artigos numerados de [21] à [24] elaborados por JAEGER, R.C. apresentam um apanhado geral sobre conversores analógico-digitais, descrevendo desde os princípios mais simples e básicos dos circuitos comparadores e "Sample-and-Hold" até as configurações de Hardware dos conversores rápidos denominados "Flash". O capítulo II deste trabalho apresenta uma descrição detalhada envolvendo estes tópicos.

Em [25] é apresentado um trabalho sobre o desempenho de um digitalizador sob condições dinâmicas. A metodologia do teste foi desenvolvida pela "Hewlett-Packard" (HP) e analisa o comportamento da função de transferência de um digitalizador perante condições dinâmicas e estáticas.

CAPÍTULO II

AQUISIÇÃO POR DIGITALIZADORES EM LABORATÓRIOS DE ALTA TENSÃO

Os digitalizadores vêm obtendo grande destaque na área de alta tensão, sendo inclusive objeto de norma recente [18]. Como o tema apresenta termos e circuitos definidos e elaborados recentemente e algumas vezes desconhecidos pelos especialistas da área, neste capítulo será apresentado o digitalizador de uma maneira bem ampla envolvendo os seus princípios básicos de funcionamento e composição. Para tanto, serão apresentados os termos específicos, os circuitos, as características básicas e o desempenho dos digitalizadores nos laboratórios de alta tensão. Isto também facilitará o entendimento da interface entre o digitalizador HP-54111D e o programa ACLAT.

2.1 CONVERSORES ANALÓGICO-DIGITAIS

O cerne dos digitalizadores de tensão compõe-se de circuitos eletrônicos denominados conversores analógicos digitais. Esses circuitos têm a função básica de discretizar uma tensão analógica, expressando-a através de algarismos binários de n-bits facilmente manipulados por um computador.

2.1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os conversores analógico digitais são conjuntos de dispositivos eletrônicos que comparam tensões. Cada bloco comparador atua como ilustra a figura II.1. Quando uma tensão analógica desconhecida V e uma tensão de referência V_{ref} são aplicadas às entradas do comparador, a tensão de saída será alta, correspondendo ao nível "1", ou, baixa, correspondendo ao nível "0", dependendo apenas se a tensão V_{ref} é menor ou maior que V . Tem-se assim, que os conversores analógico digitais são dispositivos onde as entradas são tensões analógicas e as saídas, tensões correspondentes a um nível lógico, formando um número binário.

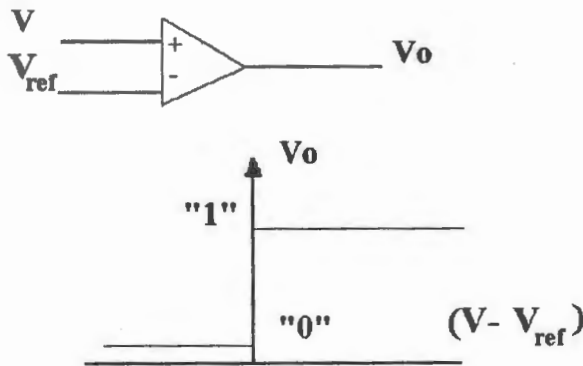


figura II.1 - Relação entre entrada e saída do comparador

O número binário resultante da conversão é uma representação percentual da tensão de entrada V em relação à tensão de fundo de escala do conversor, denominada V_{fs} [22]. Um exemplo de um

conversor ideal de 3 bits é mostrado na figura II.2, onde é mostrado a relação entrada-saída para uma entrada em rampa.

A medida que a entrada cresce de 0 até a tensão de fundo de escala V_{fs} , os valores dos patamares (ou bandas) dos códigos de saída vão de 000 à 111. A largura de uma banda de tensão ideal representa o tamanho do "LSB" (least significant bit), ou seja o bit menos significativo do conversor. Para um conversor de n-bits, o "LSB" corresponde à uma tensão de entrada de:

$$V_{LSB} = \frac{V_{fs}}{2^n} \quad (2.1)$$

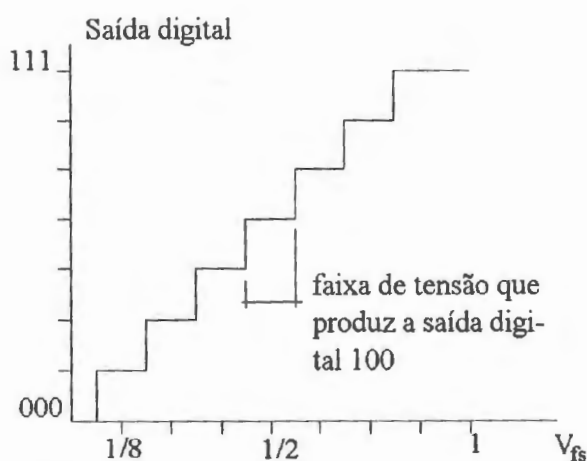


figura II.2 - Relação entrada/saída de um conversor ideal de 3 bits

Para uma variação de tensão igual à um V_{LSB} , não haverá alteração no algarismo ou código de saída, o que causa um fenômeno chamado de "Erro de Quantização". Esse erro pode ser melhor explicado considerando o seguinte exemplo: para o código de saída

igual à 100_2 , a tensão de entrada pode assumir qualquer valor dentro do intervalo 0.4375V à 0.5625V, em um conversor com tensão V_{LSB} igual à 0.125V.

2.1.2 MÉTODOS DE CONVERSÃO

Existem muitas configurações de conversores, sendo que a diferença básica entre elas está na estratégia utilizada para variar o sinal de referência V_{ref} para determinar o sinal de saída. Estas configurações são conhecidas como: conversor de rampa contador, conversor "Tracking", conversor de aproximação sucessiva, conversor de rampa simples, conversor de rampa dupla, conversor paralelo (Flash). Neste capítulo apenas os conversores do tipo Flash serão comentados por serem os mais utilizados no tocante à conversão de sinais rápidos.

Os conversores do tipo Flash segundo [22 e 26] utilizam um "hardware" adicional para executar a conversão paralela. O termo "Conversor Flash" é utilizado devido a velocidade de conversão que está relacionado. A figura II.3 apresenta um conversor paralelo de 3 bits onde a tensão desconhecida V_x é simultaneamente comparada a 7 tensões de referência diferentes. O circuito lógico combinacional codifica a saída do comparador diretamente em 3 dígitos binários que representa o valor quantizado da tensão de entrada. A velocidade deste conversor é da ordem de 100 milhões de conversões por segundo.

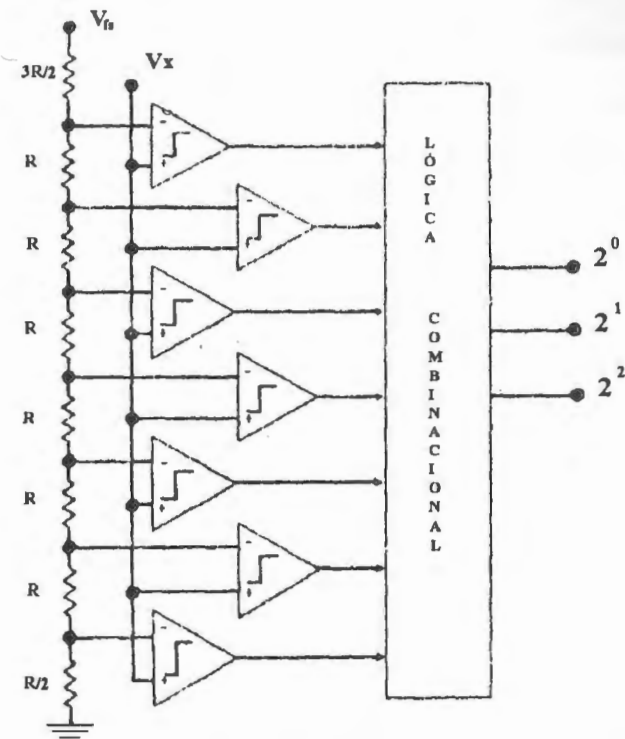


figura II.3 - Conversor do tipo Flash

O conversor paralelo A/D é utilizado quando a máxima velocidade é necessária sendo que ela é encontrada em conversores de resolução relativamente baixa, sendo que $2^n - 1$ comparadores e tensões de referência são utilizados no caso de um conversor de n bits. Assim o custo de implementação destes conversores cresce rapidamente com a resolução. No entanto, conversores com resolução de 6,8 e 10 bits tem sido construídos com o uso da tecnologia de circuitos integrados monolíticos.

As faixas de tensão de entrada de um CAD, conversor analógico digital, são tipicamente de 0 à +5V ou 0 à +10V para operação unipolar, e -5 à +5V ou -10 à +10V para operação bipolar.

Durante o ciclo de conversão o valor do sinal deve permanecer constante na entrada dos comparadores; no entanto a maioria das vezes deseja-se trabalhar com sinais variantes no tempo, para isso são utilizados circuitos denominados "Sample-and-Hold", que capturam o sinal de entrada e o mantém constante durante a conversão. Um circuito "Sample-and-Hold" bem simples consiste apenas em uma chave e um capacitor C_h "hold capacitor", ver figura II.4. Quando a chave fecha o capacitor é carregado com a tensão de entrada mantendo-a constante e, depois, a chave é aberta para que seja feita a conversão. Na verdade os circuitos "Sample-and-Hold" envolvem circuitos bem mais complexos que o da figura II.4, este porém possui apenas uma finalidade didática.

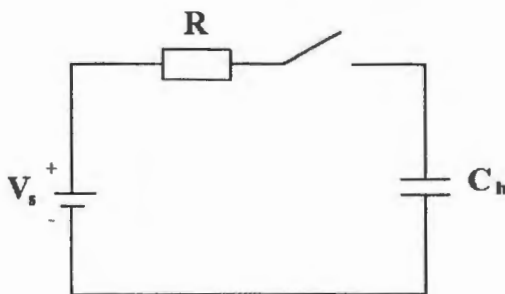


figura II.4 - Circuito "Sample and Hold"

A operação de um circuito "Sample-and-Hold" pode ser vista na figura II.5. Até o instante T_1 , a saída está no modo "Hold". No instante T_1 , o circuito é acionado para capturar um novo valor de entrada. O tempo de aquisição T_{ac} é o tempo necessário para a saída do circuito ficar igual à entrada. A saída passa a seguir a

Entrada até que o circuito seja colocado novamente no modo "Hold" no instante T_2 . O intervalo T_{ap} , denominado tempo de abertura, é o tempo necessário para que o circuito entre novamente no modo "Hold".

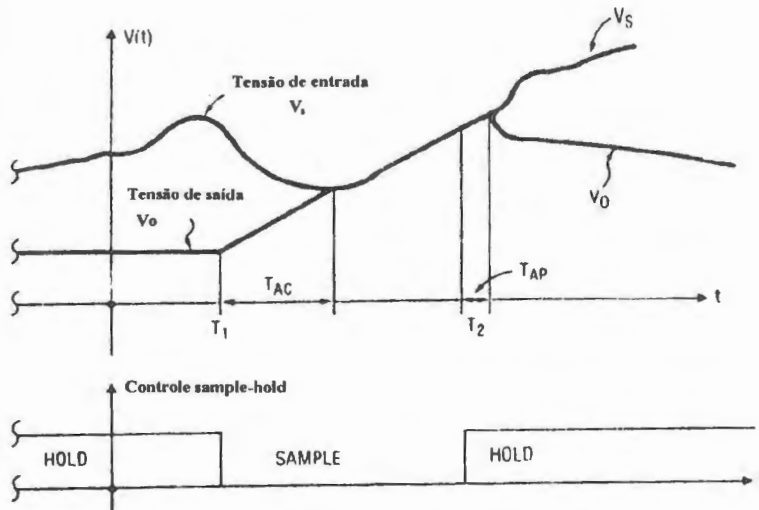


figura II.5 - Modo de operação do circuito "sample and hold"

2.2 O DIGITALIZADOR

2.2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

O digitalizador é um equipamento eletrônico dedicado à aquisição e digitalização de sinais analógicos variantes no tempo. Ele é constituído de conversores analógico digitais compostos de comparadores e decodificadores digitais, circuitos "Sample-and-Hold", barramentos que permitem interface com microcomputadores,

impressoras, etc, "CRT" (tubo de raios catódicos) para apresentação do sinal ao usuário, vários canais de entrada, seletores que permitem a variação das escalas de tempo e tensão de cada canal e, todas as opções oferecidas pelos mais modernos osciloscópios digitais. Os sinais digitalizados podem também ser transferidos para um microcomputador através de uma placa GPIB, como será melhor descrito no capítulo IV.

Para a utilização de digitalizadores em laboratórios de alta tensão foram elaborados, segundo [18], termos e definições correlatas para que se possa no decorrer do trabalho utilizar uma linguagem específica. Tais definições estão descritas no Apêndice A.

2.2.2 PROBLEMAS DO USO DO DIGITALIZADOR NOS LABORATÓRIOS DE ALTA TENSÃO

O problemas existentes durante a digitalização de sinais em laboratórios de alta tensão tem sido motivo de muitos estudos e pesquisas pelos especialistas do assunto. Muitos artigos descrevendo os problemas, possíveis soluções e resultados têm sido publicados desde meados de 1980, ressaltando o autor R. Malewski, cujos artigos constituíram importantes fontes de pesquisa para os trabalhos desenvolvidos já descritos no capítulo I.

Em primeiro lugar deve ser ressaltado que segundo [13 e 19], as tensões e correntes a serem medidas são da ordem de centenas de milhares de volts e dezenas de milhares de amperes respectivamente, sendo portanto incompatíveis com qualquer equipamento eletrônico de

medição. Para isso são utilizados os divisores de tensão e shunts conforme figura II.6; o primeiro apresenta uma fração de valor conhecido da tensão que se deseja medir e o segundo o valor da corrente sob a forma de tensão em uma resistência de baixo valor. Considerando-se que a magnitude dos sinais de alta tensão podem atingir até 4000 kV, os valores de tensão do divisor e shunt podem atingir valores superiores a 1000 V. Os valores das tensões de saída desses dispositivos são desta ordem, afim de obter um valor da relação sinal-ruído alto, tornando pouco significativa a presença do ruído existente no laboratório sobre o sinal principal. Estes valores de tensão são incompatíveis com o nível de tensão de entrada permitido pelos digitalizadores, sendo necessário utilizar um sistema atenuador para tornar as tensões compatíveis com o digitalizador.

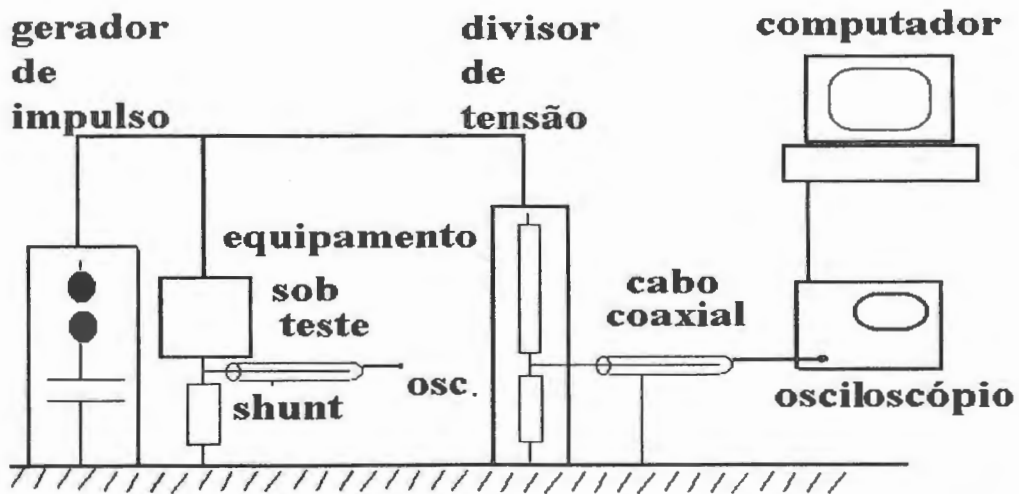


figura II.6 - Diagrama do Sistema de Medição

O ambiente onde se encontra instalado o laboratório é normalmente sujeito à altas interferências eletromagnéticas devido às descargas elétricas totais ou parciais provindas de diferentes fontes, [12, 13 e 19] ambiente inóspito para o digitalizador e o sistema atenuador. Eles são equipamentos constituídos de circuitos extremamente sensíveis perante estas interferências, sendo portanto necessária uma blindagem eficiente contra elas que proteja todos os circuitos eletrônicos e cabos de conexão.

Em [13], R. Malewski desenvolveu um profundo estudo sobre a influência da interferência eletromagnética em laboratórios de alta tensão, incluindo a geração da interferência, modos de penetração nos dispositivos, condução ao longo dos caminhos e o projeto de uma blindagem e método para averiguar a eficiência da blindagem.

Os sinais utilizados durante um ensaio laboratorial de alta tensão são de curta duração, cuja frente de onda pode ser menor que $0.5\mu s$ segundo normalização correspondente. Para tanto torna-se necessário a utilização de um digitalizador com taxa de amostragem compatível com a rapidez dos respectivos sinais [12]. Um exemplo a ser citado é um tipo de ensaio feito em transformadores [15]. A presença de pequenas oscilações na forma de onda podem indicar a ocorrência de uma descarga parcial. Estas oscilações, como são compostas por sinais de alta frequência, necessitam de um digitalizador com taxa de amostragem compatível, caso contrário a existência de uma descarga parcial poderá passar despercebida.

O custo para implantação de um sistema completamente blindado composto de um digitalizador com alta taxa de amostragem e

atenuadores é extremamente alto, da ordem de centenas de milhares de dólares.

2.2.3 DESEMPENHO DO DIGITALIZADOR

Segundo [12,13,14,16,17 e 27], o desempenho dinâmico dos digitalizadores é limitado pelo seu erro randômico, onde o valor deste erro só pode ser determinado por métodos estatísticos. Isto significa que a gravação digital de um sinal terá formas diferentes cada vez que ele for digitalizado. A solução para isso está no estudo do erro de digitalização, selecionando um digitalizador adequado e reduzindo este erro à um nível aceitável.

O procedimento mais utilizado de análise do desempenho de um digitalizador é baseada no "BIT" Equivalente (EB), isto é, a resolução atual do digitalizador expresso em bits. No teste do bit equivalente, uma senóide pura com amplitude igual ao fundo de escala (para que todos os códigos digitais sejam exercitados) é digitalizada e a gravação digital é ajustada para uma senóide calculada utilizando mínimos quadrados. As diferenças ponto a ponto entre a gravação digital e a ajustada são tomadas como o erro instantâneo real, enquanto que as diferenças entre a senóide calculada e o nível digital mais próximo são tomados como o erro instantâneo de um digitalizador ideal. Assim o número de bits equivalentes para um digitalizador de N bits é calculado pela equação 2.2, onde R é a relação entre o valor RMS do erro real e ideal. Um digitalizador real de um certo número de bits se comporta como se fosse um digitalizador ideal, porém com um número de bits

reduzido.

$$EB = N_{\text{atual}} - \text{LOG}_2 R \quad (2.2)$$

Um digitalizador ideal mantém este erro dentro de $\pm 1/2$ LSB. Infelizmente o erro dos digitalizadores na prática aumenta com o aumento da frequência dos sinais, o qual pode ser interpretado como uma perda do número de bits do digitalizador.

2.3 ESCOLHA DE UM DIGITALIZADOR

2.3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A taxa de amostragem de um digitalizador deve ser escolhida de modo a estar de acordo com o tipo do sinal. Do ponto de vista teórico o teorema de Shannon menciona: "Se a frequência mais alta de um sinal contínuo $x(t)$ é f_0 (Hz), então $x(t)$ pode determinado unicamente dos seus valores amostrados uniformemente $x(kT)$ se o período T for selecionado para satisfazer $T \leq 1/(2*f_0)$ [27]. Isto é expresso pela equação:

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(kT) * \frac{\sin \frac{\pi(t-kT)}{T}}{\frac{\pi(t-kT)}{T}} \quad (2.3)$$

Então se a frequência mais alta do sinal é maior que a frequência de Nyquist (que é igual a metade da frequência de amostragem), há uma perda de informação e uma superposição do espectro de frequência, denominado "aliasing", ocorrendo distorções na forma do sinal digitalizado.

A largura de banda dos dispositivos e equipamentos (divisores de tensão, shunts, atenuadores e digitalizador) utilizados para medição e gravação dos sinais precisam ser coordenadas, segundo [12].

2.3.2 REQUISITOS PARA ESCOLHA DE UM DIGITALIZADOR

Serão especificados os valores máximos ou mínimos que cada característica individual de um digitalizador deve atender para medições impulsivas segundo [18]. Todos os parâmetros aqui citados estão definidos no Apêndice A.

Taxa de amostragem: Deve ser maior ou igual a $30/T_x$ amostras por segundo, onde T_x é o intervalo de tempo a ser medido.

Resolução: Uma resolução mínima de 0,4% (2^{-8}) de desvio em relação ao fundo de escala é recomendada para testes onde apenas os parâmetros de impulso serão avaliados. Para testes que exigem comparação dos sinais, é recomendada uma resolução mínima de 0,2% (2^{-9}).

Nota: A melhor resolução avaliável de um osciloscópio analógico é cerca de 0,3% da deflexão de fundo de escala. Daí o limite inferior de 0,2% assegura que o

digitalizador utilizado para medidas comparativas terá um desempenho pelo menos igual ao osciloscópio analógico.

precisão no processo de leitura: O método de leitura do sinal não deve produzir uma incerteza maior que 1% do parâmetro lido.

Não linearidade da amplitude: A não linearidade integral estática deve estar entre $\pm 0,5\%$ da deflexão de fundo de escala. A não linearidade diferencial deve estar entre $\pm 0,8\%$ p.u. da largura média do código binário W_0 , tanto para testes estáticos quanto dinâmicos.

Não linearidade da base de tempo: A não linearidade da base de tempo deve ser menos que 2% de T_x , onde T_x é o intervalo de tempo a ser medido. Se a não linearidade integral está entre 2% e 5% de T_x então a base de tempo deve ser calibrada para cada sinal. Se a não linearidade integral é menor que 0,5% de T_x então apenas uma calibração periódica é necessária.

A incerteza do intervalo de amostragem deve ser menor que um sexto do intervalo de amostragem.

Fator de escala de impulso: O fator de escala de impulso deve ser constante na faixa de $\pm 1\%$ sobre o intervalo de $0,5T_1$ a $2T_2$. T_1 e T_2 estão definidos em [1]. Para impulsos cortados, substitua T_2 por T_c . Para impulsos de manobra, T_1 é definido da mesma maneira que impulso atmosférico.

Tempo de subida: O tempo de subida de um digitalizador deve ser menor ou igual a $1/(2\pi f_{\max})$.

Níveis de ruídos internos: O nível de ruído interno deve ser menor que 0,4% da deflexão de fundo de escala para medidas dos parâmetros da forma de onda e menor que 0,1% da deflexão de fundo de escala para medidas comparativas.

Limites de interferência: A máxima deflexão da linha de referência nos testes de interferência não deve ser maior que 1% da deflexão de fundo de escala. Valores maiores são permitidos se a interferência apenas ocorrer em um intervalo de tempo onde não afete a precisão da medida.

Ripple: O efeito de qualquer ripple da linha de alimentação ou outras fontes na saída do digitalizador deve ser menor que 0,4% da deflexão de fundo de escala para medidas dos parâmetros da forma de onda e menor que 0,1% da deflexão de fundo de escala para medidas comparativas.

2.4 MÉTODOS PARA CORREÇÃO DE ERROS DA DIGITALIZAÇÃO

Os erros que podem ocorrer nos sinais digitalizados podem ser principalmente devido à ruídos e erros de digitalização (já citados acima) que possuem uma característica randômica.

Deve ser considerado que a parte útil dos sinais possui um

espectro de frequência limitado (devido à natureza do fenômeno, e à largura de banda do sistema de medida). Por outro lado, os ruídos possuem um espectro que cobrem teoricamente uma faixa grande de frequência. É possível reduzir o ruído sem perturbar a parte útil dos sinais através de filtros [27] passa-baixa que podem ser analógicos ou digitais. Os filtros digitais apresentam várias vantagens sobre os analógicos através da utilização de modernos, rápidos e potentes computadores; os sinais podem ser processados mais de uma vez, de maneiras diferentes; as características podem ser modificadas; não há variação dos parâmetros com tempo e temperatura.

Os erros randômicos de digitalização podem ser reduzidos à um nível aceitável [14] fazendo-se uma média dos valores adjacentes da gravação digital. O método consiste na substituição de cada amostra $y(n)$ pela nova $y(n)^*$ dada pela equação:

$$y(n)^* = \frac{1}{2k+1} * \sum_{i=-k}^{+k} y_{n+i} \quad (2.4)$$

onde K é o nº de pontos adjacentes tomados em torno de cada amostra.

CAPÍTULO III

NOVA TÉCNICA DE INTERPRETAÇÃO DE OSCILOGRAMAS POR "SCANNERS"

O presente capítulo descreve a nova técnica de "Interpretação de Oscilogramas por Scanners" e aborda também os princípios de funcionamento dos "Scanners" tanto a nível de "hardware" quanto de "software".

3.1 INTRODUÇÃO

As imprecisões da técnica manual e os problemas, já frisados, dos digitalizadores direcionaram os estudos para a criação de uma nova técnica de medição baseada nos "Hand Scanners" e "Scanners" de mesa, cujas características principais podem ser sintetizadas em baixíssimo custo, uso de equipamentos convencionais de aquisição, como o osciloscópio de impulso, ausência de interferências eletromagnéticas, repetitividade, grande precisão e possibilidade de analisar ensaios antigos.

Antes porém de descrever a técnica propriamente dita, serão

mostrados os princípios básicos de funcionamento dos "Scanners", procurando dar uma visão geral desses dispositivos, que são o cerne da nova técnica.

3.2 "SCANNERS"

Os "Scanners" são equipamentos eletrônicos que convertem uma imagem em uma matriz numérica, através da qual pode-se representar a distribuição posicional da densidade ótica desta imagem. Segundo [28], os "Scanners" são constituídos basicamente de um feixe de luz móvel ou fixo, um transdutor que converte o sinal luminoso em uma grandeza elétrica, um conversor analógico-digital, uma interface para microcomputador e um sistema controlador do feixe de luz. Um diagrama de blocos de todo sistema pode ser visto na figura III.1.

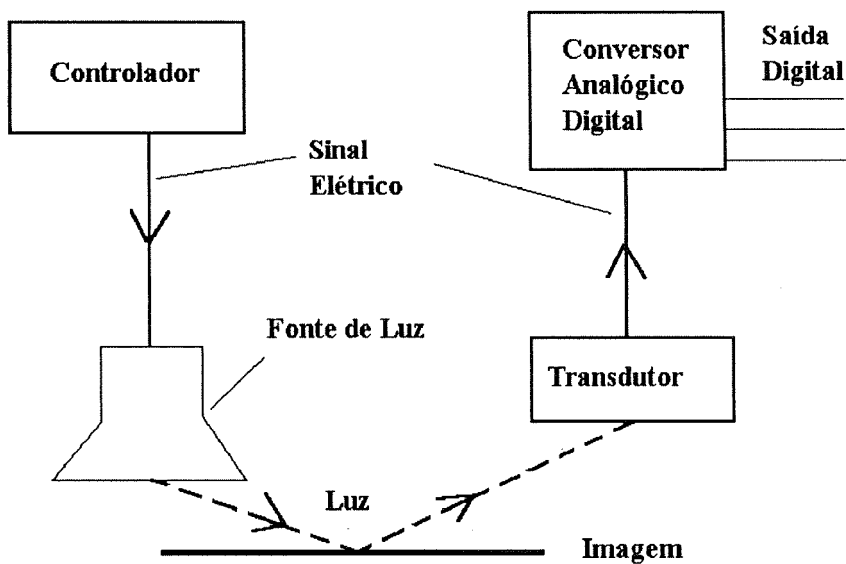


figura III.1 - Diagrama do funcionamento do Scanner

3.2.1 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

Tanto o processo de captura da imagem quanto o modo de varredura podem ser implementados de diferentes formas. No processo de captura, uma luz incidente sobre a imagem pode ter ou sua parcela refletida ou sua parcela transmitida capturada, como ilustra as figuras III.2 e III.3. Já o processo de varredura da imagem pelo foco de luz, ele pode ser também implementado de duas formas, a "Flying Spot Scanner" e a "Flying Aperture Scanner". A primeira consiste em mover o foco de luz elemento a elemento e medir a quantidade total de luz transmitida ou refletida pelo transdutor, conforme fig. III.2. Já a segunda, a imagem deve ser inteiramente iluminada e ter convertida no transdutor apenas a luz transmitida ou refletida de um único elemento da imagem, conforme fig. III.3.

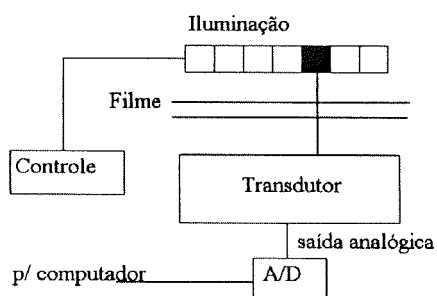


figura III.2 - "Flying Spot Scanner"

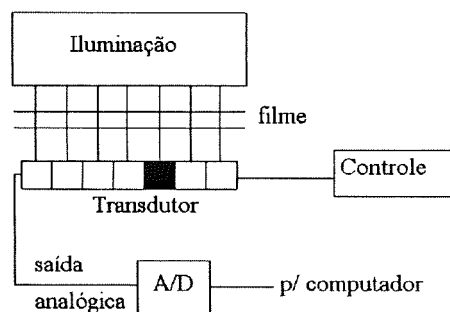


figura III.3 - "Flying Aperture Scanner"

Posteriormente aos processos de varredura e captura, o transdutor converte a luz incidente em um sinal elétrico (de carga, corrente ou tensão). Esse sinal entrando no conversor "A/D" é

quantizado sob forma digital, podendo ser gravado, processado ou transmitido para o computador.

3.2.2 TIPOS DE "SCANNERS" EXISTENTES

Atualmente os "Scanner" tem conquistado um grande espaço em diversos setores do cotidiano, tanto pela sua praticidade quanto por sua rapidez. Um exemplo dos mais simples de "Scanners" são as canetas ótica dedicadas à leitura dos códigos de barra, estampados em quase todos os produtos comercializados. Contudo, em sua grande maioria os "Scanners" são utilizados como ferramenta na editoração de textos. Imagens e/ou fotografias capturadas podem ser facilmente importadas para um texto usando programas comerciais específicos. Os "Scanners" manuais, ilustrados na figura III.4, têm certas restrições quanto à resolução e tamanho de imagens, porém apresentam baixo custo (da ordem de US\$ 200,00) e grande facilidade operacional.

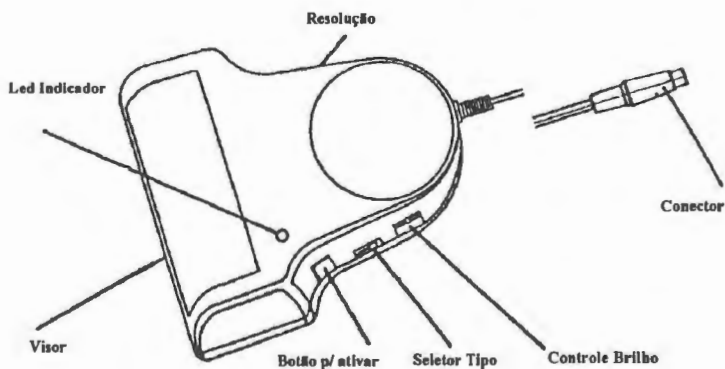


figura III.4 - Scanner Manual

Os "Scanners" de mesa, similares aos da figura III.5, suprem com excelentes qualidades as restrições impostas ao "Scanner" manual e também permitem a captura de imagens coloridas. Contudo, seu custo é um pouco superior ao dos "Scanners" manuais, em torno de US\$ 1500,00, mas quando comparado com equipamentos de medição convencional é ainda extremamente reduzido.

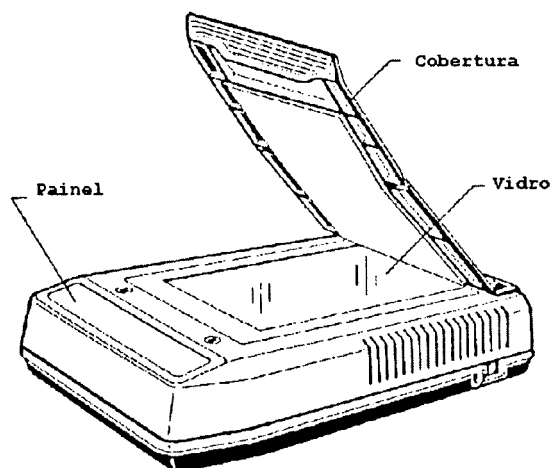


figura III.5 - "Scanner" de Mesa

3.3 DESCRIÇÃO DA NOVA TÉCNICA PROPRIAMENTE DITA

O principal mérito da nova técnica ora apresentada é o de ter empregado um equipamento voltado basicamente para a editoração de texto em sistemas de medição.

Essa técnica consiste na substituição do método de análise manual de oscilogramas (descrito no Apêndice B), pela aquisição da imagem do oscilograma através do "Scanner" manual ou de mesa e seu

posterior processamento por microcomputador. A adequação da técnica a nível de "software" foi feita pelo programa computacional denominado "ACLAT" Auxílio Computacional para Laboratórios de Alta Tensão, cujos detalhes serão descritos no capítulo IV e V. Esta ferramenta não só controla todo "Hardware" envolvido como também executa todo o processamento da imagem. Na figura III.6 é ilustrado toda a técnica empregada.

A imagem, estando acessível no microcomputador, pode agora ter identificadas sua curvas de tensão e/ou corrente, facilitando toda a análise do ensaio.

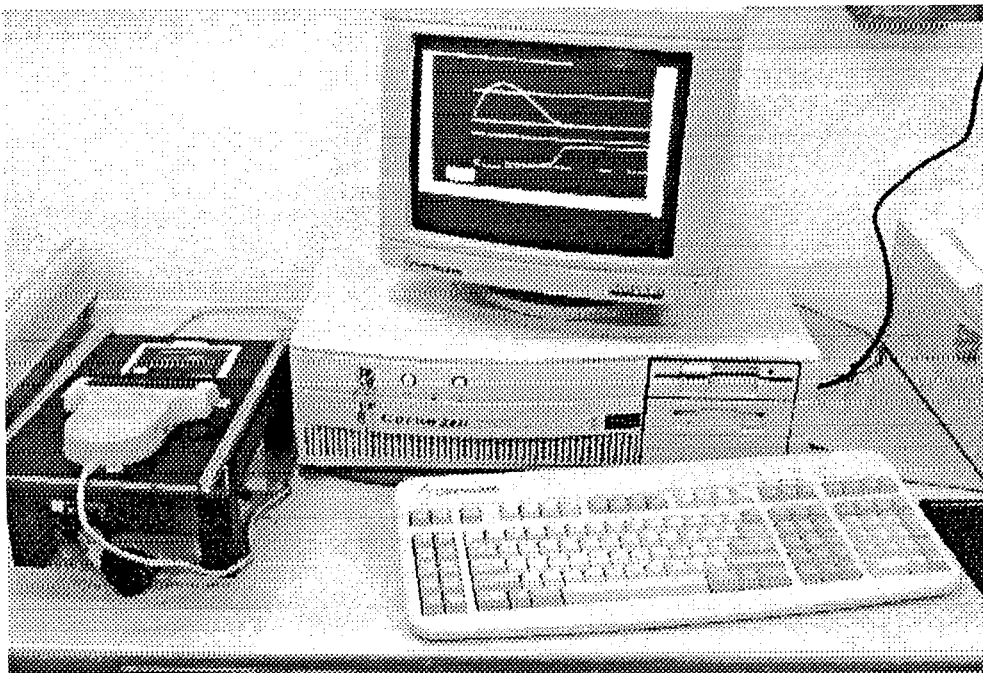


Figura III.6 - Detalhe da Nova Técnica

3.4 VANTAGENS DO MÉTODO PROPOSTO

Essa nova técnica, além de ser muito mais precisa que as técnicas manuais (Apêndice B) por eliminar grande parte dos erros

■istemáticos ocasionados pelos operadores, possibilita estudar digitalmente ensaios antigos com igual qualidade. Destaque especial deve ser dado à essa última característica, porque ela é exclusiva da técnica ora apresentada. Esta técnica também pode ser estendida para outras áreas de conhecimento, onde tais problemas são freqüentes, a exemplo da climatológica, que ainda possui inúmeros equipamentos registradores analógicos e, conseqüentemente, inúmeros registros gráficos em papel que precisam ser devidamente processados.

Quando a nova técnica é comparada com a metodologia de medição por digitalizadores, ela também se mostra melhor adaptada e com vantagens. Dentre elas o baixo custo do sistema micro-"Scanner", a partir de US\$ 200,00, a imunidade à interferências e a possibilidade de aliar todas as vantagens dos processos de aquisição analógica já existentes em laboratórios de alta tensão, com as modernas técnicas digitais de interpretação de sinais por computadores.

3.5 PROBLEMAS DETECTADOS NA TÉCNICA

Neste item serão descritos os problemas identificados na nova técnica que podem prejudicar sua utilização. Estes problemas tem origens distintas, tais como o processo fotográfico, o processo de captura e os "softwares comerciais".

3.5.1 PROBLEMAS DA FOTOGRAFIA DO OSCILOGRAMA

Idealmente, a amplitude do sinal elétrico na saída do

transdutor é proporcional à intensidade da luz, mas todos os detectores físicos possuem duas características denominadas "Dark Threshold" e "Saturation Threshold". "Dark Threshold" é o nível de um sinal de entrada abaixo do qual nenhum sinal é detectado na saída do transdutor. O segundo, "Saturation Threshold" é o nível de um sinal de entrada acima do qual o sinal de saída passa a permanecer constante, formando um "joelho" na curva Saída Digital versus Densidade Ótica, da figura III.7. Essas características normalmente na editoração de texto causam perdas de informação que podem ser, dependendo do caso, perfeitamente toleradas ou contornadas, com o ajuste do botão "Light - Dark" do "Scanner". Contudo como agora o uso do "Scanner" é voltado para a medição de formas de onda registradas em oscilogramas, essas características precisam ser melhor observadas.

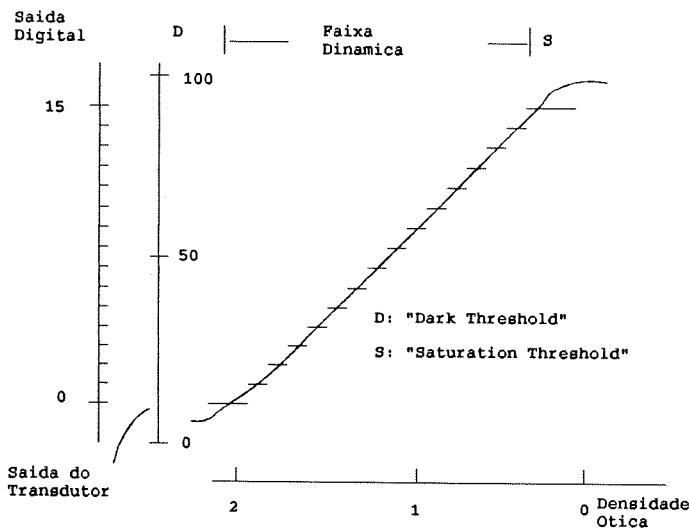


figura III.7 - Função de transferência do transdutor

Muitas vezes o traço do sinal registrado na fotografia

apresenta-se com uma tonalidade fraca em decorrência do processo fotográfico. Isto faz com que o traço branco do sinal apresente-se com pouco destaque em relação ao fundo preto da fotografia, isto pode impedir a perfeita digitalização da imagem pelo "Scanner".

O aumento simplesmente do nível de luz do "Scanner" acarreta problemas secundários como o aumento da espessura dos traços relativos às formas de onda, dificultando a interpretação do sinal.

As divisões da escala de tempo do oscilograma do osciloscópio Haefely não mantém um espaçamento constante, exigindo do usuário bom senso para a preparação da imagem para a identificação. Este fato tem origem na distorção que ocorre no tubo de raios catódicos "CRT" do osciloscópio, apresentando-se também como um problema para a análise manual.

3.5.2 PROBLEMAS NA AQUISIÇÃO DA IMAGEM DO OSCILOGRAMA

O oscilograma contém, além das curvas de tensão e corrente, traços que representam os eixos de referência destas curvas. Eles têm significado especial para o reconhecimento dessas curvas. Assim é muito importante que estas referências horizontais coincidam com as linhas de varredura do "Scanner", que irão originar as linhas da tela da futura imagem capturada. Porém, quando a fotografia é posicionada de forma inclinada, o "Scanner" fará uma captura defeituosa, onde as linhas horizontais da fotografia também estarão dispostas de forma inclinada na tela, formando algo semelhante a uma escadaria, como pode ser visto na figura III.8. Além disso durante a aquisição da imagem, qualquer perturbação ou alteração no

sentido perpendicular à trajetória do "Scanner", pode causar distorções indesejáveis na imagem digital. Para solucionar esse problema, foi construído um guia que permite ao "Scanner" excursionar sobre a imagem sem deslocar-se do seu alinhamento ideal (ver figura III.6).

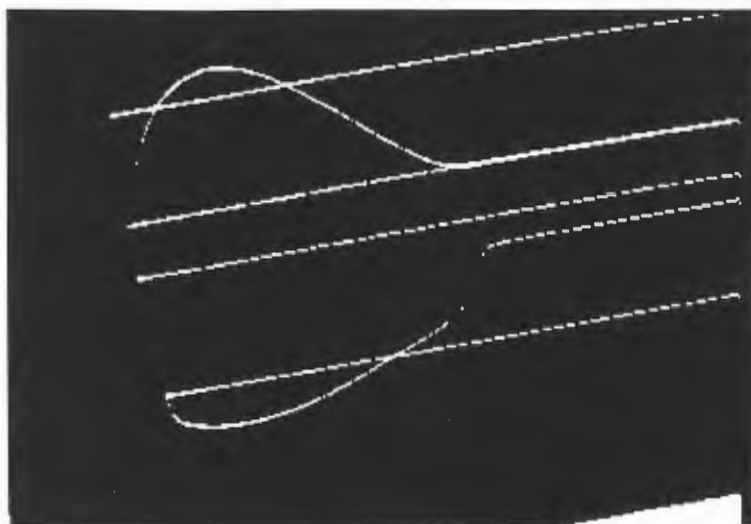


figura III.8 - Captura de imagem com posicionamento incorreto

3.5.3 PROBLEMAS DOS "SOFTWARES" COMERCIAIS

A maioria dos "Scanners" comerciais já vem com um "software" fechado dedicado ao seu controle e processamento da imagem. O simples emprego desses "softwares" obrigaria o usuário a operar dois programas computacionais distintos: o próprio programa comercial do "Scanner" e um outro especialmente desenvolvido para a nova técnica, que teria acesso aos arquivos gerados no primeiro. Este fato foi a grande motivação para que o programa ACLAT

englobasse tanto a aquisição quanto o processamento final da imagem, constituindo-se de um sistema completo de grande facilidade, descrito no capítulo V.

CAPÍTULO IV

O PROGRAMA ACLAT

"AUXÍLIO COMPUTACIONAL PARA LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO"

Neste capítulo será apresentado o programa ACLAT, suas telas gráficas e suas principais interfaces já implementadas. É um capítulo dedicado ao usuário e não ao programador.

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O escopo do sistema computacional ora apresentado é o de criar condições, para a aquisição e o processamento de sinais provenientes de ensaios laboratoriais de alta tensão. Esse sistema compõe-se de: um programa aberto em linguagem "Turbo Pascal 6.0" denominado "Auxílio Computacional para Laboratório de Alta Tensão - ACLAT", com formato modular composto de um programa gerenciador, de diferentes módulos compilados, denominados na linguagem computacional "UNITS", e de vários sistemas de aquisição de dados.

O diagrama de blocos de todo o sistema encontra-se na figura IV.1. Nesse diagrama pode-se distinguir três ambientes de programação, o próprio programa gerenciador, os sistemas de aquisição de sinais (via placa GPIB e via "Scanners") e o processamento da imagem. Cada um destes ambientes será melhor descrito nos itens subseqüentes.

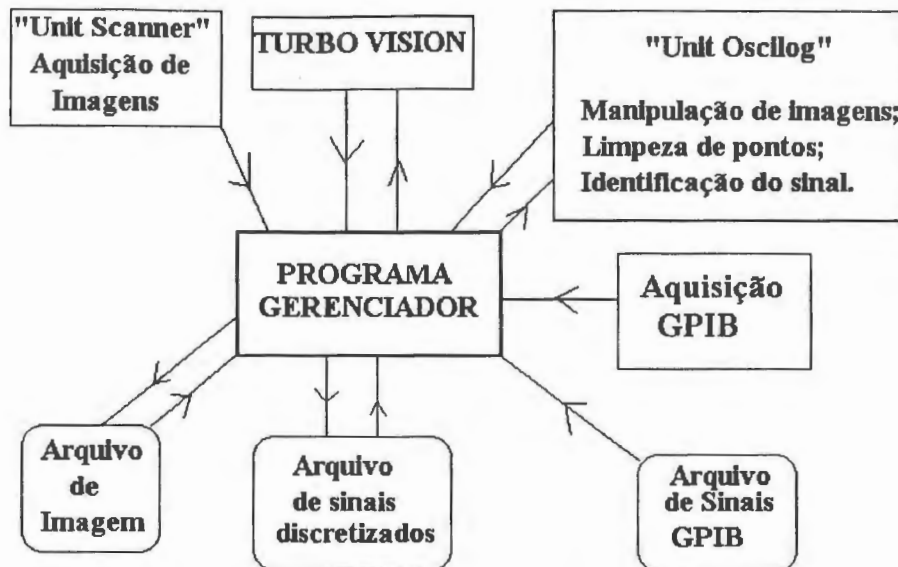


figura IV.1 - Diagrama de blocos do Sistema Computacional ACLAT

4.2 AMBIENTE DO PROGRAMA GERENCIADOR

Todo esse ambiente foi desenvolvido em cima do "TURBO VISION" [29] e é baseado em menus, que permitem ter acesso à diferentes partes do programa. Dir-se-ia em linguagem de programação que o usuário pode "navegar" através do programa.

O menu principal, ilustrado na figura IV.2, contém três opções básicas: "Oscilogramas", que possibilita a aquisição, o processamento da imagem e a identificação da curva de tensão e/ou

corrente; "GPIB", opção dedicada à aquisição de sinais digitalizados pelo Osciloscópio HP54111D e seu processamento futuro, e "Curvas Discretizadas", que permite o processamento dos sinais identificados na opção "Oscilogramas".

4.2.1 OPÇÃO "OSCILOGRAMAS"

Ao acionar esta opção um segundo menu será aberto, como o mostrado na figura IV.2, contendo as seguintes opções: Arquivos, Imagens, Identifica Curvas e Dados Complementares.

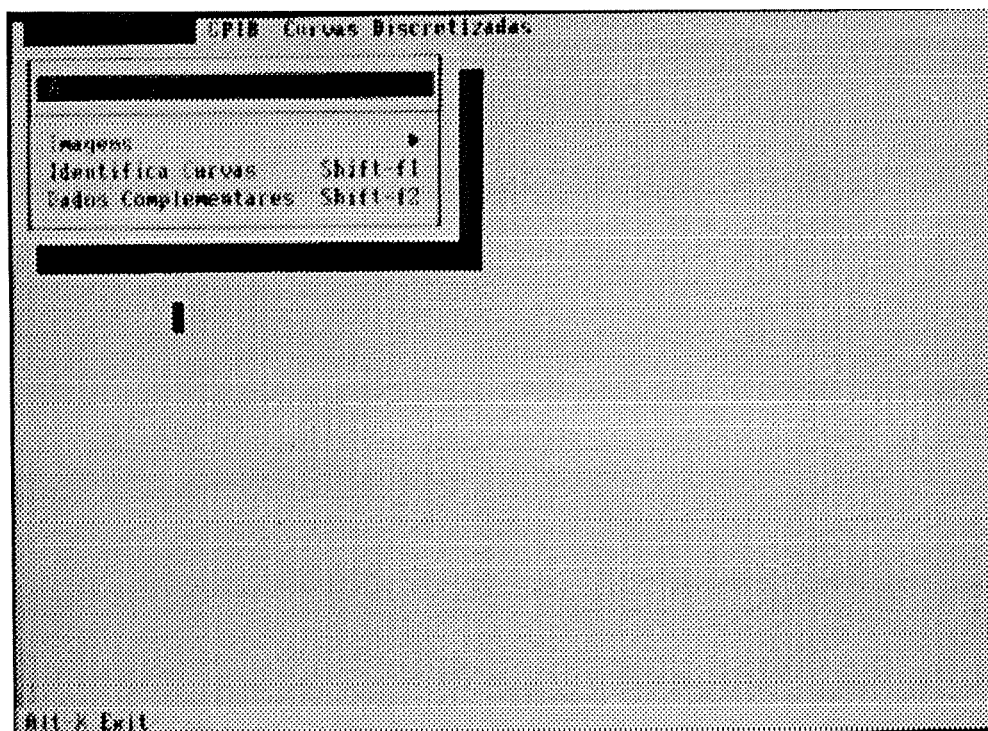


figura IV.2 - Sub-Menu Oscilogramas e Suas Opções

4.2.1.1 ARQUIVOS DE OSCILOGRAMAS

Na opção arquivos de oscilogramas, pode-se efetuar a leitura

ou gravação de uma imagem de um oscilograma. A extensão destes arquivos foi definida como ".BIN". A leitura ou gravação de um arquivo é feita conforme a figura IV.3. No caso de leitura um arquivo, deve-se selecionar o arquivo desejado, posicionando-se o cursor sobre ele e acionar o botão direito do "Mouse" e, logo em seguida, selecionar a opção "Open".

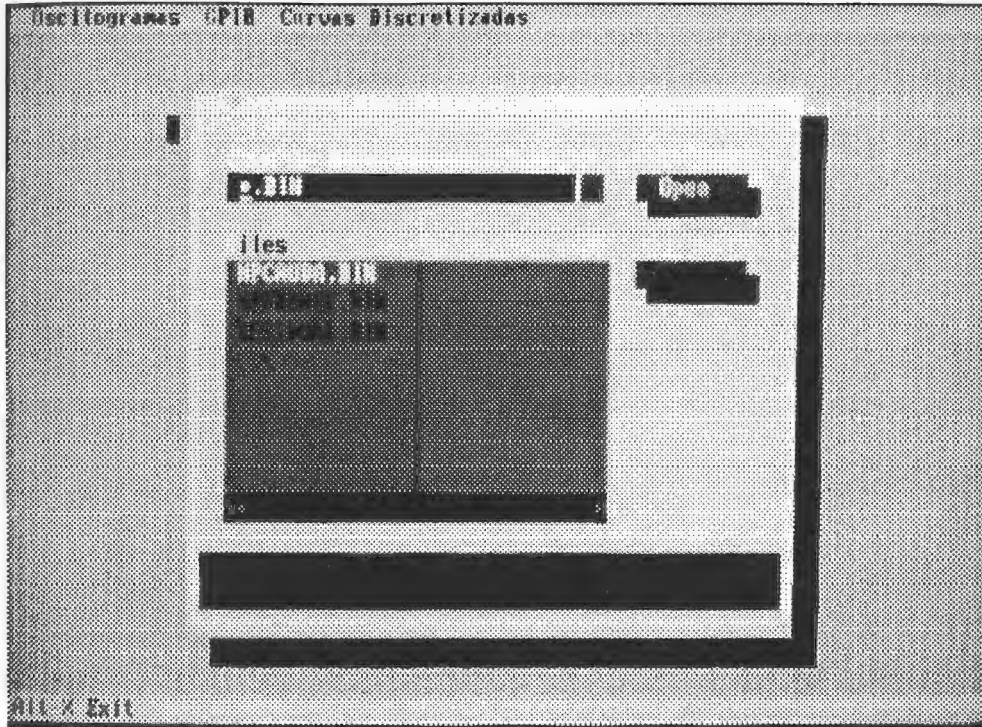


figura IV.3 - Tela para Leitura/Gravação de Arquivos de Oscilogramas

Assim o arquivo contendo a imagem do oscilograma será automaticamente carregado na memória do programa ACLAT.

4.2.1.2 IMAGENS

Esta opção permite que seja feita a aquisição via "Scanner" e o processamento de uma imagem de oscilograma. Na figura IV.4

encontra-se a janela correspondente com seu sub-menu de opções: Apresenta, Inverte, Scanner e Limpa.

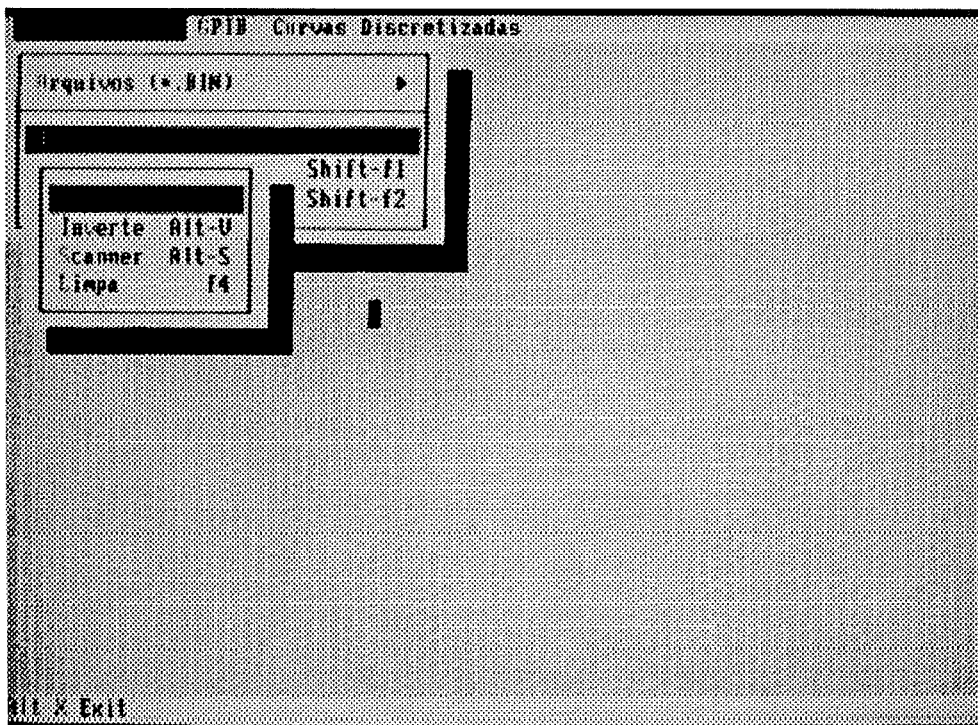


figura IV.4 - Sub-itens de Imagens

4.2.1.2.1 APRESENTAÇÃO DA IMAGEM NA TELA

Esta opção executa a apresentação de uma imagem de oscilograma armazenada na memória do programa na tela do monitor de vídeo, conforme a figura IV.5. A imagem permanecerá presente na tela até que a tecla <Esc> seja pressionada. Caso não haja imagem carregada na memória, esta opção não será executada.

4.2.1.2.2 INVERSÃO DOS PONTOS DA IMAGEM

Esta opção executa a inversão dos pontos da imagem carregada na memória. O pontos brancos da imagem serão convertidos em preto

e vice-versa. Como na opção anterior, caso não haja nenhuma imagem na memória, nenhum processamento irá ocorrer.

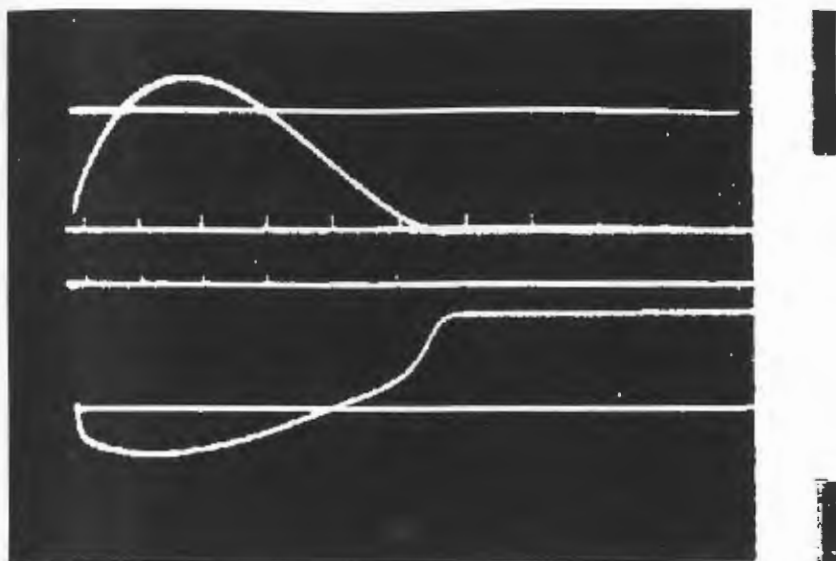


figura IV.5 - Apresentação da Imagem na Tela

4.2.1.2.3 CAPTURA DE UMA IMAGEM VIA "SCANNER"

Esta opção permite transferir uma imagem contida em um oscilograma para a memória do computador através do "Hand Scanner". Inicialmente o usuário deve posicionar a fotografia no guia do "Scanner" prendendo-a com um fita colante, para impedir que a mesma não desloque durante o processo de captura. Selecionando este sub-item, o programa irá automaticamente acionar o equipamento "Scanner". Quando o "Led" verde do equipamento estiver aceso, ele estará pronto para a operação. O usuário deve então pressionar o botão situado do lado direito do "Scanner", fazendo-o deslizar

suavemente sobre a figura; deve-se manter o botão pressionado durante todo o processo de captura conforme mostrado na figura IV.6.

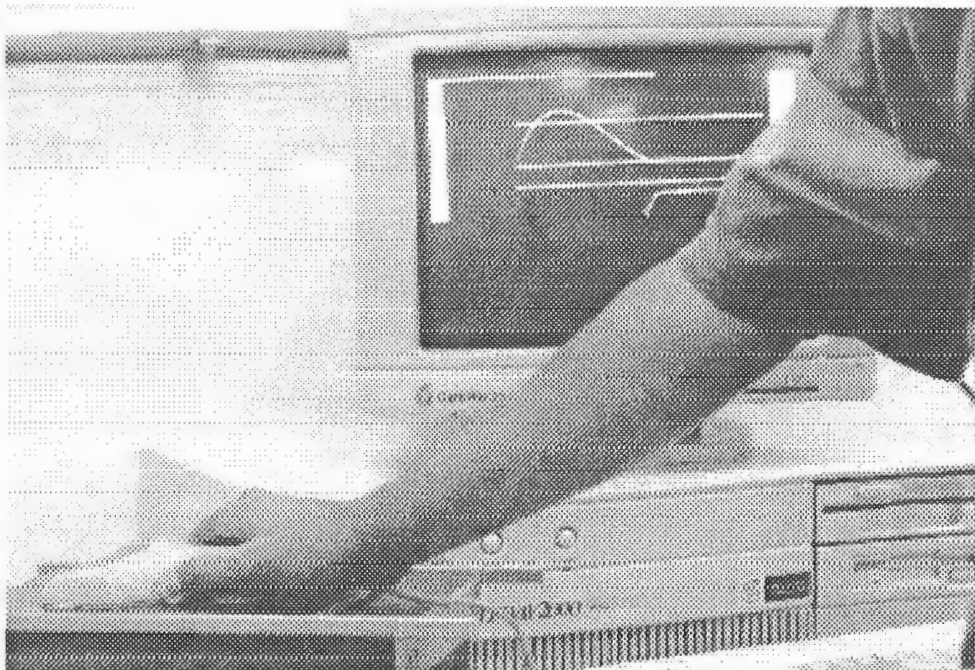


figura IV.6 - Captura de Imagem via "Scanner"

4.2.1.2.4 LIMPEZA DOS PONTOS INDESEJÁVEIS

Durante a captura de imagens de oscilogramas, devido a erros no ajuste da tonalidade do "Scanner" ou a fraca nitidez da fotografia, surgem na imagem pontos que não fazem parte do sinal, podendo comprometer os procedimentos futuros. Tais pontos espúrios devem ser desprezados ou eliminados antes da identificação da imagem verdadeira. Esta opção permite ao usuário eliminar manualmente estes pontos indesejáveis. É permitido também retocar

a imagem completando pontos pertencentes à fotografia que ficaram apagados no processo de digitalização. Inicialmente o programa apresenta na tela a imagem contida na memória e, em seguida, um ambiente de manipulação de imagens. Este ambiente é composto por um retângulo delimitador e um menu definindo as funções das teclas utilizadas. O tamanho do retângulo é controlado pelas teclas + e - e sua movimentação, manualmente através das teclas →, ←, ↑ e ↓. Já a velocidade de movimentação é aumentada pela tecla v e diminuída pela <barra espaço>. Pressionando-se a tecla *, o programa preenche com a cor preta o espaço delimitado pelo retângulo e, pressionando-se a tecla / o programa preenche o espaço com a cor branca. A figura IV.7 apresenta uma imagem com seus pontos indesejáveis sendo eliminados.

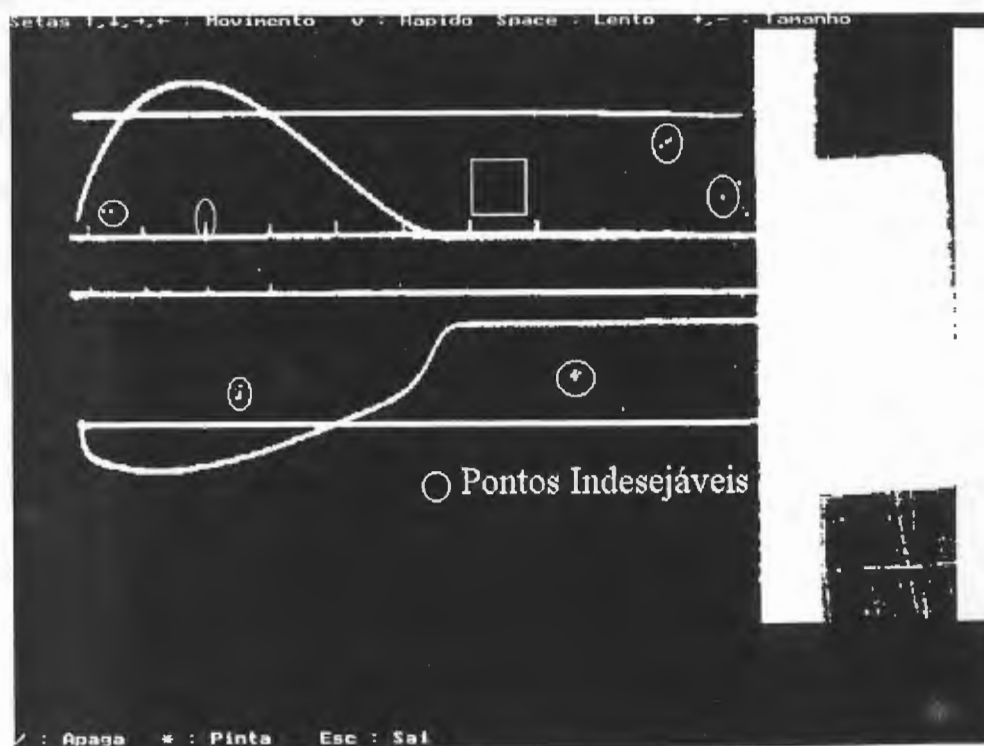


figura IV.7 - Eliminação de Pontos Indesejáveis

Cabe ressaltar que este ambiente é um ambiente gráfico distinto do modo texto, ambiente de trabalho do "TURBO VISION", e foi totalmente desenvolvido neste trabalho.

4.2.1.3 IDENTIFICAÇÃO DA CURVA

Procedida a limpeza da imagem, é necessário identificar o trecho da imagem que representa a curva desejada de tensão ou de corrente. Essa imagem é representada computacionalmente por uma matriz binária, correspondente aos "pixels" pretos e brancos. Antes porém de iniciar o processo de identificação da curva, o usuário deve ajustar os dados complementares do oscilograma, descrito no item 4.2.1.4. Inicialmente o programa apresenta na tela a imagem contida na memória e, em seguida, um ambiente para seleção de curvas. Este ambiente é composto por um retângulo delimitador, denominado "Clip", e um menu, que define as funções das teclas.

De maneira semelhante ao ambiente dedicado à limpeza da imagem, a movimentação deste "Clip" é controlada manualmente pelo usuário através das teclas →, ←, ↑ e ↓ e sua velocidade de movimentação, pelas teclas + e diminuída pela -. Pressionando-se a tecla h, o programa permite a alteração do tamanho do "clip" no sentido horizontal. Pressionando-se a tecla v o programa permite a alteração do tamanho do "clip" no sentido vertical, em ambos os casos as teclas + e - possibilitam controlar seu tamanho. Novas subrotinas, que estão sendo implementadas empregando o "mouse", irão facilitar enormemente todo esse procedimento.

Definido o tamanho do retângulo, o usuário deve ajustar a posição do "Clip" de modo a envolver o trecho da imagem que contenha a curva desejada. O lado esquerdo do "Clip" deve estar bem próximo ao lado externo do traço na origem da curva.

Os oscilogramas muitas vezes contêm duas curvas e uma delas encontra-se invertida (de cabeça para baixo). Após o trecho da figura ter sido selecionado pelo "Clip", o usuário deve pressionar a tecla 1 para curva normal e 2 para curva invertida. Isto fará com que as duas figuras possam ser apresentadas e processadas visualmente (ver figura IV.8).

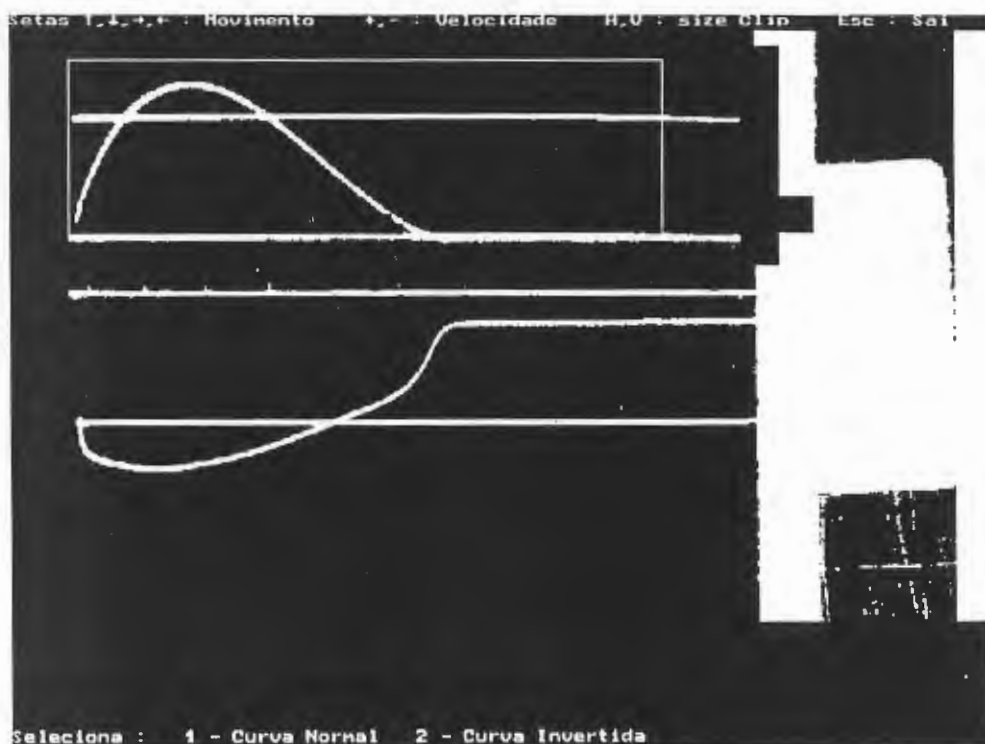


figura IV.8 - Trecho de Imagem Selecionado Para Identificação

No processo de identificação, ainda se faz necessário a locação de pontos estratégicos que auxiliarão em todo o processo de

discretização da imagem. Essa locação é feita também em ambiente gráfico conforme a figura IV.9. Neste, uma "Cruz", movimentada manualmente através das teclas \rightarrow , \leftarrow , \uparrow e \downarrow e, com velocidade controlada pelas teclas $+$ e $-$, permite a marcação dos pontos. Através de um menu auxiliar, o usuário pode definir o tipo de ponto marcado.

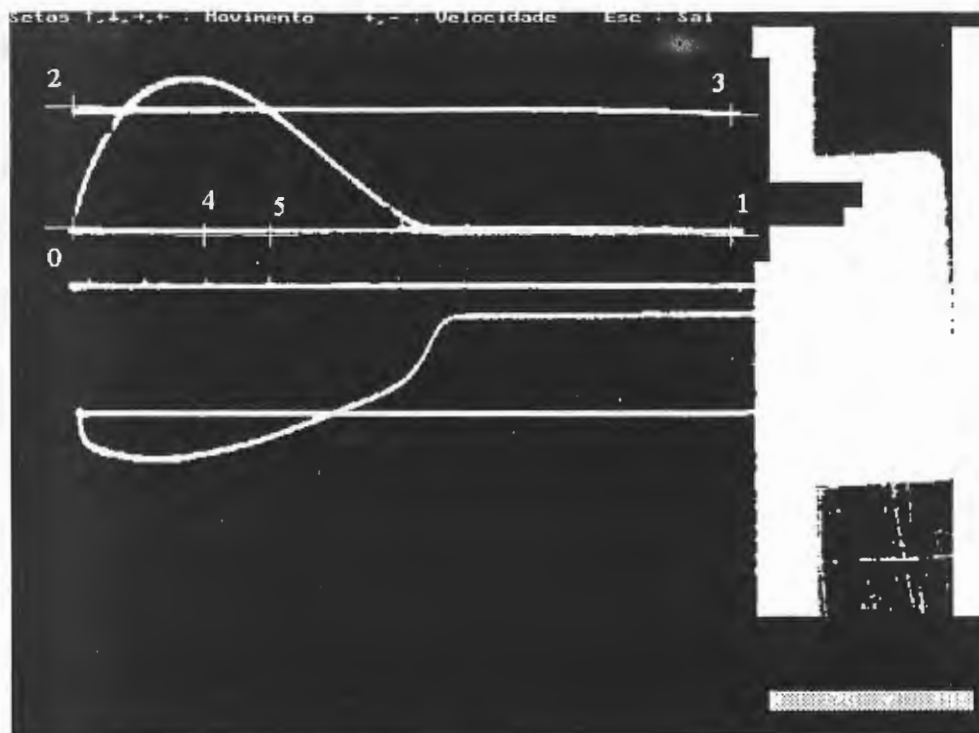


figura IV.9 - Ambiente para Marcação dos Pontos

Com isso, de forma transparente, o usuário faz um mapeamento da imagem indicando as coordenadas dos pontos de interesse, os quais serão tratados de maneira especial pelo programa ACLAT. Estes pontos correspondem ao início da curva (0), final do eixo cartesiano (1), início da referência de tensão(2), final da referência de tensão(3) e intervalo de tempo (4 e 5).

Os osciloscópios de impulso "Haefely" apresentam um traço horizontal de referência paralelo ao eixo 0 Volt, cujo valor de tensão do sinal corresponde a 200 Volts. Esses traços também precisam ser armazenados como informação, para auxiliarem na identificação da curva e composição dos fatores de escala. Finalizada a marcação dos pontos, o usuário, ao pressionar a tecla <Esc>, armazenará a curva selecionada temporariamente em uma variável que será manipulada na opção "Curvas Discretizadas".

4.2.1.4 DADOS COMPLEMENTARES

O usuário necessita também fornecer ao programa dados complementares relativos aos dados de oscilogramas e de ensaio.

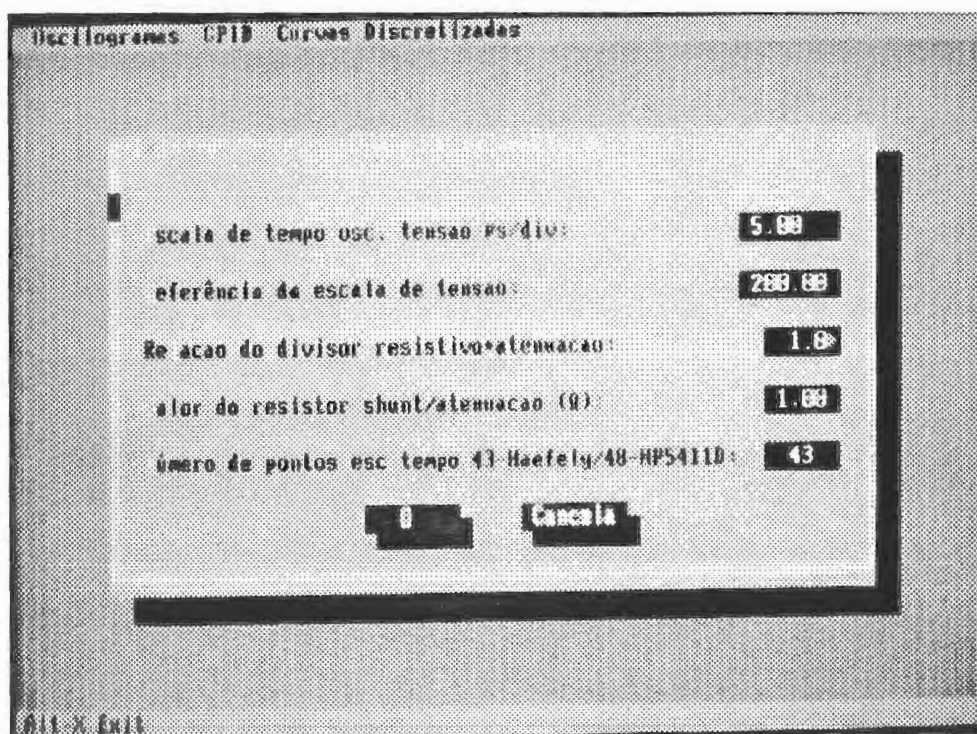


figura IV.10 - Tela de Entrada de Dados Complementares

Esses dados são: relação do divisor de tensão, multiplicada pela atenuação do osciloscópio (este valor quando não existente deve ser preenchido com valor -1); valor da resistência "shunt", dividido pelo fator de atenuação do osciloscópio; escala de tempo em $\mu\text{s}/\text{div}$ e o valor de referência de tensão.

Todos estes dados são inicializados junto com o programa ACLAT com um valor "default". Caso o ensaio em questão apresente dados diferentes destes, o usuário deverá executar as devidas alterações. A figura IV.10 apresenta a tela com estes dados.

4.2.2 OPÇÃO "GPIB"

Ao selecionar esta opção, o usuário tem a tela mostrada na figura IV.11, cujo sub-menu compõe-se das seguintes opções:

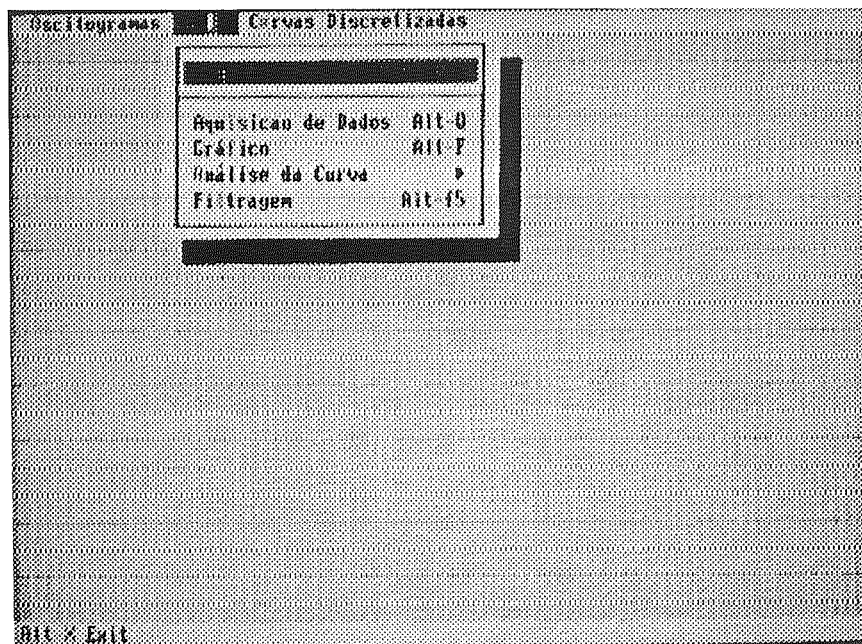


figura IV.11 - Sub-Menu GPIB e Suas Opções

Arquivos, Aquisição de Dados, Gráfico, Análise da Curva e Filtragem.

4.2.2.1 ARQUIVOS DE SINAIS GPIB

Esta opção permite a leitura ou gravação em disco de um sinal digitalizado por osciloscópio e transferido para o microcomputador via placa GPIB, conforme a figura IV.3. A extensão destes arquivos foi definida como ".GPB". Essas opções podem ser selecionadas com o uso do "mouse" de forma muito amigável.

4.2.2.2 AQUISIÇÃO DE DADOS

Este programa foi desenvolvido para fazer interface com o osciloscópio HP5411D. Este osciloscópio possui quatro memórias para armazenamento de sinais digitalizados. A transferência de um sinal

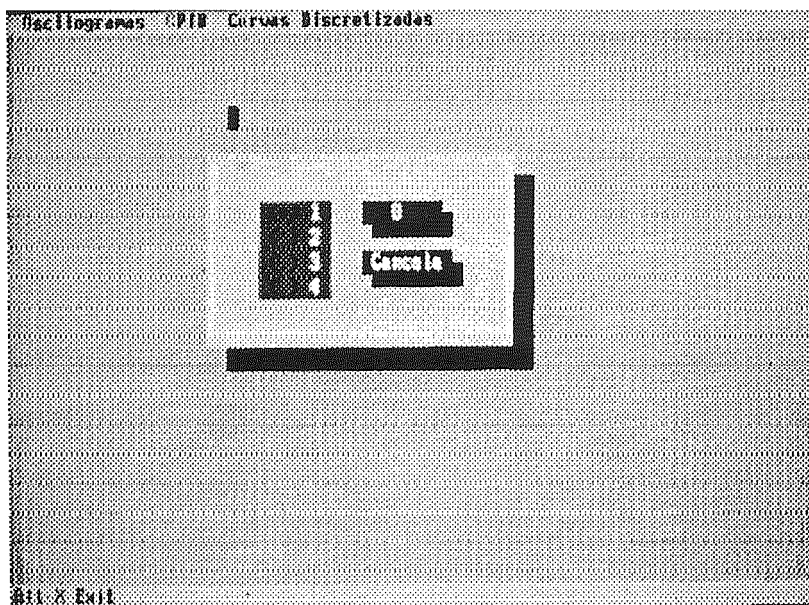


figura IV.12 - Escolha da Memória para Aquisição Via Placa GPIB

contido em uma destas memórias é rapidamente efetuado pelo "ACLAT" apenas selecionando o número da memória desejada através do "mouse" conforme a figura IV.12.

Esse procedimento faz com que o sinal GPIB seja carregado na memória do programa ACLAT, podendo ser analisado ou lançado em um arquivo.

4.2.2.3 GRÁFICO DO SINAL GPIB

Esta opção apresenta o gráfico do sinal GPIB que se encontra carregado na memória do programa ACLAT. Como este sinal é composto de 8192 amostras (ou 8kb), é impossível apresentá-lo completamente na tela. O programa foi então preparado para apresentar várias telas consecutivas com os trechos deste sinal, cujo movimento é comandado pela tecla **Esc**. A figura IV.13 apresenta a primeira tela de um sinal GPIB original.

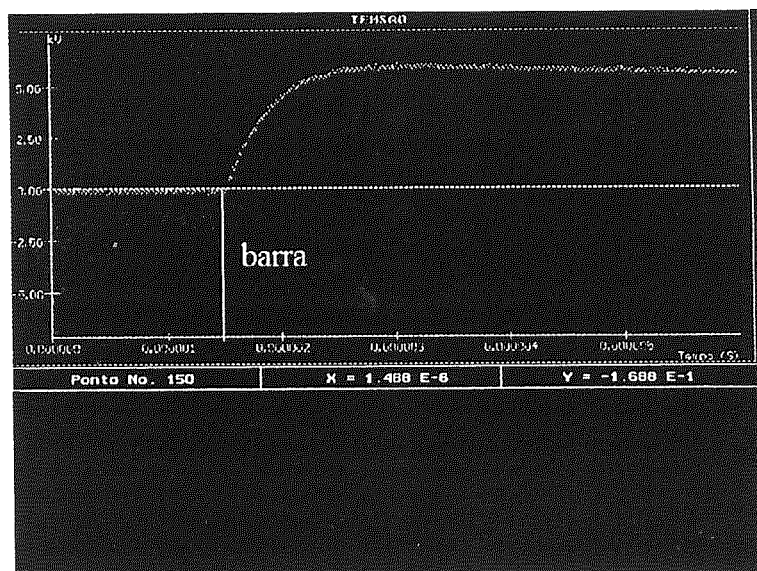


figura IV.13 - Sinal GPIB Original

Ainda da figura IV.13, tem-se que o sinal GPIB possui um trecho inicial composto apenas por ruídos, que antecedem o "Trigger" no início da digitalização. Este trecho, é eliminado no ambiente de traçado gráfico com o uso das teclas → e ←. O usuário movimentando uma barra vertical passo a passo ao longo do sinal pode selecionar o trecho a ser apagado. O ponto onde encontra-se a barra será a nova origem do sinal. O trecho inicial será eliminado, conforme a apresentação da figura IV.14. É possível também com simples movimentação desta barra conferir os valores instantâneos de tempo, de tensão ou de corrente.

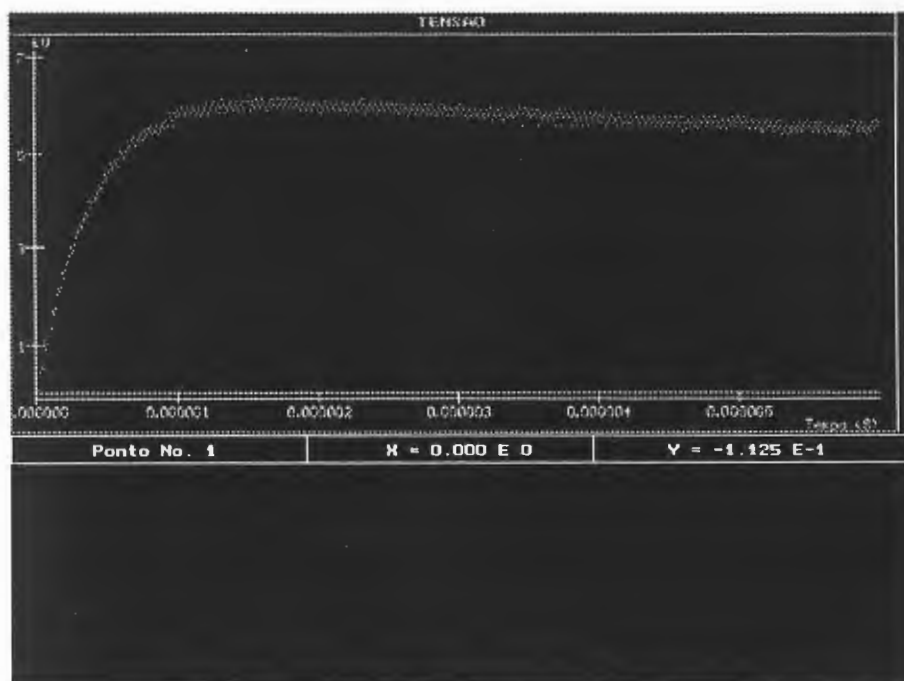


figura IV.14 - Sinal GPIB com Trecho Ruidoso Eliminado

4.2.2.4 FILTRAGEM DO SINAL DIGITAL ("AVERAGING")

Para eliminar os erros da digitalização do sinal analógico introduzidos pelo osciloscópio, pode-se fazer uma filtragem do

Sinal digital. A equação deste filtro é a equação 2.4 exposta no capítulo II. O usuário deve selecionar inicialmente o valor de k , cujo valor recomendado é $k=3$. A figura IV.15 apresenta o gráfico do mesmo sinal GPIB da figura IV.14 após o processo de filtragem.

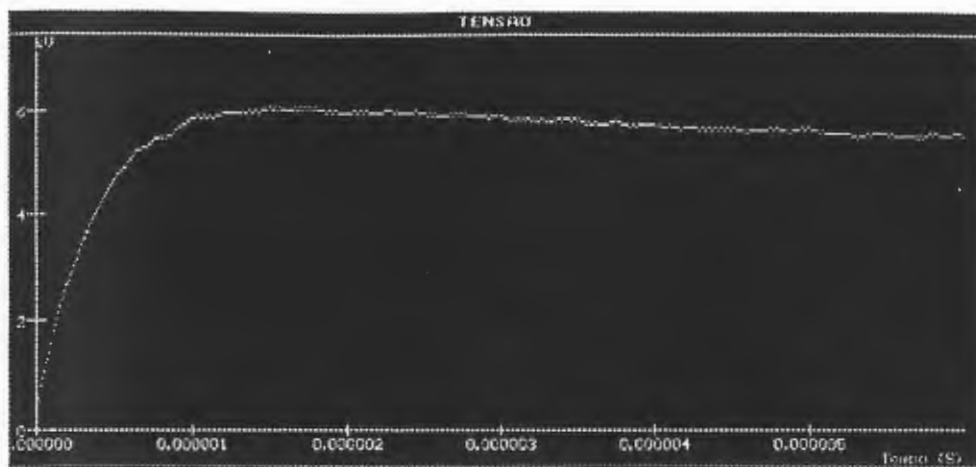


figura IV.15 - Sinal GPIB Após Filtragem

Como se observa o sinal sofre um "smoothing", e para algumas medições se mostra muito adequado.

4.2.2.5 ANÁLISE DA CURVA

De posse do sinal digitalizado, passa-se a fase de análise do sinal. Essa análise é feita segundo normas que regem os ensaios em questão. Atualmente, para o sinal GPIB encontra-se implementado apenas os procedimentos para interpretação dos sinais provenientes do ensaio de impulso atmosférico, sendo fornecido como resultado da análise o tempo de frente virtual $T1$ e o tempo de meia onda $T2$.

4.2.3 CURVAS DISCRETIZADAS

Com a seleção desta opção, será apresentado a tela mostrada na figura IV.16, onde observa-se um sub-menu com as seguintes opções: Arquivos, Análise da Curva, Gráfico, e Filtragem.

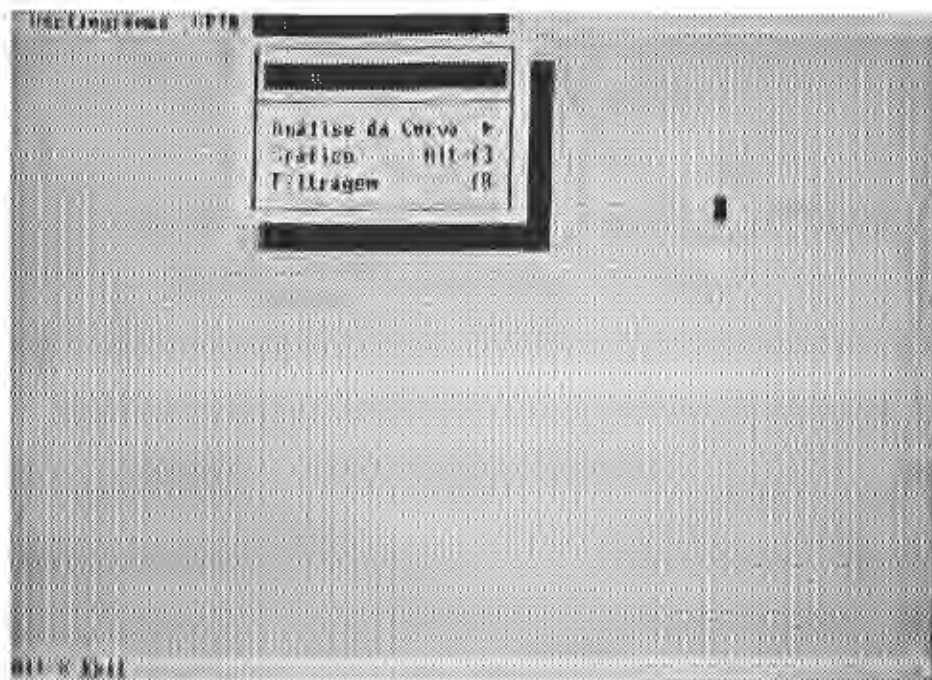


figura IV.16 - Sub-Menu Curvas Discretizadas e suas Opções

4.2.3.1 ARQUIVOS DE CURVAS DISCRETIZADAS

Esta opção possibilita a leitura ou gravação de uma curva discretizada em um arquivo com extensão ".DSC". Todo o procedimento de leitura e gravação de arquivos é comandado por "mouse", conforme a figura IV.3.

4.2.3.2 ANÁLISE DA CURVA DISCRETIZADA

A maioria dos ensaios laboratoriais têm registrado em seus oscilogramas dois sinais, sejam eles de corrente-tensão, tensão-tensão, corrente-corrente. No ensaio de Tensão Residual de Pára-Raios, o oscilograma possui uma curva de corrente e uma de tensão. Já no ensaio de Impulso Atmosférico, as curvas são de tensão sendo que uma delas representa a frente do sinal sob uma escala de $0,5\mu\text{s}/\text{div}$ e a outra, a cauda na escala de $10\mu\text{s}/\text{div}$. Conforme já foi descrito nos itens anteriores, o programa ACLAT faz a identificação e processamento de uma curva por vez. Na tela da figura IV.17, encontra-se o menu com as opções de análise de cada curva

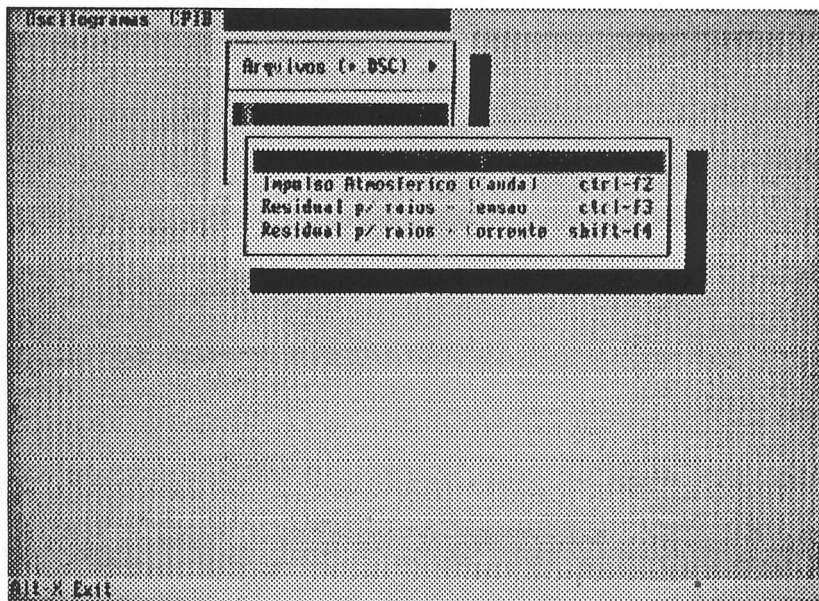


figura IV.17 - Opções de Análise da Curva

específica. As opções já implementadas são: Impulso Atmosférico - Frente, Impulso Atmosférico - Cauda, Residual Pára-Raios - Corrente e Residual Pára-Raios - Tensão. Cada opção pode ser selecionada

pelo "mouse". Como exemplo, a figura IV.18 apresenta os resultados de uma curva de corrente de um ensaio de Tensão Residual de Pára-Raios.

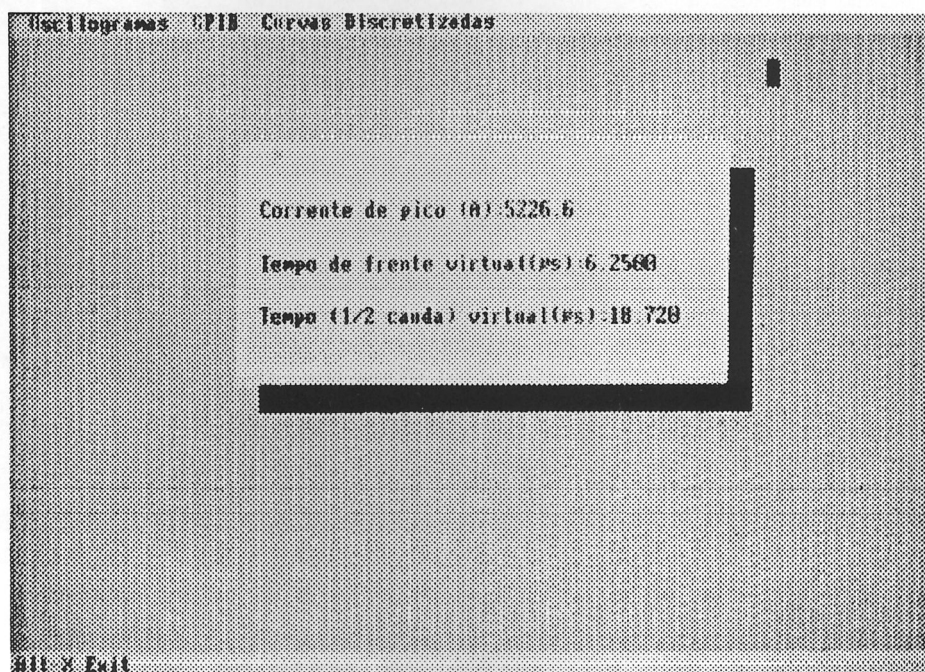


figura IV.18 - Resultados da Análise da Curva

4.2.3.3 GRÁFICO DA CURVA DISCRETIZADA

Esta opção possibilita o traçado de gráfico de curvas discretizadas armazenadas em arquivos ".DSC". A tela permanece visível até que a tecla **Esc** seja pressionada. Na figura IV.19, a mesma curva identificada na figura IV.8 é apresentada. Além de sua apresentação pura e simples, o programa ACLAT também possibilita que o usuário determine o valor de pico e os intervalos de tempo entre dois instantes, usando para tal a mesma barra já descrita no item 4.2.2.3.

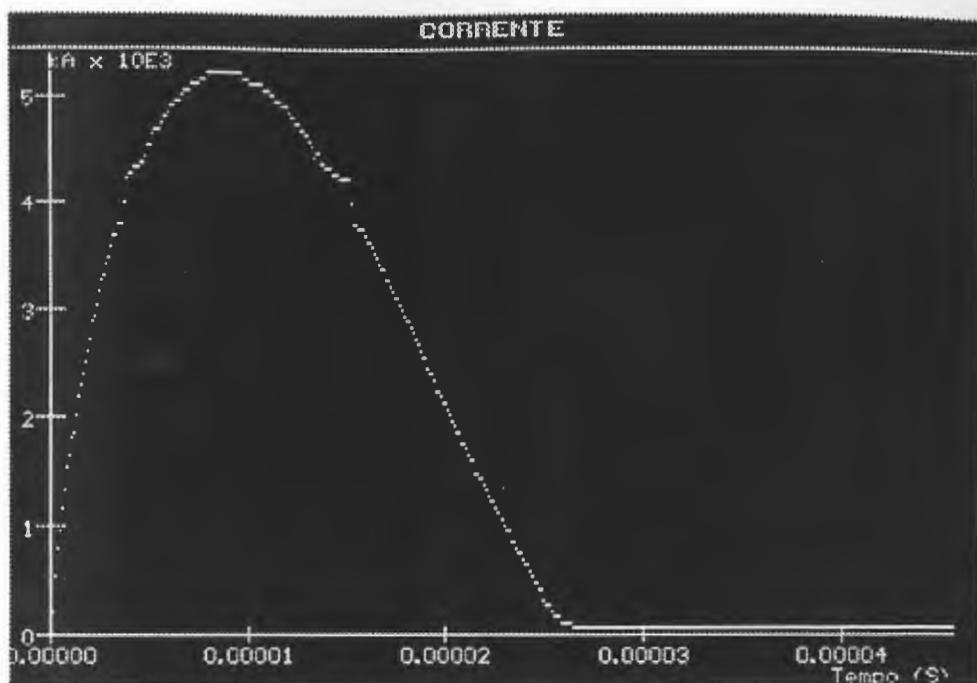


figura IV.19 - Apresentação de Curva Discretizada

4.2.3.4 FILTRAGEM DO SINAL DA CURVA DISCRETIZADA "AVERAGING"

Os sinais digitalizados no processo de captura da imagem do oscilograma através do "Scanner" ou da identificação do sinal pelo programa ACLAT, podem ser filtrados em diferentes níveis, controlados pelo fator k do filtro (equação 2.4). Um valor recomendado por [14] é $k=3$. Para valores maiores de k pode-se introduzir grandes distorções e perdas de frequência no sinal a ponto de até comprometer toda a análise. A figura IV.20 apresenta o gráfico da mesma curva discretizada apresentada na figura IV.19 após o processo de filtragem. Após a execução do processo de filtragem, automaticamente a memória passa a conter a curva filtrada.

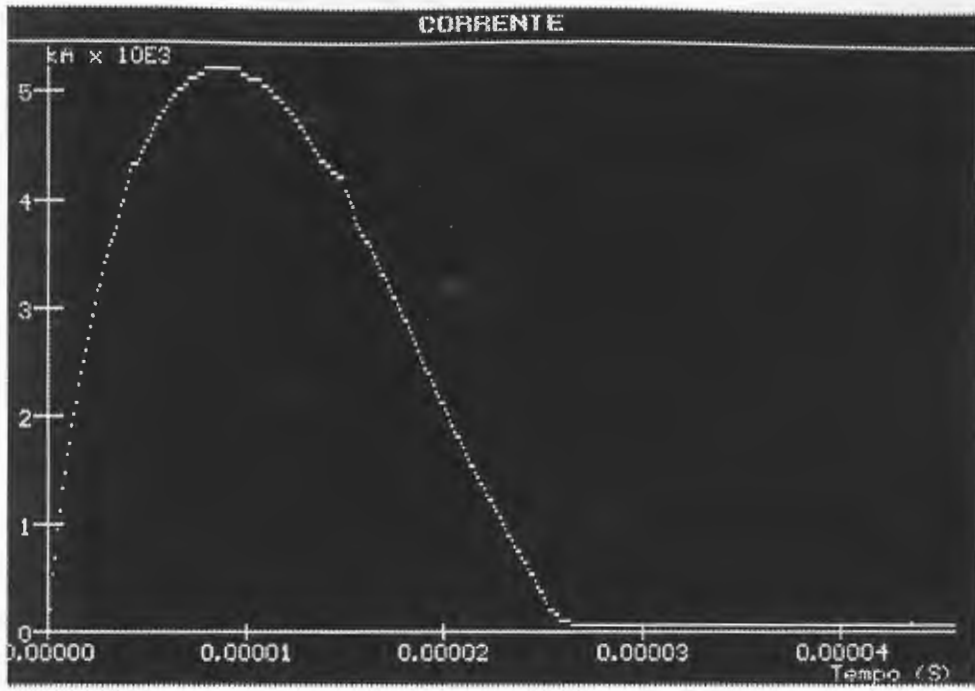


figura IV.20 - Curva Discretizada Filtrada

CAPÍTULO V

SUBROTINAS DO PROGRAMA ACLAT

Este capítulo descreve detalhadamente as subrotinas mais usuais do programa ACLAT, e é dedicado ao usuário programador.

5.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo é dedicado aos futuros usuários interessados não apenas na utilização do programa ACLAT, mas também na implementação de novas subrotinas introduzindo novas opções e facilidades.

O programa ACLAT, descrito no capítulo IV e escrito em Turbo Pascal, incorporou grande parte dos recursos de programação dessa linguagem dentre eles o mais importante, o TURBO VISION. Este recurso consiste de um conjunto de "Units" que permite implementar menus e sub-menus utilizando Programação Orientada para Objetos [29]. A figura V.1 apresenta um diagrama de blocos de todas as "Units" utilizadas pelo programa ACLAT, separadas segundo suas utilidades. Também são apresentados os blocos de programas

Desenvolvidos em "Turbo Pascal 6.0" incluídos no programa principal. Uma listagem das principais "Units" já implementadas encontra-se no Apêndice C.

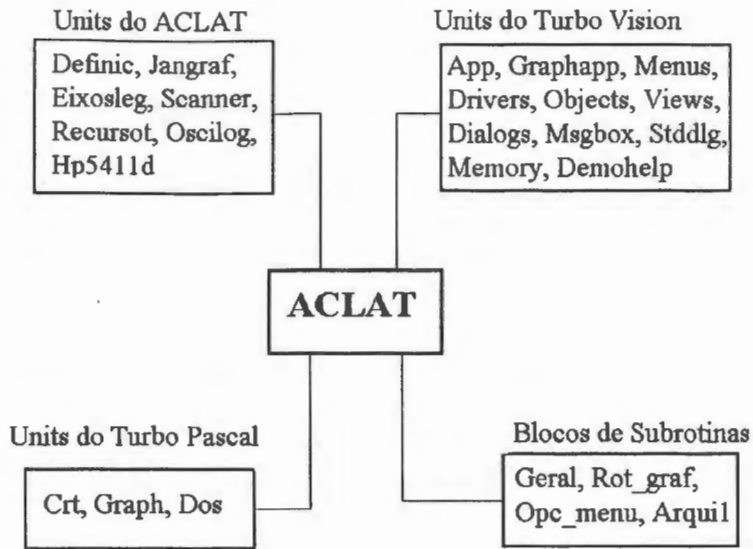


Figura V.1 - "Lay-out" do ACLAT

Na edição do programa fonte principal, denominado "ACLAT.PAS", estão definidas a utilização de todas as "Units", mostradas na figura V.1, a inclusão dos blocos de subrotinas em "Turbo Pascal 6.0" e a definição do ambiente para o "Turbo Vision". Os diferentes ambientes apresentados pelo programa "ACLAT" necessitam de uma inicialização prévia, através da execução de uma ou mais subrotinas. Para isso foi criado o bloco de subrotinas denominado "Opc_menu.pas", que contém várias subrotinas que executam estas inicializações necessárias. Assim, dentro do programa principal pode-se chamar apenas estas subrotinas pertencentes a este bloco, permitindo assim, que o programa principal seja composto apenas de

uma chamada para cada função definida.

5.2 - SUBROTINAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS

5.2.1 SUBROTINA DE AQUISIÇÃO DE DADOS VIA "SCANNER"

5.2.1.1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho foi utilizado o sistema "DFI HS-3000 PLUS HANDY SCANNER", composto de um "Scanner" manual, uma placa para conexão com o microcomputador, um programa comercial "SCAN.EXE" [30] e vários módulos compilados. A placa é instalada diretamente em um dos "Slots" do microcomputador e assegura a conexão física do "Scanner" com o microcomputador. Já o programa "SCAN.EXE" atua controlando tanto o "Hand-Scanner" como os arquivos de imagens gerados. Procedida a captura de uma imagem pelo "Hand Scanner", pode-se através do programa armazená-la em um arquivo, cujos padrões são do tipo "IMG", "TIFF", "PCX", "CUT" e "MSP", compatíveis com a maioria dos editores gráficos como "PAINTBRUSH", "GEM" e "DR. HALO". Contudo, como o anteriormente mostrado o uso desse programa dificulta a elaboração de um sistema completo como o ACLAT.

Assim embora o fabricante forneça vários módulos compilados que acompanham o sistema DFI, os quais podem ser inseridos em programas confeccionados pelo próprio usuário, a utilização dos módulos compilados, a exemplo dos "UPASCVGA" e "UPASCCGA" [30] dentro de um programa é um tanto restrita, uma vez que a subrotina

contida em cada um deles apenas permite a captura de uma imagem, seguido de sua apresentação na tela. Este fato impede o processamento da imagem, inviabilizando a principal proposta deste trabalho. Para solucionar este problema foram desenvolvidos dois novos módulos em linguagem montadora "Assembler", os quais contém parte dos códigos de instrução dos módulos "UPASCVGA.OBJ" e "UPASCCGA.OBJ". Esses dois novos módulos foram denominados "SCAN.OBJ" e "VGA.OBJ". Eles encontram-se inclusos na "Unit Scanner" do programa ACLAT e serão descritos no item subsequente.

5.2.1.2 MÓDULOS EM "ASSEMBLER" "SCAN.OBJ" E "VGA.OBJ"

O módulo "SCAN.OBJ" é dedicado ao uso de monitores "CGA", que apresenta restrição quanto à resolução de tela, que é de 640 colunas por 200 linhas. Esta baixa resolução dificulta sensivelmente a interpretação das figuras analisadas. O mesmo não ocorre com os monitores "VGA", cuja resolução é bastante superior ao do "CGA", ou seja, 640 colunas por 480 linhas. Portanto, foi também criado um módulo "VGA.OBJ", possibilitando o uso desses monitores no sistema ACLAT.

O programa ACLAT detecta automaticamente o tipo de monitor usado e implementa a subrotina contida no módulo ".OBJ" adequada.

As subrotinas contidas nos módulos "VGA.OBJ" e "SCAN.OBJ" executam a transferência de uma imagem capturada via "Scanner" para a tela do microcomputador. Entretanto necessita-se colocar essas imagens, em arquivos e/ou variáveis previamente conhecidas pelo programa gerenciador para serem processadas futuramente.

A memória de vídeo do microcomputador IBM-PC armazena temporariamente toda a informação existente em sua tela. Assim, usando o comando "Absolute" do Turbo 6.0, que possibilita atribuir todo conteúdo da memória de vídeo à uma variável, foi possível transferir os dados da imagem alocados na memória de vídeo para um outro conjunto de variáveis.

O conteúdo de cada elemento da memória é representado por um número compreendido entre 0 e 255, o que corresponde à oito "bits" ou um "byte". Transformando-se este número da base decimal para a base 2 ou binária, obtém-se um conjunto de oito dígitos consecutivos composto por 0 e 1 onde cada um destes representa o estado de um "pixel" (menor ponto luminoso do monitor da tela de vídeo) conforme figura V.2.

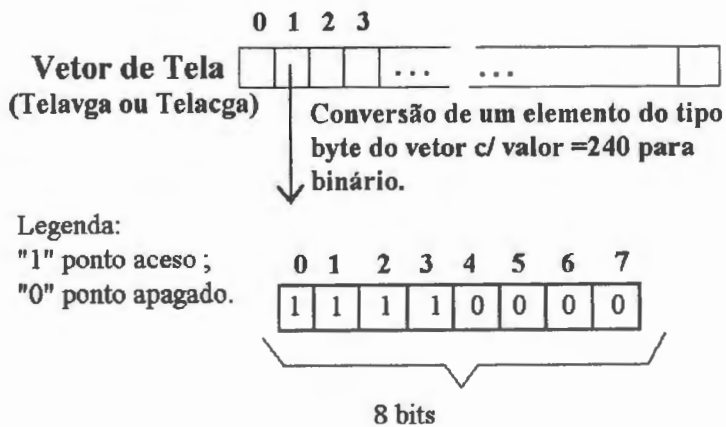


figura V.2 - Representação dos Pontos da Tela

Para monitores "CGA" o número de elementos que compõe a

Memória de vídeo é de 16384 ou 16kb sendo o endereço absoluto inicial da memória igual a B800:0000; para monitores "VGA" o número de elementos é de 32768 ou 32kb e o endereço absoluto inicial da memória é igual a A000:0000.

Foram definidos dois vetores com o endereço da memória de vídeo para monitores "VGA" e "CGA" respectivamente, utilizando a seguinte sintaxe do TURBO PASCAL 6.0:

Var

Telavga : array[0..32767] of byte absolute of A000:0000;

Telacga : array[0..16383] of byte absolute of B800:0000;

Contudo a atribuição pelo comando "absolute", não armazena realmente a imagem de tela, isto é apenas um recurso de melhor ocupação de memória, e uma vez encerrado o modo gráfico ou executada uma operação de limpeza de tela, o conteúdo dos vetores Telacga ou Telavga são alterados passando a possuir os valores das novas telas. Para tanto foi definido um vetor que armazena o conteúdo de Telavga ou Telacga independente da situação de tela corrente do programa, podendo inclusive ser lançada para arquivos de dados. Este vetor recebeu o nome de Imagem, e foi definido através da seguinte sintaxe:

Var

IMAGEM : array[0..32767] of byte;

Este procedimento permite agora que as imagens possam ser processadas e armazenadas com um formato conhecido e de fácil manipulação.

5.2.2 SUBROTINA DE AQUISIÇÃO DE DADOS VIA PLACA GPIB

5.2.2.1 INTRODUÇÃO

Conforme foi descrito no capítulo II, os osciloscópios digitalizadores são adaptados para fornecerem dados processáveis por microcomputadores. O osciloscópio utilizado foi o HP54111D com taxas de amostragem de até 1Gsa/s. A conexão entre o microcomputador e o osciloscópio é feita através de placa GPIB "General Purpose Interface Bus" acoplada ao micro IBM-PC.

5.2.2.2 O OSCILOSCÓPIO HP54111D

O osciloscópio HP54111D [31] pode ser manipulado remotamente através de um microcomputador. Para isto são apresentados um conjunto de comandos próprios, os quais são enviados do computador para o osciloscópio. Esta comunicação é feita através de um programa computacional dedicado que concilia estes comandos com as subrotinas fornecidas pelo fabricante da placa GPIB. Estes comandos estão divididos em Comandos de Sistema, Seletores de Sub-Sistema e Comandos de Subsistema. Com estes comandos não só é possível controlar as funções e ajustes do osciloscópio, como também transferir para o computador todas as informações relativas ao "status" do equipamento bem como os sinais por ele digitalizados.

O osciloscópio HP54111D pode digitalizar sinais que necessitem de taxa de amostragem de até 1Gsa/s com 8 bits de resolução. Assim quando se utiliza a máxima taxa de amostragem do osciloscópio, o sinal analógico será quantizado em 256 níveis diferentes conforme

a figura V.3.

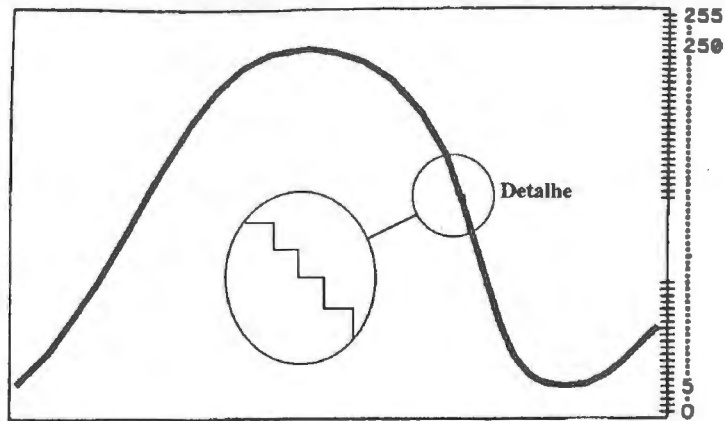


figura V.3 - Sinal Quantizado Pelo Osciloscópio

5.2.2.3 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA OSCILOSCÓPIO-MICRO-PLACA GPIB

A placa utilizada para tal interface foi a STD-8410 fabricada pela STD "SISTEMAS TÉCNICOS DIGITAIS S.A." [32] obedece à norma IEEE - 488. De modo semelhante ao "Scanner DFI" a placa "STD-8410" vem acompanhada de uma "Unit" denominada GPIB.PAS a qual contém subrotinas externas pertencentes a um outro módulo também fornecido pelo fabricante denominado "TP4_GPIB.OBJ". Utilizando estes dois módulos e os comandos de comunicação entre o microcomputador e o osciloscópio HP54111D, foi desenvolvido uma subrotina que faz a transferência do sinal armazenado nas memórias do osciloscópio para o microcomputador. A definição e utilização desta subrotina será melhor descrita nos itens subsequentes.

5.3 SUBROTINAS DE PROCESSAMENTO DA IMAGEM

5.3.1 SUBROTINA DE AQUISIÇÃO DA IMAGEM PROPRIAMENTE DITA

Conforme mencionado nos itens anteriores existem os módulos "scan.obj" e "Vga.obj" para fazer a aquisição da imagem para monitor "CGA" e "VGA" respectivamente. No entanto cada um destes módulos possui uma subrotina interna responsável pela aquisição propriamente dita da imagem, sendo portanto estas à serem acionadas pelo programa ACLAT. Estas subrotinas são "Scanning" e "Scanvga" pertencentes ao "Scan.obj" e "Vga.obj" respectivamente. Finalmente dentro da Unit "ROT_GRAF" foi definida a subrotina "P_SCAN" que seleciona e aciona uma das subrotinas acima de acordo com o monitor de vídeo corrente.

5.3.2 SUBROTINA PARA APRESENTAÇÃO DA IMAGEM NA TELA

Após a captura através do "Scanner" ou leitura de uma imagem do arquivo de dados ".BIN", ela irá permanecer armazenada na variável **IMAGEM**. Contudo, sua apresentação na tela irá necessitar da execução da subrotina "SHOW" que simplesmente atribui todos os elemento do vetor **IMAGEM** para a variável **TELACGA** ou **TELAVGA**. Um exemplo de utilização da subrotina "SHOW" interna ao programa é feita utilizando os seguintes passos de programação:

```
{INICIALIZAÇÃO DO MODO GRÁFICO}  
SHOW(GRDRIVER,IMAGEM); (Unit Oscilog)  
{ CHAMADA DE OUTRAS SUBROTINAS}
```

sendo que "GRDRIVER" é uma variável que contém o número inteiro correspondente ao modo gráfico detectado VGA ou CGA. Assim, com a execução da subrotina "SHOW", é atribuído o valor de **IMAGEM** à variável endereçada para a memória de vídeo (**TELACGA** ou **TELA VGA**) elemento a elemento, sendo a imagem apresentada na tela. A subrotina inversa à essa é a subrotina **GUARDA**, que transfere o conteúdo da memória de vídeo para a variável **IMAGEM**.

5.3.3 SUBROTINA DE LIMPEZA DE PONTOS

Durante a captura de imagens de oscilogramas, devido a erros no ajuste da tonalidade do "Scanner" ou à fraca nitidez da fotografia, surgem na imagem pontos que não fazem parte do sinal, podendo comprometer os procedimentos futuros. Tais pontos espúrios devem ser desprezados ou eliminados antes da identificação da imagem verdadeira. Para isso foi desenvolvida uma subrotina específica para a limpeza de pontos ("LIMPA"), que permite ao usuário eliminar manualmente pontos indesejáveis. A subrotina permite também retocar a imagem completando pontos pertencentes à fotografia que ficaram apagados no processo de digitalização.

5.3.4 SUBROTINA DE IDENTIFICAÇÃO DA CURVA

Procedida a limpeza da imagem, é necessário identificar o trecho da imagem que representa a curva. Uma vez que a imagem é representada computacionalmente por uma matriz de números que

correspondem a pontos pretos e brancos, a informação contida neste conjunto de pontos significa para o computador uma imagem binária, sendo porém facilmente identificada pelo olho humano. Para identificar o trecho da imagem que contém a curva foi desenvolvida uma subrotina que é acionada e comandada pelo próprio usuário. A subrotina "CLIP" posiciona na tela um retângulo cuja dimensão e posição podem ser livremente alteradas através de teclas definidas especialmente para tal finalidade. Este retângulo é constituído de dois pares de coordenadas (X1,Y1) e (X2,Y2), sendo que o canto inferior esquerdo (X1,Y2) define uma origem virtual para o sistema.

Antes da execução da subrotina "Clip", a imagem deve estar livre de pontos que podem comprometer o processo de identificação das curvas. A execução da subrotina "Clip" é feita através dos seguintes passos de programação:

```
{INICIALIZAÇÃO DO MODO GRÁFICO}
SHOW(GRDRIVER,IMAGEM); (Unit Oscilog)
CLIP(X1,Y1,X2,Y2,TIPO,SIZE,P); (Unit Oscilog)
{VOLTA P/ PROGRAMA GERENCIADOR}
```

Onde (X1,Y1) são as coordenadas do canto superior esquerdo e (X2,Y2) são as coordenadas do canto inferior direito do retângulo delimitador, **TIPO** é uma variável que indica o tipo de curva contida no oscilograma (1= Normal,2=Invertida), **SIZE** é uma variável que contém o número de "bytes" ocupado pelo trecho da imagem selecionado através do retângulo e **P** é uma variável do tipo

ponteiro que aponta para a posição de memória RAM onde está alocada o início da pilha contendo os dados do trecho de imagem selecionado.

De maneira análoga à descrita acima, a imagem escolhida não contém informação alguma sobre os pontos que definem a origem do sistema e as escalas de tempo e tensão do sinal. Para isso, foi desenvolvida a subrotina "C_PONTO". Com ela o usuário faz um mapeamento da imagem indicando as coordenadas dos pontos de interesse, os quais serão tratados de maneira especial pelo programa ACLAT. Estes pontos correspondem ao início da curva, final do eixo cartesiano, início da referência de tensão, final da referência de tensão e intervalo de tempo, representados pelos números de 0 a 5.

Os osciloscópios de impulso "Haefely" possuem a característica de apresentar um traço horizontal paralelo ao eixo da referência 0 Volt. A posição deste traço representa o valor de tensão do sinal correspondente à 200 Volts. Assim, a informação dos pontos do traço de referência de 200 V, bem como os de referência 0 V, precisam ser armazenados como informação. Eles não fazem parte da curva, porém são utilizados internamente pelo programa para identificação da curva e composição dos fatores de escala. A marcação dos pontos representados pelos números de 0 a 3 na figura IV.9 é obrigatória, o que não ocorre com os pontos 4 e 5 que é facultativa.

A execução da subrotina "C_PONTO" é executada através dos seguintes passos de programação:

```
{INICIALIZAÇÃO DO MODO GRÁFICO}  
SHOW(GRDRIVER,IMAGEM); (Unit Oscilog)  
C_PONTO(GRDRIVER,X,Y); (Unit Oscilog)  
{VOLTA P/ PROGRAMA GERENCIADOR}
```

onde X e Y são dois vetores de seis posições ([0..5]) cada um, representando respectivamente as coordenadas x e y dos seis pontos descritos acima. Os pontos que não forem marcados dentro desta subrotina, armazenarão o valor 9999 na coordenada X do ponto correspondente para que se possa dar um tratamento especial para estes.

A identificação dos pontos feita através da subrotina C_PONTO utiliza as coordenadas do monitor de vídeo, no entanto antes de proceder à identificação dos pontos da curva, é necessário uma mudança de coordenadas. A referência virtual é um dos cantos do retângulo de identificação, sendo o canto inferior esquerdo para curva normal e o canto superior esquerdo para curva invertida.

Esta mudança de coordenadas é feita através da subrotina RELATIV. Esta só pode ser executada após a subrotina C_PONTO ter sido previamente executada. Os passos de programação para sua execução são:

```
{COMANDOS}  
RELATIV(FLAG2,OX,OY,X,Y); (Unit Oscilog)  
{COMANDOS}
```

onde FLAG2 é uma variável que indica o tipo de curva (normal = -1 ou invertida = 1); OX e Oy são duas variáveis que indicam as coordenadas da referência, sendo OX = X1 e OY = Y2 para curva normal e OX = X1 e OY = Y1 para curva invertida e X e Y são os dois vetores descritos no item anterior, porém com os valores das coordenadas dos pontos relativos à nova origem.

Com o trecho da imagem que contém a curva selecionada e os pontos de interesse marcados, procede-se à identificação propriamente dita dos pontos da curva através da subrotina DISC_CURV. Com a utilização dos recursos gráficos da linguagem Turbo Pascal 6.0, posiciona-se na tela do computador o trecho selecionado da imagem, faz-se uma varredura ao longo da linha onde se encontra o eixo cartesiano x da imagem e, para cada coluna desta linha, identifica-se o próximo ponto iluminado a partir do eixo cartesiano. Deste modo o valor de cada ponto da curva fica quantizado como a sua distância até o eixo cartesiano, expresso em número de linhas da tela do monitor de vídeo ("pixels"). O programa despreza os pontos pertencentes aos eixos cartesiano e de referência, uma vez que estes já foram identificados como pontos especiais e não pertencentes à curva, sendo porém utilizados para um ajuste de escala de tensão e referência da curva.

A execução desta subrotina é feita através dos seguintes passos de programação:

```
{INICIALIZAÇÃO DO MODO GRÁFICO}
```

```
REBATE(X1,Y1,X2,Y2,SIZE,P);{CASO A CURVA SELECIONADA SEJA
```

INVERTIDA} (Unit Oscilog)

DISC_CURV(X1,Y1,X2,Y2,TIMEDIV,TIMEESC,REF,X,Y,SIZE,
P,COMPAUX); (Unit Oscilog)

{VOLTA P/ PROGRAMA GERENCIADOR}

Onde **X1,Y1,X2,Y2,SIZE** e **P** são as mesmas variáveis descritas anteriormente.

A variável **TIMEDIV** só é utilizada pela subrotina **DISC_CURV** quando os pontos de nº 4 e 5 da figura V.9 não tiverem sido marcados dentro da subrotina **C_PONTO**. Esta variável, contém o número de colunas da tela equivalente à uma divisão da escala de tempo do oscilograma do osciloscópio. Ela é previamente inicializada com valor (default) 43, que corresponde ao oscilograma do Osciloscópio Haefely em monitor VGA. Para outros osciloscópios este valor deve ser digitado via teclado.

A variável **TIMEESC** contém o valor da escala de tempo do oscilograma ($\mu\text{s}/\text{div}$), sendo previamente inicializada com 5. A variável **REF** contém o valor da escala de tensão do oscilograma, sendo previamente inicializada com 200.

COMPAUX é uma variável do tipo registro composta pelos seguintes campos:

NV número de pontos que compõe o vetor;

DELTAT ... incremento de tempo;

DELTAV ... incremento de tensão;

RDrelação do divisor de tensão multiplicado pelo fator de atenuação do osciloscópio;

RSvalor da resistência "shunt" dividido pelo fator de atenuação do osciloscópio e

YVvetor que contém os pontos da curva discretizada.

O ajuste de escala de tensão é feito através da multiplicação de cada elemento do vetor de pontos identificados, por uma constante. O valor desta constante é calculado através dos pontos especiais representados pelos números 2 e 3. O traço existente na imagem nesta posição indica o ponto da tensão de referência, que para o osciloscópio Haefely é de 200 V. Os pontos 2 e 3 delimitam este traço por um ponto superior e inferior, sendo que este traço possui uma espessura de aproximadamente 3 linhas. Este valor de referência, denominado **Voltref** pode ser modificado para osciloscópios diferentes. Define-se então um valor médio, denominado por **DmRef**, entre as distâncias do ponto 2 e 3 até o eixo cartesiano, expresso em linhas da tela do monitor.

Assim cada elemento $Y(i)$, expresso em linhas, do vetor é substituído pelo novo $Y(i)^*$, expresso em volts, segundo a equação 5.1.

$$y_i^* = \frac{Y_i * Voltref}{DmRef} \quad (5.1)$$

5.3.5 SUBROTINA DE AQUISIÇÃO DO SINAL VIA GPIB

Foi desenvolvida a subrotina OSCHP54 utilizando os recursos já mencionados no item 4.2.2, que faz a transferência de um sinal

armazenado em uma das quatro memórias do osciloscópio HP54111D, para o Programa ACLAT. As amostras do sinal digitalizado ficam armazenadas na memória do osciloscópio sob a forma que foram quantizadas, ou seja números entre 0 e 255. Por isso é preciso transferir para o programa ACLAT os fatores de escala de tempo e tensão nos quais o osciloscópio se encontrava ajustado, para que o sinal digitalizado seja reconstituído sob as escalas originais. A execução desta subrotina é feita através dos seguintes passos de programação:

```
{ escolha da memória (1,2,3 ou 4) }  
oschp54(memo,Rgpib); (Unit Hp5411d)  
{retorna ao programa gerenciador}
```

A variável "memo" contém o número da memória do osciloscópio cujo sinal será transferido, e a variável Rgpib é um registro com os seguintes campos:

```
YINC.....incremento de tensão correspondente a cada nível  
discretizado;  
YORG.....origem do sistema (eixo Y);  
XINC.....incremento de tempo entre amostras;  
XORG.....origem do sistema (eixo X);  
YREF e XREF..referência de tempo e tensão;  
YGPIB.....vetor com 8192 posições que contém a amostragem  
dos pontos do sinal capturado.
```

Os valores de tempo e tensão para cada amostra "i" podem ser calculadas segundo as equações 5.2 e 5.3 respectivamente:

$$V(i) = [(Y_{gpib}(i) - Y_{ref}) * Y_{inc}] + Y_{org} \quad (5.2)$$

$$T = [(i - X_{ref}) * X_{inc}] + X_{org} \quad (5.3)$$

Com estas duas equações pode-se reconstruir o sinal analógico a partir do sinal digitalizado GPIB.

5.3.6 FILTRAGEM DO SINAL DIGITAL ("AVERAGING")

Para eliminar os erros da subrotina de identificação do sinal do programa ACLAT, e os erros da digitalização do sinal analógico pelo osciloscópio, foi desenvolvida uma subrotina que faz uma filtragem do sinal digital. Este filtro foi utilizado por R. Malewski em [14] com sucesso. A equação 5.4 o descreve e consiste na substituição de cada amostra $y(n)$ do sinal por $y^*(n)$. A variável $y^*(n)$ é a média das k amostras adjacentes à $y(n)$. O autor, segundo testes realizados, recomenda a utilização de $k=3$.

$$y(n)^* = \frac{1}{2k+1} * \sum_{i=-k}^{+k} y_{n+i} \quad (5.4)$$

para executar a filtragem do sinal digital de curvas de oscilogramas devem ser seguidos os seguintes passos de programação:

```
{ Escolha do valor de k}
FiltDsc(k); (Geral.pas)
{ Retorna ao programa gerenciador}
```

para executar a filtragem do sinal digital de sinais GPIB, devem ser seguidos os seguintes passos de programação:

```
{ Escolha do valor de k}
FiltGpib(k); (Geral.pas)
{ Retorna ao programa gerenciador}
```

5.3.7 SUBROTINA PARA LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS DE ENSAIO

O levantamento dos parâmetros dos ensaios, etapa definida como o processamento do sinal, é feito nos arquivos digitalizados. A título de exemplo, foram desenvolvidos três subrotinas, duas para arquivos com extensão ".dsc" e uma para arquivos ".gpb." As subrotinas para arquivos ".dsc" são voltadas para ensaios de impulso atmosférico aplicado em isoladores e ensaios de tensão residual em pára-raios. Já a subrotina para arquivos ".gpb" foi desenvolvida apenas para ensaios de impulso atmosférico.

Os oscilogramas que contém os dados do ensaio de Impulso Atmosférico e Tensão Residual de Pára-raios apresentam normalmente duas curvas. No primeiro, uma das curvas representa a frente do

sinal sob uma escala de tempo de $0,5\mu\text{s}/\text{div}$, e a outra, a cauda sob uma escala de $10\mu\text{s}/\text{div}$. Já no segundo, uma das curvas representa a corrente injetada no pára-raio, e a outra, a tensão sobre ele, ambas em escala de $5\mu\text{s}/\text{div}$. Por isso para cada oscilograma, é necessário fazer a identificação de cada curva separadamente. Cada uma é usada no cálculo dos parâmetros por elas definidas. Exemplificando para o ensaio de Impulso Atmosférico, tem-se da curva que representa a frente do sinal, o tempo de frente virtual T_1 e, da curva que representa a cauda do sinal, o tempo de meia onda virtual $T_{50\%}$.

CAPÍTULO VI

TESTES E COMPARAÇÕES

Neste capítulo serão relatados os resultados dos testes e comparações realizados para verificação da eficiência da ferramenta computacional "ACLAT".

6.1 INTRODUÇÃO

A validação e a comprovação da eficiência da principal ferramenta do programa ACLAT irá também permitir que se conheça a praticidade e a agilidade do próprio programa na análise de ensaios laboratoriais de alta tensão. Para validar a ferramenta de análise de oscilogramas por "Scanner", foram empregados dois conjuntos de testes estatísticos: um, onde procurou-se comparar a nova técnica com a técnica convencional de análise manual, e outro, onde as duas técnicas foram comparadas com uma terceira, tida como padrão. Nestes testes foram usados dois conjuntos de dados, sendo um composto por oscilogramas, cedidos pelo Instituto de Eletrotécnica e Energia e obtidos pelo conjunto osciloscópio de impulso Haefely e câmera polaroid, e, outro, por oscilogramas obtidos de um osciloscópio HP54111D [31], que, como comentado nos capítulos IV e V, fornecem um sinal GPIB, que pode ser armazenado em arquivos e também processado pelo programa ACLAT. Isto permitiu que, para cada

oscilograma, também fosse obtido um arquivo de dados do ensaio. Este conjunto de arquivos devidamente processados pelo programa ACLAT irá constituir-se na terceira técnica de medição.

6.2 DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE MANUAL DE OSCILOGRAMAS

A análise manual do oscilograma, como descrito no apêndice B para impulso atmosférico, é feita com o uso de uma régua milimetrada, uma calculadora e um lápis de ponta bem fina. Como este procedimento é o mesmo para diferentes tipos de ensaio, ele pode ser adotado a título de exemplo para ilustrar os procedimentos manuais de determinação do tempo de frente T_1 . Assim, de posse de um oscilograma de tensão contra tempo deve-se encontrar, inicialmente, o valor de pico da onda, V_p , calcular os valores correspondentes a 90% (V_{90}) e a 30% (V_{30}) do valor de pico, e, da curva, determinar os respectivos instantes de ocorrência, ou melhor, T_{90} e T_{30} . A diferença entre T_{90} e T_{30} fornece T' que possibilita o cálculo de T_1 pela simples multiplicação por 1.67.

Como se observa, o processo de análise manual para a determinação dos tempos é sujeito a erros sistemáticos, causados principalmente pelas diferentes acuidades visuais dos analistas do ensaio. Esses erros são agravados quando necessita-se fazer uma alteração da espessura dos traços registrados, reduzindo todo o sinal a um único traço intermediário entre os pontos que o representam.

6.3 AQUISIÇÃO DE DADOS

6.3.1 OBTENÇÃO DE OSCILOGRAMAS A PARTIR DO OSCILOSCÓPIO HAEFELY

Nos ensaios de alta tensão, normalmente, os osciloscópios de impulso medem indiretamente tanto as tensões quanto as correntes envolvidas. Na medida de altas tensões, as conexões são feitas entre o osciloscópio e os terminais de baixa tensão de um divisor de tensão resistivo ou capacitivo e, na medida de correntes, com resistores série, denominados "Shunt". Assim, quando um sinal é capturado pelo osciloscópio de impulso, ele é retido em sua tela por um tempo suficiente para ser devidamente fotografado por uma câmera Polaroid, acoplada à tela. Desta forma os resultados laboratoriais podem ficar registrados por longos períodos em fotografias, denominadas oscilogramas.

6.3.2 ENSAIOS REGISTRADOS PELO DIGITALIZADOR HP54111D

Os ensaios laboratoriais registrados pelo digitalizador HP54111D foram efetuados no Instituto de Física e Química de São Carlos, empregando um sistema montado segundo a figura VI.1. Ele é composto por um gerador de impulso de classe 10kV, um divisor de tensão com relação 1:1000 e o próprio digitalizador conectado à um microcomputador através de uma placa GPIB STD-8410.

Em todos os ensaios, a saída do divisor de tensão foi conectada ao canal 1 do osciloscópio, ajustado para uma aquisição com taxa de amostragem de 100 Msamples/s e um nível de "Trigger" de 140mV. Como deseja-se comparar os dados da aquisição digital via

GPIB tanto com a análise manual de oscilogramas quanto com a técnica via "Scanner" em diferentes situações, cada sinal digitalizado foi fotografado duas vezes, respectivamente nas escalas de 500ns/div e 8.5 μ s/div. Isto também assegura que os transitórios de subida do sinal sejam analisados manualmente com maiores detalhes. A câmera fotográfica usada foi uma "Canon" modelo "AE-1", com filme "Kodak Tmax 100" preto e branco e objetiva "FD 100mm 1:4". Esses mesmos sinais foram também armazenados nas memórias do osciloscópio, sendo posteriormente transferidos para o microcomputador através da placa GPIB e armazenados em arquivos sob formato previamente definido pelo programa ACLAT.

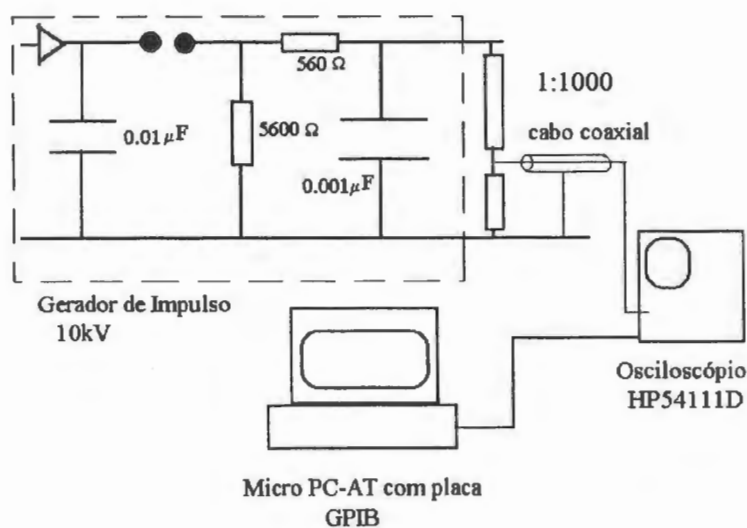


figura VI.1 - Sistema para geração e digitalização de impulsos

6.4 COMPARAÇÕES ENTRE OS MÉTODOS

6.4.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS OSCILOGRAMAS E SINAIS GPIB

6.4.1.1 SINAIS GPIB ORIGINAL E FILTRADO

Os sinais dos ensaios originários da aquisição por placa GPIB, quando processados pelo ACLAT, permitiram determinar os tempos de subida T1 e os tempos de meia-onda T2, tanto para o sinal original quanto para o sinal filtrado ("averaging") com um K igual a 3. O conjunto de dados deste procedimento estão mostrados na tabela VI.1.

6.4.1.2 RESULTADOS DA ANÁLISE MANUAL DOS OSCILOGRAMAS DO HP54111D E HAEFELY

Os oscilogramas do osciloscópio HP54111D e HAEFELY foram analisados manualmente por três pessoas conforme o procedimento descrito no item 6.2 e apêndice B. Dessa análise, obtiveram-se os tempo de frente T1 e tempo de meia onda T2 de cada oscilograma, todos apresentados nas tabelas VI.2 e VI.3.

6.4.1.3 OSCILOGRAMAS IDENTIFICADOS PELO ACLAT

O procedimento de determinação dos tempos T1 e T2 pelo Programa ACLAT, com o uso dos oscilogramas HAEFELY e HP, foi também repetido por três pessoas, resultando nas tabelas VI.4 e VI.5 .

NOME DO ARQUIVO	SINAL GPIB ORIGINAL	SINAL GPIB FILTRADO
HSR01.GPB	T1 = 0.4838 μ s T2 = 42.9778 μ s	T1 = 0.4671 μ s T2 = 47.7676 μ s
HSR02.GPB	T1 = 0.5005 μ s T2 = 41.4146 μ s	T1 = 0.4504 μ s T2 = 44.4063 μ s
HSR03.GPB	T1 = 0.4504 μ s T2 = 55.7139 μ s	T1 = 0.4671 μ s T2 = 56.2383 μ s
HSR04.GPB	T1 = 1.2511 μ s T2 = 46.5040 μ s	T1 = 1.1510 μ s T2 = 47.1333 μ s
HSR05.GPB	T1 = 1.1344 μ s T2 = 40.8252 μ s	T1 = 1.0843 μ s T2 = 47.8725 μ s
HSR06.GPB	T1 = 0.9008 μ s T2 = 45.2903 μ s	T1 = 0.8508 μ s T2 = 48.4918 μ s
HSR07.GPB	T1 = 1.1344 μ s T2 = 46.4790 μ s	T1 = 0.9342 μ s T2 = 48.8064 μ s
HSR08.GPB	T1 = 1.0509 μ s T2 = 45.0456 μ s	T1 = 1.0009 μ s T2 = 47.2482 μ s

tabela VI.1. Sinal GPIB Original e Filtrado

OSCILOG	PESSOA Nº1	PESSOA Nº2	PESSOA Nº3
HSR01	T1 = 0.4436µs T2 = 43.30µs	T1 = 0.3653µs T2 = 48.87µs	T1 = 0.4175µs T2 = 47.28µs
HSR02	T1 = 0.3914µs T2 = 44.36µs	T1 = 0.3914µs T2 = 44.60µs	T1 = 0.3653µs T2 = 45.16µs
HSR03	T1 = 0.4697µs T2 = 55.78µs	T1 = 0.4697µs T2 = 56.30µs	T1 = 0.3653µs T2 = 56.84µs
HSR04	T1 = 1.096µs T2 = 47.81µs	T1 = 0.9916µs T2 = 47.80µs	T1 = 1.095µs T2 = 47.28µs
HSR05	T1 = 1.2µs T2 = 46.75µs	T1 = 1.2µs T2 = 49.41µs	T1 = 1.2µs T2 = 48.88µs
HSR06	T1 = 0.9654µs T2 = 51.27µs	T1 = 1.04µs T2 = 51.0µs	T1 = 0.8872µs T2 = 51.0µs
HSR07	T1 = 1.069µs T2 = 48.34µs	T1 = 0.9390µs T2 = 46.87µs	T1 = 0.9394µs T2 = 49.41µs
HSR08	T1 = 0.8872µs T2 = 50.47µs	T1 = 0.8872µs T2 = 50.50µs	T1 = 0.8350µs T2 = 51.53µs

tabela VI.2 - Oscilogramas do osciloscópio HP5411D analisados manualmente

ARQUIVO	PESSOA Nº1	PESSOA Nº2	PESSOA Nº3
RESID1	T1 = 6.95µs T2 = 20.37µs	T1 = 7.23µs T2 = 22.57µs	T1 = 6.60µs T2 = 20.18µs
RESID2	T1 = 5.32µs T2 = 23.32µs	T1 = 5.9µs T2 = 24.65µs	T1 = 5.96µs T2 = 25.23µs
RESID3	T1 = 6.95µs T2 = 19.68µs	T1 = 10.95µs T2 = 19.82µs	T1 = 7.45µs T2 = 19.72µs
RESID4	T1 = 7.15µs T2 = 19.69µs	T1 = 7.17µs T2 = 20.41µs	T1 = 6.95µs T2 = 20.60µs
RESID5	T1 = 6.95µs T2 = 20.83µs	T1 = 6.88µs T2 = 20.41µs	T1 = 10.13µs T2 = 18.98µs
RESID6	T1 = 7.15µs T2 = 21.99µs	T1 = 7.23µs T2 = 22.45µs	T1 = 7.16µs T2 = 22.71µs
RESID7	T1 = 4.69µs T2 = 24.33µs	T1 = 5.42µs T2 = 23.50µs	T1 = 5.62µs T2 = 23.33µs
RESID8	T1 = 5.72µs T2 = 22.21µs	T1 = 5.78µs T2 = 21.30µs	T1 = 5.96µs T2 = 20.68µs
RESID9	T1 = 8.01µs T2 = 24.50µs	T1 = 7.81µs T2 = 24.42µs	T1 = 5.21µs T2 = 24.56µs

tabela VI.3. Oscilogramas do osciloscópio Haefely analisados manualmente

ARQUIVO	PESSOA Nº1	PESSOA Nº2	PESSOA Nº3
HSR01	T1 = 0.4001 μ s T2 = 49.5833 μ s	T1 = 0.4175 μ s T2 = 51.3542 μ s	T1 = 0.4349 μ s T2 = 44.2292 μ s
HSR02	T1 = 0.4001 μ s T2 = 49.4063 μ s	T1 = 0.4175 μ s T2 = 49.4063 μ s	T1 = 0.4697 μ s T2 = 45.3333 μ s
HSR03	T1 = 0.4175 μ s T2 = 55.6042 μ s	T1 = 0.4001 μ s T2 = 56.3125 μ s	T1 = 0.4175 μ s T2 = 54.5417 μ s
HSR04	T1 = 1.1133 μ s T2 = 46.9271 μ s	T1 = 1.1133 μ s T2 = 50.4687 μ s	T1 = 1.0437 μ s T2 = 46.2187 μ s
HSR05	T1 = 1.0611 μ s T2 = 50.6458 μ s	T1 = 1.0785 μ s T2 = 44.8021 μ s	T1 = 1.0437 μ s T2 = 47.1042 μ s
HSR06	T1 = 0.8698 μ s T2 = 47.4583 μ s	T1 = 0.8698 μ s T2 = 48.5208 μ s	T1 = 0.8524 μ s T2 = 51.1771 μ s
HSR07	T1 = 0.8872 μ s T2 = 49.4063 μ s	T1 = 0.9046 μ s T2 = 54.1875 μ s	T1 = 0.9046 μ s T2 = 48.8750 μ s
HSR08	T1 = 0.8524 μ s T2 = 46.0417 μ s	T1 = 0.8350 μ s T2 = 47.8125 μ s	T1 = 0.8524 μ s T2 = 47.1042 μ s

tabela VI.4. Oscilogramas do osciloscópio HP54111D analisados pelo ACLAT

ARQUIVO	PESSOA Nº1	PESSOA Nº2	PESSOA Nº3
RESID1	T1 = 6.3953µs T2 = 18.7209µs	T1 = 6.2500µs T2 = 19.3023µs	T1 = 6.3953µs T2 = 18.4884µs
RESID2	T1 = 4.9419µs T2 = 24.1860µs	T1 = 4.9419µs T2 = 22.3256µs	T1 = 4.7965µs T2 = 20.4651µs
RESID3	T1 = 6.1047µs T2 = 18.4884µs	T1 = 6.1047µs T2 = 18.4884µs	T1 = 6.6860µs T2 = 18.2558µs
RESID4	T1 = 5.9593µs T2 = 19.3023µs	T1 = 6.1047µs T2 = 18.8372µs	T1 = 5.8140µs T2 = 18.8372µs
RESID5	T1 = 6.3953µs T2 = 19.1860µs	T1 = 6.5407µs T2 = 19.0698µs	T1 = 6.5407µs T2 = 18.8372µs
RESID6	T1 = 7.5581µs T2 = 20.9302µs	T1 = 6.1047µs T2 = 21.7447µs	T1 = 5.9593µs T2 = 21.0465µs
RESID7	T1 = 8.2849µs T2 = 29.5349µs	T1 = 8.5756µs T2 = 30.1163µs	T1 = 8.1395µs T2 = 28.3721µs
RESID8	T1 = 5.9593µs T2 = 19.5349µs	T1 = 6.6860µs T2 = 20.1163µs	T1 = 6.1047µs T2 = 19.6512µs
RESID9	T1 = 7.9942µs T2 = 22.7907µs	T1 = 7.2674µs T2 = 23.0233µs	T1 = 7.1221µs T2 = 22.3256µs

tabela VI.5. Oscilogramas do osciloscópio Haefely analisados pelo
ACLAT

6.4.2 ESCOLHA DO MÉTODO COMPARATIVO

Todas as comparações entre os métodos efetuadas foram baseadas considerando-se que as populações possuíam variâncias desiguais e desconhecidas. Neste caso, segundo [33], duas médias podem ser comparadas entre si com o uso da estatística "t de Student", determinada pela da equação:

$$t = \frac{M - A}{\sqrt{\frac{Sm^2}{m} + \frac{Sa^2}{n}}} \quad (6.1)$$

onde M e A são as médias de cada amostra, Sm e Sa, suas estimativas das variâncias e m e n, os números de elementos de cada amostra.

Nestas comparações, o número de graus de liberdade v, necessário à determinação do t de student" tabelado, é calculado por:

$$v = \frac{\left(\frac{Sm^2}{m} + \frac{Sa^2}{n}\right)^2}{\frac{\left(\frac{Sm^2}{m}\right)^2}{m-1} + \frac{\left(\frac{Sa^2}{n}\right)^2}{n-1}} \quad (6.2)$$

Contudo, antes da aplicação de todo esse procedimento estatístico, deve-se verificar se as amostras obedecem a uma distribuição normal. Verificação conseguida pelo traçado de um histograma similar àquele da figura VI.2.

Isto posto, pode-se formular duas hipóteses, ou melhor, a hipótese de nulidade, H_0 , e a hipótese alternativa, H_1 , conforme a necessidade de interpretação.

Neste trabalho, foram feitos dois conjunto de comparações, um entre o método manual e a o programa ACLAT, e outro entre as diferenças dos resultados GPIB-ACLAT e GPIB-Manual. Em todas as comparações foram traçados os histogramas para verificar a normalidade dos dados.

Para comparar o método manual com o metodologia do programa ACLAT, utilizou-se as medidas dos tempos de frente T1 e a dos tempos de meia onda T2. Nestas comparações, as variáveis aleatórias escolhidas foram as diferenças entre os tempos T1 e as diferenças entre os tempos T2, medidos por dois operadores de uma mesma técnica. Isto gerou as tabelas VI.6 e VI.7. Destas amostras pôde-se calcular a média e seu correspondente desvio padrão necessários aos testes de comparação.

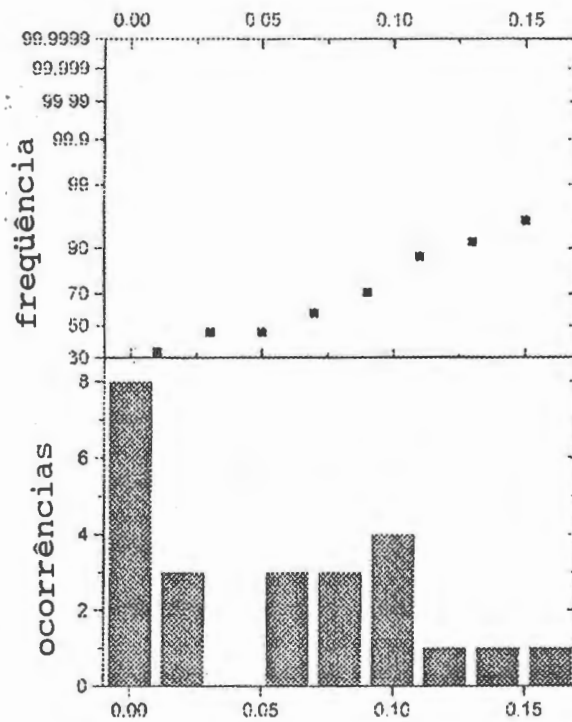


figura VI.2 - Histograma

AMOSTRA	$\Delta T1 (\mu s)$ MANUAL	$\Delta T1 (\mu s)$ ACLAT	$\Delta T2 (\mu s)$ MANUAL	$\Delta T2 (\mu s)$ ACLAT
1	0.0783	0.0174	5.57	1.7709
2	0.0	0.0174	0.24	0.0000
3	0.0	0.0174	0.52	0.7083
4	0.1044	0.0000	0.7	3.5416
5	0.0	0.0174	2.66	5.8437
6	0.0746	0.0000	0.27	1.0625
7	0.13	0.0174	1.47	4.7812
8	0.0	0.0174	0.03	1.7708
9	0.0261	0.0348	3.98	0.3541
10	0.0261	0.0696	0.8	4.0730
11	0.1044	0.0000	1.06	1.0625
12	0.001	0.0696	0.53	0.7084
13	0.0	0.0174	2.13	3.5416
14	0.0782	0.0174	0.27	3.7718
15	0.1296	0.0174	1.07	0.5913
16	0.0522	0.0000	1.06	1.0625
17	0.0522	0.0174	1.59	2.1250
18	0.0261	0.0522	0.56	4.0730
19	0.1044	0.0174	0.54	1.7708
20	0.1034	0.0696	0.52	4.2500
21	0.0	0.0348	0.53	2.3021
22	0.1528	0.0174	0.0	2.3750
23	0.0004	0.0000	2.54	5.3125
24	0.0522	0.0174	1.03	0.7083
MÉDIA	0.05075	0.0232	1.2362	2.3961
DESVIO S	0.05129	0.0215	1.3259	1.7171

tabela VI.6 comparações entre diferentes operadores na análise MANUAL e ACLAT dos oscilogramas do osciloscópio HP54111D

AMOSTRA	$\Delta T1 (\mu s)$ MANUAL	$\Delta T1 (\mu s)$ ACLAT	$\Delta T2 (\mu s)$ MANUAL	$\Delta T2 (\mu s)$ ACLAT
1	0.28	0.1453	2.2	0.5814
2	0.58	0.0000	1.33	1.8604
3	4.0	0.0000	0.14	0.0000
4	0.02	0.1454	0.72	0.4651
5	0.07	0.1454	0.42	0.1162
6	0.08	1.4534	0.46	0.8145
7	0.73	0.2907	0.83	0.5814
8	0.06	0.7267	0.91	0.5814
9	0.2	0.7268	0.08	0.2326
10	0.35	0.0000	0.19	0.2325
11	0.64	0.1454	1.91	3.7209
12	0.5	0.5813	0.04	0.2326
13	0.2	0.1453	0.91	0.4651
14	3.18	0.1454	1.85	0.3488
15	0.01	1.5988	0.72	0.1163
16	0.93	0.1454	1.0	1.1628
17	0.24	0.1454	1.53	0.1163
18	2.8	0.8721	0.06	0.3951
19	0.63	0.1453	2.39	0.8139
20	0.06	0.1454	0.58	1.8605
21	3.5	0.5813	0.1	0.2326
22	0.22	0.2907	0.19	0.0000
23	3.25	0.0000	0.43	0.2326
24	0.07	0.1454	0.26	0.6982
25	0.2	0.4361	0.17	1.7442
26	0.18	0.5813	0.62	0.4651
27	2.6	0.1453	0.14	0.6977
MÉDIA	0.9400	0.3660	0.78	0.6951
DESVIO S	1.28	0.4157	0.70	0.80

tabela VI.7 comparações entre diferentes operadores na análise MANUAL e ACLAT dos oscilogramas do osciloscópio Haefely

6.4.2.1 COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODO MANUAL E ACLAT

O objetivo desta comparação é mostrar estatisticamente o melhor desempenho da técnica ACLAT sobre a manual, para tanto escolheu-se comparar inicialmente as diferenças entre os tempos T1 e T2 medidos. Nesta comparação, a hipótese de nulidade H_0 escolhida foi a de que a média das diferenças do método manual, M, é menor ou igual a média das diferenças do método ACLAT. Conseqüentemente, a hipótese alternativa, H_1 , é a de que a média M é maior que a média A. Com isso a rejeição da hipótese de nulidade ocorre quando o t calculado é maior ou igual ao t_{α} . Para esse teste escolheu-se o nível α de significância igual a 5%, o que fornece uma confiança no teste de 95%.

Assim, tem-se:

a) para o tempo T1

Hipóteses: $H_0: 0.05075 \leq 0.0232$

$H_1: 0.05075 > 0.0232$

Rejeição: $t \geq t_{\alpha}$, sendo

$$t = \frac{0.05075 - 0.0232}{\sqrt{\frac{0.05129^2}{24} + \frac{0.215^2}{24}}} = 2.427 \quad (6.3)$$

e, da tabela de t-Student com nível de significância α de 5% e v calculado por

$$v = \frac{\left(\frac{0.05129^2}{24} + \frac{0.0215^2}{24}\right)^2}{\frac{\left(\frac{0.05129^2}{24}\right)^2}{23} + \frac{\left(\frac{0.0215^2}{24}\right)^2}{23}} = 30.8 \approx 30 \text{ g.l.} \quad (6.4)$$

$$t_{\alpha} = 2.042.$$

Portanto, como $2.427 > 2.042$ rejeita-se H_0 e aceita-se H_1 .
 Conclui-se, assim com 95% de confiabilidade, que as diferenças
 cometidas entre operadores do programa ACLAT, no cálculo do tempo
 de frente T1 dos oscilogramas do osciloscópio Hp, são menores que
 o método manual.

b) para o tempo de meia onda T2

Hipóteses: $H_0: 1.2362 \leq 2.3961$

$H_1: 1.2362 > 2.3961$

com rejeição: $t \geq t_{\alpha}$ sendo

$$t = \frac{1.2362 - 2.3961}{\sqrt{\frac{1.3259^2}{24} + \frac{1.7171^2}{24}}} = -2.62 \quad (6.5)$$

e, da tabela de t-Student com nível de significância α de 5% e v
 calculado por

$$v = \frac{\left(\frac{1.3259^2}{24} + \frac{1.7171^2}{24}\right)^2}{\frac{\left(\frac{1.3259^2}{24}\right)^2}{23} + \frac{\left(\frac{1.7171^2}{24}\right)^2}{23}} = 43.23 \approx 40 g.l. \quad (6.6)$$

$$t_\alpha = 2.021.$$

Como -2.62 não é maior que 2.021 não podemos rejeitar H_0 . E na medida dos tempos T2 o programa ACLAT apresenta uma diferença maior que o método manual. Isto de certa forma era esperado, porque na medida de tempos longos os operadores cometem erros muito menores no método manual. Somado a isto, deve-se também considerar que os oscilogramas do osciloscópio Hp estavam muito nítidos, e facilitavam a medição dos tempos. Contudo, acredita-se que o programa ACLAT possa ser devidamente alterado para que venha a apresentar erros da mesma ordem de grandeza.

6.4.2.2 OSCIOGRAMA DO OSCILOSCÓPIO HAEFELY

Usando agora os oscilogramas obtidos do osciloscópio Haefely fez-se as mesmas comparações do item 6.4.2.1, portanto tem-se:

a) para o tempo T1

Hipóteses: $H_0: 0.94 \leq 1.28$

$H_1: 0.366 > 0.4157$

com Rejeição: $t \geq t_\alpha$ sendo

$$t = \frac{0.9400 - 0.3660}{\sqrt{\frac{1.2800^2}{27} + \frac{0.4157^2}{27}}} = 2.2162 \quad (6.7)$$

e, da tabela de t-Student com nível de significância α de 5% e v calculado por

$$\frac{\left(\frac{1.28^2}{27} + \frac{0.4157^2}{27}\right)^2}{\frac{\left(\frac{1.28^2}{27}\right)^2}{26} + \frac{\left(\frac{0.4157^2}{27}\right)^2}{26}} = 31.4 \approx 30 \text{ g.l.} \quad (6.8)$$

$$t_\alpha = 2.042.$$

Como $2.216 > 2.042$ rejeita-se H_0 e aceita-se H_1 .

Concluí-se que com 95% de confiabilidade as diferenças cometidas entre operadores do programa ACLAT, no cálculo do tempo de frente T1 dos oscilogramas do osciloscópio Haefely, são menores que o método manual.

b) para o tempo de meia onda T2

Hipóteses: $H_0: 0.78 \leq 0.69$

$H_1: 0.78 > 0.69$

com rejeição: $t \geq t_\alpha$ sendo

$$t = \frac{0.78 - 0.6951}{\sqrt{\frac{0.7^2}{27} + \frac{0.8^2}{27}}} = 0.415 \quad (6.9)$$

e, da tabela de t-Student com nível de significância α de 5% e v

calculado por

$$v = \frac{\left(\frac{0.7^2}{27} + \frac{0.8^2}{27}\right)^2}{\frac{\left(\frac{0.7^2}{27}\right)^2}{26} + \frac{\left(\frac{0.8^2}{27}\right)^2}{26}} = 51 \approx 50 \text{ g.l.} \quad (6.10)$$

$$t_\alpha = 2.009.$$

Como t não é $> t_0$ não podemos rejeitar H_0 . Contudo, nesta comparação embora não se possa rejeitar H_0 , as diferenças entre os métodos são bem menores. Isto se deve a má qualidade dos oscilogramas, que não apresentam tanta nitidez quanto aos oscilogramas do digitalizador HP. Contudo, ainda deve-se desenvolver novas técnicas para melhorar o sistema de determinação do ACLAT.

6.4.2.3 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS MANUAL E ACLAT COM O GPIB

Aqui, foram comparadas as diferenças nos valores de T_1 e de T_2 , determinados pelos métodos MANUAL, ACLAT e GPIB. Para tanto, considerou-se os tempos T_1 e T_2 medidos através do sinal digitalizado GPIB, como sendo os que mais se aproximam dos valores reais. Isto por que, os valores medidos são determinados sem qualquer interferência de operadores humanos e os erros de digitalização envolvidos tem pouca ou quase nenhuma influência sobre eles. Isto permitiu, construir duas variáveis aleatórias, uma sendo a diferença entre os tempos T_1 medidos pela técnica GPIB e um dos métodos (manual ou ACLAT) e outra, a diferença entre os

tempos T2, também medidos pela técnica GPIB e um dos métodos.

Com o intuito de melhor analisar as discrepâncias nessas diferenças, fez-se uma normalização das diferenças entre os tempos calculados, usando a equação:

$$\frac{(T1a\text{clat}-T1g\text{pib}) * 100}{T1g\text{pib}} \quad (6.11)$$

Assim, as novas variáveis aleatórias, usadas nestas comparações, são as diferenças normalizadas entre os tempos T1 e T2 dadas agora em porcentagem. Portanto, com os dados das tabelas VI.1, VI.2 e VI.4 elaborou-se a tabela VI.8.

AMOSTRA	$\Delta T_1 (\mu s)$ MANUAL-GPIB	$\Delta T_1 (\mu s)$ ACLAT-GPIB	$\Delta T_2 (\mu s)$ MANUAL-GPIB	$\Delta T_2 (\mu s)$ ACLAT-GPIB
1	5.03	14.34	9.35	3.80
2	13.10	11.17	0.1	11.26
3	0.55	10.62	0.81	1.12
4	4.78	3.27	1.44	0.43
5	10.67	2.14	2.34	5.79
6	13.47	2.23	5.73	2.13
7	14.43	5.03	0.95	1.23
8	11.36	14.84	6.82	2.55
9	21.79	10.62	2.3	7.51
10	13.10	7.30	0.44	11.26
11	0.55	14.34	0.11	0.13
12	13.85	3.27	1.42	7.08
13	10.67	0.53	3.21	6.41
14	22.24	2.23	5.17	0.06
15	0.51	3.17	3.97	11.02
16	11.36	16.57	6.88	1.19
17	10.62	6.89	1.02	7.4
18	18.89	4.28	1.70	2.09
19	21.79	10.62	1.07	3.02
20	4.86	9.32	0.31	1.94
21	10.67	3.74	2.1	1.60
22	4.28	0.18	5.17	5.54
23	0.55	3.17	1.24	0.14
24	16.57	14.84	9.06	0.30
MÉDIA	10.65	7.28	3.03	3.96
DESVIO	6.85	5.18	2.82	3.70

tabela VI.8

comparações entre as diferenças existentes entre o método MANUAL e método GPIB e entre método ACLAT e método GPIB, considerando os oscilogramas do osciloscópio HP54111D.

Como também aqui o objetivo é mostrar o melhor desempenho do método ACLAT face ao método manual, elaborou-se como hipótese de nulidade, H_0 , o fato da média das diferenças entre os tempos medidos pelo método GPIB e Manual ser menor ou igual a média das diferenças entre os tempos medidos pelo método GPIB e ACLAT. O que permite estabelecer uma hipótese alternativa, H_1 , média MANUAL-GPIB maior que média ACLAT-GPIB.

a) Para diferenças entre os tempos T1

Hipóteses: $H_0: 10,65 \leq 7,28$

$H_1: 7,28 > 10,65$

com uma rejeição dada por: $t \geq t_\alpha$

sendo

$$t = \frac{10.65 - 7.28}{\sqrt{\frac{6.85^2}{24} + \frac{5.18^2}{24}}} = 1.922 \quad (6.12)$$

e, da tabela de t-Student com nível de significância α de 5% e v calculado por

$$v = \frac{\left(\frac{6.85^2}{24} + \frac{5.18^2}{24}\right)^2}{\frac{\left(\frac{6.85^2}{24}\right)^2}{23} + \frac{\left(\frac{5.18^2}{24}\right)^2}{23}} = 42.82 \approx 40 g.l. \quad (6.13)$$

$t_\alpha = 2.021.$

Como $1.922 < 2.021$ não podemos rejeitar H_0 . Porém para 10% e

40 g.l. $t_{\alpha} = 1.684$. Temos que $1.922 > 1.684$ então podemos rejeitar H_0 e aceitar H_1 . Concluimos que com 90% de confiabilidade o método manual apresenta desvios maiores em relação ao GPIB que o ACLAT na medição dos tempos de frente.

b) Para diferenças entre os tempos T2

Hipóteses: $H_0: 3,03 \leq 3,96$

$H_1: 3,03 > 3,96$

com uma rejeição: $t \geq t_{\alpha}$ sendo

$$t = \frac{3.03 - 3.96}{\sqrt{\frac{2.82^2}{24} + \frac{3.70^2}{24}}} = -0.98 \quad (6.14)$$

e, da tabela de t-Student com nível de significância α de 5% e v calculado por

$$v = \frac{\left(\frac{2.82^2}{24} + \frac{3.70^2}{24}\right)^2}{\frac{\left(\frac{2.82^2}{24}\right)^2}{23} + \frac{\left(\frac{3.70^2}{24}\right)^2}{23}} = 42.97 = 40 \text{ g.l.} \quad (6.15)$$

$t_{\alpha} = 2.021$.

Como $-0.982 < 2.021$ não podemos rejeitar H_0 .

O quê não nos permite afirmar que o método ACLAT seja melhor que o método manual na determinação dos tempos de meia onda T2.



Contudo, neste casos, observa-se também que não se pode afirmar que o ACLAT seja pior que o método MANUAL, mas que pelo menos tenha os mesmos erros envolvidos.

6.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DAS COMPARAÇÕES

Das comparações pode-se afirmar com 90% de confiança que o método ACLAT apresenta melhor desempenho que o método Manual nas medidas dos tempos de frente T1. Contudo, tal afirmação não pode ser feita para a medida de tempos de meia onda T2, onde o método ACLAT apresentou um desempenho igual ou um pouco pior em determinadas situações que o método Manual.

Nestas constatações deve-se também ter em mente que os tempos de frente são muito mais difíceis de serem determinados com precisão que os tempos de meia onda e é justamente nesse ponto que o método ACLAT apresenta melhor desempenho. Outro ponto a considerar é que a determinação de T2 pelo programa ACLAT está atualmente sendo feita manualmente e já iniciou-se estudos para torná-la automática. Isto seguramente aumentará sua precisão.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÃO

Neste capítulo será comentado todo o trabalho e também propostos novas atividades futuras.

7.1 COMENTÁRIOS E DISCUSSÕES

O programa ACLAT, ponto central deste trabalho, mostra-se como um importantíssimo ferramental não só na informatização de laboratórios de alta tensão como também em outras atividades científicas. Suas características de ser um programa "aberto" e ser escrito em uma linguagem estruturada (Turbo Pascal) o tornam um programa extremamente versátil, facilmente adaptável às exigências de novos usuários. Este fato também irá contribuir para agilizar todo seu aprimoramento. Contudo, de todas as suas ferramentas já implementadas, a aquisição de dados por "Scanners" é a de maior importância. Ela permitiu que o acessório "Scanner" fosse usado como importante instrumento de medição, aplicação muito diferente do convencional que é a dar suporte à editoração de textos. Na interpretação e análise de oscilogramas, essa ferramenta permitiu

desenvolver uma nova metodologia de medição, onde conseguiu aliar o uso de equipamentos de medição convencionais, imunes de interferências eletromagnéticas, com as modernas técnicas digitais, a um custo extremamente reduzido a partir de US\$ 200,00. Este custo se torna irrisório quando comparado com o custo de um digitalizador adaptado para laboratórios de alta tensão, superior a US\$ 40.000,00.

A comparação dessa metodologia de medição com a metodologia manual permite assegurar com 90% de confiança que ela apresenta um desempenho superior na medida de tempos de frente, tempos curtos, e um desempenho igual ou pouco inferior, na medida de tempos de meio valor, tempos longos. Aqui também cabe uma observação, nos testes de comparação, para cada oscilograma utilizado foram determinados poucos valores discretos, três ou quatro; fato que não ocorre em determinadas aplicações onde grande número de pontos necessita ser determinado. Um exemplo dessa última aplicação são os ensaios para a determinação de resistência não linear de eletrodos de terra [36], onde todos os pontos devem ser processados. Aí, sem sombra de dúvidas, a técnica de "Scanner" torna-se extremamente útil e superior à manual, uma vez que o sinal é inteiramente armazenado e pouco ou quase nenhum esforço extra é necessário ser feito para processá-lo. Outra aplicação, onde a técnica do "Scanner" é deveras importante, são integrações e diferenciações que muitas vezes necessitam ser feitas nos sinais analisados.

Este trabalho, também prevendo a grande difusão e redução nos custos dos digitalizadores, traça uma série de considerações sobre

eles, voltada principalmente para os pesquisadores da área de alta tensão. Nessas considerações, o ponto relevante é a divulgação da recente norma internacional sobre o tema, que aborda tópicos como a escolha adequada dos digitalizadores voltados para as medições em laboratórios de alta tensão.

7.2 TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho é o início de um longo caminho a ser percorrido, poder-se-ia dizer que esta é uma primeira versão (versão 1.0) do programa ACLAT. Contudo, esta versão já mostrou os principais pontos futuros a serem investigados, ou melhor:

- uso do "mouse" na identificação das curvas;
- interpretação inteligente das curvas, evitando erros sistemáticos de operadores e imprimindo à técnica de medição maior precisão;
- adaptação do programa para aquisição analógica digital;
- implementação do programa em ambiente "Windows" e em ambiente de "workstations";
- novas ferramentas matemáticas para o processamento de curvas;
- entrada de dados via teclado acoplado a ambiente gráfico similar a programas do tipo GRAPHER ou ORIGEM, e
- adaptação de outros tipos de "Scanners", osciloscópios digitalizadores e placas digitalizadoras.

Quanto à nova metodologia de medição por "Scanner", uma melhor comparação com as técnicas existentes, Manual e GPIB, pode ser

conseguida através da elaboração de um ensaio em alta tensão, cujos sinais devem ser simultaneamente capturados por um digitalizador e um osciloscópio de impulso HAEFELY. Os dados desse ensaio servirão como fonte principal para testes de comparação definitiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INTERNATIONAL ELETROTECHNICAL COMMISSION IEC 60-1
"HIGH VOLTAGE TEST TECHNIQUES PART 1: GENERAL DEFINITIONS
AND TEST REQUIREMENTS".
- [2] INTERNATIONAL ELETROTECHNICAL COMMISSION IEC 60-2
"HIGH VOLTAGE TEST TECHNIQUES PART 2: TESTS PROCEDURES".
- [3] INTERNATIONAL ELETROTECHNICAL COMMISSION IEC 60-3
"HIGH VOLTAGE TEST TECHNIQUES PART 3: MEASURING DEVICES".
- [4] LEE, EVERETT S. "Cathode-ray Oscillographs and Their Uses"
General Electric Review Vol. 31 nº8, p. 404-412, August
1928.
- [5] GEORGE, R.H. "A New Type of Hot Cathode Oscillograph and Its
Application to the Automatic Recording of Lightning and
Switching Surges" **A.I.E.E. Quarterly Transactions** Vol. 48 p.
884-890, July 1929.
- [6] ACKERMANN, O. "A Cathode Ray Oscillograph with Norinder Relay"
A.I.E.E Transactions Vol. 49, p. 467-475, April 1930.
- [7] TOROK, J.J.; FIELDER, F.D. "High Voltage Surge Oscillograph"
Electric Journal Vol 26, nº7, p. 320-324, July 1929.
- [8] HARRINGTON, G.F.; OPSAHL, A.M. "Technique of Dufour Cathode
Ray Oscillograph" **Electric Journal** Vol 24, nº8, p. 384-388,
August 1927.

- [9] BRAND, F.F.; PALUEFF, K.K. "Lightning Studies of Transformers by the Cathode Ray Oscillograph" **A.I.E.E. Quarterly Transactions**, Vol. 48, p. 998-1012, July 1929.
- [10] MCEACHRON, K.B.; GOODWIN, V.E. "Cathode Ray Oscillograph Study of Artificial Lightning Surges on the Turner Falls Transmission Line" **A.I.E.E. Quarterly Transactions** Vol. 48, p.953-965, July 1929.
- [11] CRAGGS, J.D. and MEEK, J.M. "High Voltage Laboratory Technique"
- [12] MALEWSKI, R. and POULIN, B. "Digital monitoring Technique for HV impulse tests" **IEEE - Transactions on Power Apparatus Systems** PAS 104, n° 11, p.3108-16, Nov. 1985
- [13] MALEWSKI, R. and DECHAMPLAIN, A. "Digital impulse recorder for high-voltage laboratories" **IEEE - Transactions on Power Apparatus System** PAS 99, n° 2, p. 636-649, mar./apr. 1980.
- [14] MALEWSKI, R.; McCOMB, T.R. and COLLINS, M.M.C. "Measuring properties of fast digitizers employed for recording hv impulses" **IEEE Instrument Measuring** IM 32, n°1, p. 17-22, Mar. 1983.
- [15] VAILLANCOURT, G. and MALEWSKI, R. "Digital acquisition and processing of partial discharges during acceptance test of hv transformers" **IEEE Transactions on Power Delivery** PWRD 4, n° 1, p. 421-427, Jan. 1989.
- [16] MALEWSKI, R. "Digital techniques in high-voltage measurements" **IEEE Transactions on Power Apparatus System** PAS 101, n°. 12, p. 4508-4517, Dec. 1982.

- [17] KUFFEL, J.; MALEWSKI, R.; HEESWIJK, R.V. and LAWTON, R.A.
"Dynamic performance of digital recorders used for monitoring high-voltage impulse tests" **IEEE Transactions on Instrument Measurement** IM 35 n° 4, p. 591-595, Dec. 1986.
- [18] INTERNATIONAL STANDART - IEC 1083-1 "Digital Records For Measurements In High-Voltage Impulse Tests".
- [19] HANRIOT, J.M.; GUILLOUX, C.; LEGROS, W.P.; GENON, A.M. and SCARPA, P.G. "Digital acquisition and numerical processing of measuring signals, in a high voltage circuit breaker testing laboratory" **IEEE Transactions on Power Delivery** PWRD 1, n° 3, p. 134-139, Jul. 1986.
- [20] MALEWSKI, R.; KUFFEL, J. and van HEESWIJK, R. G. "Modeling of the Performance of Transient Recorders Used for High Voltage Impulse Tests" **IEEE Transactions on Power Delivery** PWRD 6 n°2, p.507-515, April 1991.
- [21] JAEGER, R.C. "Tutorial: Analog data acquisition technology part I" **IEEE MICRO** p. 20-37, May 1982.
- [22] JAEGER, R.C. "Tutorial: Analog data acquisition technology part II" **IEEE MICRO** p. 46-57, Aug. 1982.
- [23] JAEGER, R.C. "Tutorial: Analog data acquisition technology part III" **IEEE MICRO** p. 20-35, Nov. 1982.
- [24] JAEGER, R.C. "Tutorial: Analog data acquisition technology part IV" **IEEE MICRO** p. 52-61, Feb. 1983.
- [25] NEIL, M. and MUTO, A. "Tests unearth a-d converter's real-world performance" **Eletronics** p. 127-132, Feb. 1982.

- [26] BUKLEN, W.K. "Digitize with monolithic flash a-d converters"
Electronic Design, 980 p. 3-98, Set. 1980.
- [27] LEGROS, W.P. and SCARPA, P.G. "Use of numerical methods in a
circuit breaker testing laboratory" **IEEE Transactions on
Power Apparatus System PAS 102**, nº 5, p. 1414-1420, May
1983.
- [28] NAGV, G. "Optical scanning digitizers" **IEEE Computer** p. 13-
24, May 1983.
- [29] O'BRIEN, STEPHEN "TURBO PASCAL 6.0 COMPLETO E TOTAL", OSBORNE
MACGRAW-HILL
- [30] DFI HANDY SCANNER HS-3000 PLUS USER'S MANUAL.
- [31] HP54111D USER DOCUMENTATION (PROGRAMMING MANUAL).
- [32] STD-8410 CARTÃO CONTROLADOR GPIB - "MANUAL DO USUÁRIO"
- [33] MORETTIN, PEDRO A.; BUSSAB, WILTON O. "Estatística Básica"
Vol. 3, p.272-273, 2ª edição, Editora Atual.
- [34] STOUT, MELVILLE B. "Curso Básico de Medidas Elétricas" Vol. 1
Editora Edusp.
- [35] ACHAR, JORGE A.; RODRIGUES, JOSEMAR "Introdução de Estatística
Para Ciências e Tecnologia" Editado pelo Instituto de
Ciências Matemáticas de São Carlos - USP.
- [36] COLOMBINI, ANGELO CESAR "Modelos Computacionais Para Estudo de
Sistemas de Aterramentos Quando Submetido a Correntes
Impulsivas" Tese a ser defendida no Departamento de
Eletricidade da EESC - USP.
- [37] IEEE STD 587-1980 "Low Voltage AC Power Circuits"

APÊNDICE A

Os termos aqui definidos foram extraídos da norma IEC 1083-1 [18] para auxiliar o entendimento do Capítulo II.

A.1 DEFINIÇÕES

A.1.1 CARACTERÍSTICA DE QUANTIZAÇÃO

A característica de quantização é a curva que mostra a relação entre a saída do registrador digital e a tensão contínua de entrada que produz esta saída, melhor traduzida na figura A.1.

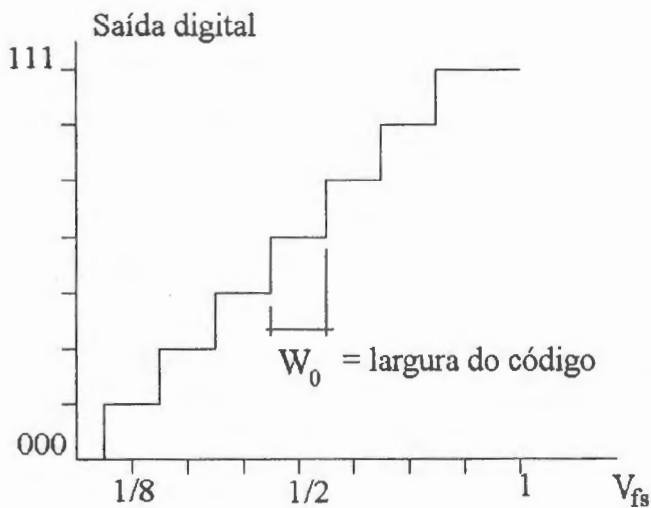


Figura A.1 - Característica de Quantização

A.1.2 DEFLEXÃO DE FUNDO DE ESCALA

Deflexão de fundo de escala é a maior tensão de entrada que produz uma variação na saída igual a 2^N-1 .

A.1.3 ERRO DE QUANTIZAÇÃO

Erro de quantização é a diferença entre a tensão de entrada dividida pelo fator de escala e o nível digital mais próximo.

A.1.4 FATOR DE ESCALA

Fator de escala é o fator pelo qual a saída, corrigida do nível "offset", é multiplicada, visando determinar o valor medido da grandeza de entrada. O fator de escala inclui a relação de qualquer atenuador e é determinada por calibração apropriada.

Nota: "Offset" é o nível de saída para uma entrada igual a zero.

A.1.5 FATOR DE ESCALA ESTÁTICO F_s

Fator de escala estático é o fator pelo qual a saída corrigida do nível "offset", é multiplicado, afim de determinar o valor medido de uma entrada DC.

A.1.6 FATOR DE ESCALA DE IMPULSO F_i

Fator de escala de impulso é o fator pelo qual a saída corrigida do nível "offset", é multiplicado, afim de determinar o valor medido de um pulso de entrada de forma similar ao impulso de alta tensão normalizado.

A.1.7 FREQUÊNCIA CARACTERÍSTICA

Frequência característica para dispositivos elétricos, em geral, é frequência do dispositivo que apresenta um ganho ou atenuação de valor conhecido. Para digitalizadores a frequência característica pode ser visualizada como um número de distribuição do erro obtido para várias frequências. Os dispositivos de alta qualidade exibem uma distribuição Gaussiana Normal e seu desvio padrão σ plotado contra a frequência "f" do sinal é usado para caracterizar o desempenho dinâmico dos digitalizadores.

A.1.8 INCERTEZA DO INTERVALO DE AMOSTRAGEM

Incerteza do intervalo de amostragem é o desvio padrão da distribuição dos intervalos de tempo entre instantes adjacentes à amostragem.

A.1.9 LARGURA DO CÓDIGO BINÁRIO "k" $w(k)$

Largura do código binário é a faixa de tensão de entrada correspondente ao código binário k.

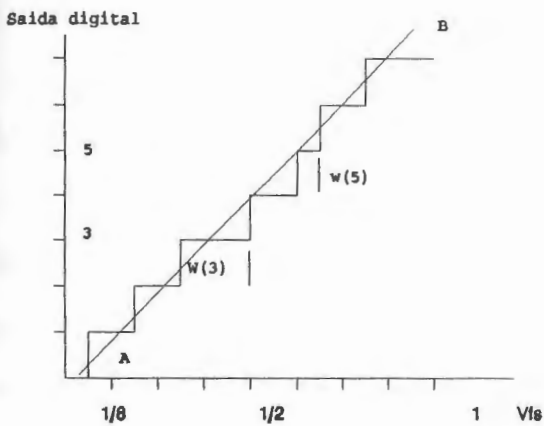
A.1.10 LARGURA MÉDIA DO CÓDIGO BINÁRIO w_0

Largura média do código binário é o produto da deflexão de fundo de escala pela resolução.

A.1.11 NÃO LINEARIDADE DIFERENCIAL $d(k)$

Não linearidade diferencial é a diferença entre a largura de código binário medido e a largura média de código binário, dividida pela largura média de código binário conforme a equação A.I e figura A.2:

Nota: a não linearidade diferencial é expressa em "por unidade" p.u. da largura média do código binário.



$$d(k) = \frac{w(k) - w_0}{w_0} \quad (A.I)$$

figura A.2 - Não Linearidade Diferencial

A.1.12 NÃO LINEARIDADE INTEGRAL $s(k)$

Não linearidade integral é a diferença entre pontos correspondentes na característica de quantização medida e a característica de quantização calculada que é baseada no fator de escala estático, figura A.3.

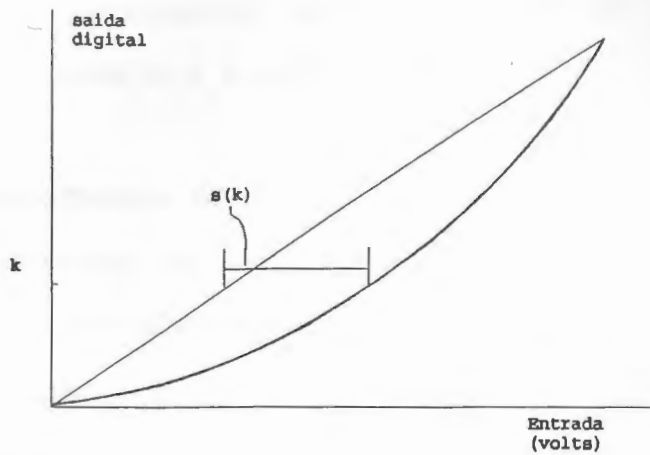


figura A.3 - Não Linearidade Integral

A.1.13 NÃO LINEARIDADE INTEGRAL DA BASE DE TEMPO

Não linearidade integral da base de tempo é a diferença entre um intervalo de tempo conhecido e o seu valor determinado do sinal gravado como o produto do intervalo de amostragem pelo número de amostras gravadas do sinal.

A.1.14 REGISTRADOR DIGITAL OU DIGITALIZADOR

Registrador digital ou digitalizador é um instrumento que pode fazer uma gravação ou registro digital temporário de um impulso de alta tensão ou corrente em tempo real, podendo converter este sinal temporário para uma registro permanente. A gravação permanente pode ser apresentada em uma tela sob a forma de um gráfico analógico.

A.1.15 RESOLUÇÃO

Resolução é o incremento mínimo que pode se detectado, e é expresso por $1/2^N$, onde N é o número de "bits".

A.1.16 TAXA DE AMOSTRAGEM OU "SAMPLING RATE"

Taxa de amostragem ou "sampling rate" é o número de amostras tomadas por unidade de tempo. Notas:

- 1 - A taxa de amostragem é expressa em amostras por segundo;
- 2 - O valor do intervalo de amostragem é o inverso da taxa de amostragem.

A.1.17 TEMPO DE SUBIDA T₁

Tempo de subida é o intervalo entre dois pontos a 10% e 90% do nível de acomodação da resposta do digitalizador para um degrau aplicado na entrada.

APÊNDICE B

Este apêndice foi escrito para descrever os procedimentos usuais de alguns ensaios de alta tensão segundo as normas IEC 60-1, IEC 60-2 e IEC 60-3 [1,2,3] relatando também os métodos utilizados para interpretação de resultados. Este método neste trabalho foi denominado de método manual.

B.1- DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

B.1.1 IMPULSO ATMOSFÉRICO PLENO

O método para análise de um impulso atmosférico pleno consiste na aplicação de um impulso com um tempo de frente virtual T_1 igual a $1.2\mu s$ e tempo de meia onda T_2 de $50\mu s$ no equipamento sob teste. Para aferir o sistema de geração é necessário o levantamento dos tempos T_1 e T_2 , segundo [2]. Uma forma de onda correspondente à um impulso com os respectivos tempos T_1 e T_2 é mostrada na figura B.1.

Para se obter o valor de T_1 é necessário primeiramente identificar o valor da tensão de pico denominada $V_{100\%}$. De posse deste valor, calcula-se $V_{90\%}$ e $V_{30\%}$, identificando-os sobre a onda no intervalo de subida com os seus respectivos tempos de ocorrência $T_{90\%}$ e $T_{30\%}$. Esses intervalos definem o valor $T' = T_{90\%} - T_{30\%}$ e

finalmente $T_1 = 1.67 \cdot T$. Para se obter T_2 calcula-se o valor da tensão $V_{50\%}$ na região da cauda do sinal (após o instante de pico), identificando-o sobre a onda com o seu respectivo tempo de ocorrência $T_{50\%}$. Agora com os pontos $V_{90\%}$ e $V_{30\%}$ traça-se uma reta até o ponto de cruzamento com o eixo horizontal de referência denominado referência virtual O_1 , o valor de T_2 é então $T_{50\%} - O_1$.

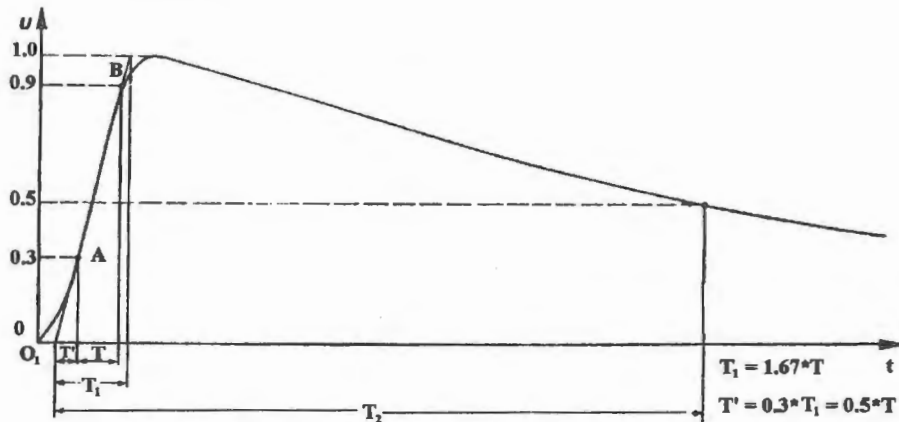
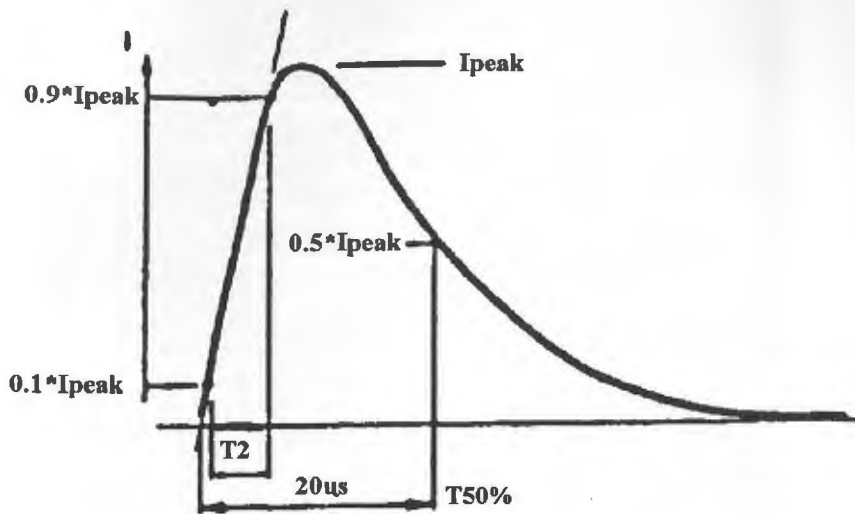


figura B.1 - Impulso Atmosférico Pleno

B.1.2 TENSÃO RESIDUAL DE PÁRA-RAIOS

No ensaio de tensão residual de pára-raios, deve ser aplicado um impulso de corrente com tempo de frente virtual igual a $8 \mu s$ e tempo de meia onda igual a $20 \mu s$, segundo a norma IEEE Std 587-1980 [37]. Uma forma de onda típica deste ensaio pode ser vista na figura B.2.



$$T_2 \cdot 1.25 = 8 \mu s = T_{pico}$$

figura B.2 - Corrente de Descarga

Os procedimentos para obtenção dos tempos de frente e meia onda são semelhantes ao caso anterior. Inicialmente encontra-se o valor de pico da corrente $I_{100\%}$ e em seguida calcula-se os valores $I_{90\%}$ e $I_{10\%}$. Localizando os pontos $I_{90\%}$ e $I_{10\%}$ no intervalo de subida sobre a curva encontra-se respectivamente $T_{90\%}$ e $T_{10\%}$, onde define-se $T_2 = T_{90\%} - T_{10\%}$ e $T_{pico} = 1.25 \cdot T_2$.

Aplicando este impulso de corrente com valor de pico igual a 5kA no equipamento sob teste, deve-se analisar também a forma de onda da tensão que resulta da aplicação do impulso de corrente. O valor de pico da forma de onda de tensão, denominada **tensão residual** não deve ultrapassar o valor de 30kV segundo a figura B.3

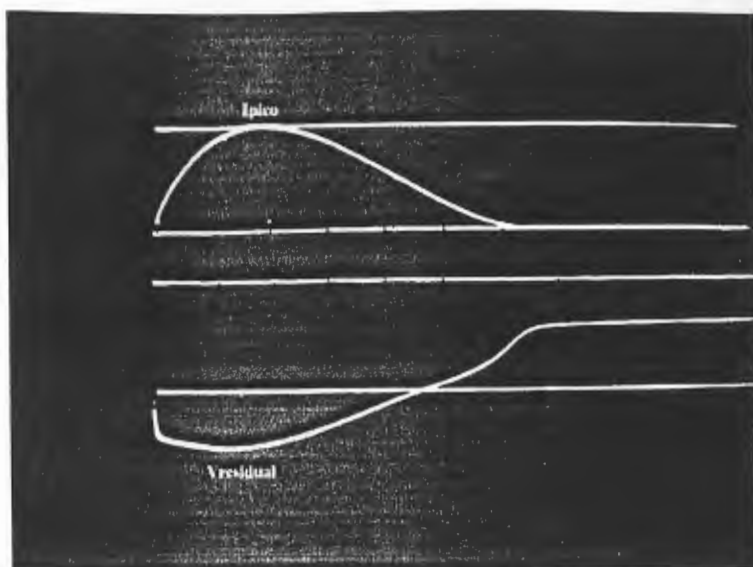


figura B.3 - Oscilograma de Tensão Residual de Pára-Raios

APÊNDICE C

LISTAGEM DAS SUBROTINAS DO PROGRAMA ACLAT

Neste Apêndice estão apresentadas listagens das principais subrotinas que compõe o Programa ACLAT. O motivo desta apresentação é para viabilizar a característica de "Programa Aberto", permitindo aos futuros usuários inserir novas subrotinas no programa bem como fazer alterações nas já existentes.

```
(Programa Principal com a implementação do Turbo Vision)
{$M 64000,0,655360}
Program ACLAT;
```

```
Uses App,Objects,Menus,Drivers,Views,
      Crt,Graph,Definic,Jangraf,Eixosleg,
      Plotgraf,Scanner,Recurcot,Oscilog,
      Graphapp,Dialogs,Msgbox,Stddlg,
      Memory,Dos,Demohelp,hp5411d;
```

```
const

      pathtodrivers : string[20] = 'c:\tp6\bgi';
      messagebinl   : string[30] = 'Abre Arquivo de Imagens';
      messagebing   : string[30] = 'Salva Arquivo de Imagens';
      messagedscl   : string[30] = 'Abre Arquivo Curvas Discretas';
      messagedscg   : string[30] = 'Salva Arquivo Curvas Discretas';
      messagegpbl   : string[30] = 'Abre Arquivo GPIB';
      messagegpbg   : string[30] = 'Salva Arquivo GPIB';
      texto1        : string[14] = 'Tensao de pico';
      texto1a       : string[5]  = ' (V)';
      texto2        : string[15] = 'Tempo de frente';
      texto2a       : string[13] = 'virtual('+#230+'s)';
      texto3        : string[17] = 'Tensao 50% (V)';
      texto4        : string[15] = 'Tempo (1/2 caud';
      texto4a       : string[15] = 'a) virtual('+#230+'s)';
      texto5        : string[23] = 'Corrente de pic';
      texto5a       : string[15] = 'o (A)';
      texto6        : string[38] = 'Escala de tempo osc. tensao
'+#230+'s/div';
      {texto7       : string[33] = 'Referencia da escala de
tensao';}
```

```
{texto8
resistivo*atenuacao:':;} : string[41] = 'Re~l~acao do divisor
```

```
cmleosc      = 211;
cmgravosc    = 212;
cmshowosc    = 213;
cminvert     = 214;
cmscanner    = 215;
cmlimpa      = 216;
cmdados     = 217;
cmident      = 218;
cmlegpb      = 220;
cmgravgpb    = 221;
cmgrafico    = 222;
cmcurva      = 223;
cmfilgpb     = 224;
cmimpgpib    = 225;
cmaqdata     = 226;
cmledsc      = 227;
cmgravdsc    = 228;
cmanalise    = 229;
cmfildsc     = 230;
cmgr         = 231;
cmfrente     = 233;
cmcauda      = 234;
cmraiosV     = 235;
cmraiosI     = 236;
```

type

```
Menu = object(tapplication)
  appdriver      : integer;
  appmode        : integer;
  bgipath        : pstring;
  Constructor    : init;
  Destructor     : done;virtual;
  Procedure      : Initmenubar;virtual;
  Procedure      : Handleevent(var event : tevent);virtual;
  Procedure      : AbreArquivo(ida : pathstr;
mensarq:string;escolha : byte);
  Procedure      : SalvaArquivo(ida : pathstr;
mensarq:string;escolha : byte);
  Procedure      : Choosememory(var escolha,opte : byte;var
mudanca: boolean);
  Procedure      : FrenteOnda(var tfv :real);
  Procedure      : CaudaOnda(var tmcv :real);
  Procedure      : RaiosI(var corrente,tfv,tmcv:real);
  Procedure      : Dadoscomp1(var
escala,referencia,shunt,relacao:real; var pontos:integer);
  Procedure      : ImpGPIB(var tfvgpib,tmcvgpib :real);
  Procedure      : RaiosV(var vp:real);
  Procedure      : Valork(var k:integer);
```

```

        end;

var opcao : menu;
    event : tevent;
    nome : pathstr;
    escolha,opte : byte;
    k : integer;
    mudanca : boolean;

{$I \luca\geral.pas }
{$I \luca\rot_graf.pas }
{$I \luca\opc_menu.pas }
{$I \luca\arqui1.pas }

Constructor Menu.Init;
begin
    tapplication.init;
    bgipath := newstr(fexpand(pathtodrivers));
    appdriver := detect;
    appmode := 0;
    if not graphappinit(appdriver, appmode, bgipath, true) then
        readln;
end;

Destructor Menu.Done;
begin
    graphappdone;
    if bgipath <> nil then disposestr(bgipath);
    tapplication.done;
end;

Procedure Menu.Initmenubar;
var r : trect;
begin
    gettextent(r);
    r.b.y := 1;
    menubar := new(pmenubar, init(r, newmenu(
        newsubmenu('~O~scilogramas', hcnoccontext, newmenu(
            newsubmenu('~A~rquivos (*.BIN)', hcnoccontext, newmenu(
                newitem('~L~e', 'F2', kbf2, cmleosc, hcnoccontext,
                newitem('~G~rava', 'F9', kbf9, cmgravosc, hcnoccontext,
                nil))),
            newline(
                newsubmenu('~I~magens', hcnoccontext, newmenu(
                    newitem('~A~presenta', 'F3', kbf3, cmshowosc, hcnoccontext,
newitem('In~v~erte', 'Alt-V', kbaltv, cminvert, hcnoccontext,
newitem('~S~canner', 'Alt-S', kbalts, cmscanner, hcnoccontext,

```

```

newitem('~L~impa', 'F4', kbf4, cmlimpa, hcnocontext,
nil))))),
newitem('I d e n t i f i c a
~C~urvas', 'Shift-F1', kbshiftf1, cmident, hcnocontext,
newitem('~ D ~ a d o s
Complementares', 'Shift-F2', kbshiftf2, cmdados, hcnocontext,
nil))))),
newsubmenu('~G~PIB', hcnocontext, newmenu(
newsubmenu('Ar~q~uivos (*.GPB)', hcnocontext, newmenu(
newitem('L~e~', 'F5', kbf5, cmlegpb, hcnocontext,
newitem('Gra~v~a', 'F6', kbf6, cmgravgpb, hcnocontext,
nil))),
newline(
newitem('A q u ~ i ~ s i c a o   d e
Dados', 'Alt-Q', kbaltq, cmaqdata, hcnocontext,
newitem('Grá~f~ico', 'Alt-F', kbaltf, cmgrafico, hcnocontext,
newsubmenu('~A~nálise da Curva', hcnocontext, newmenu(
newitem('I m p u l s o
atmosferico', '', kbnokey, cmimpgpb, hcnocontext,
nil))),
newitem('Fi~l~tragem', 'Alt-F5', kbaltf5, cmfilgpb, hcnocontext,
nil)))))),
newsubmenu('C ~ u ~ r v a s
Discretizadas', hcnocontext, newmenu(
newsubmenu('Arq~u~ivos (*.DSC)', hcnocontext, newmenu(
newitem('~L~e', 'Shift-F7', kbshiftf7, cmledsc, hcnocontext,
newitem('G~r~ava', 'Shift-F8', kbshiftf8, cmgravdsc, hcnocontext,
nil))),
newline(
newsubmenu('~A~nálise da Curva', hcnocontext, newmenu(
newitem('I m p u l s o   A t m o s f e r i c o
(~F~rente)', '', kbnokey, cmfrente, hcnocontext,
newitem('I m p u l s o   A t m o s f e r i c o
(~C~auda)', '', kbnokey, cmcauda, hcnocontext,
newitem('R e s i d u a l   p /   r a i o s   -
~T~ensao', '', kbnokey, cmraiosV, hcnocontext,
newitem('R e s i d u a l   p /   r a i o s   -
C~o~rrente', '', kbnokey, cmraiosI, hcnocontext,
nil))))),
newitem('~G~ráfico', 'Alt-F3', kbaltf3, cmgr, hcnocontext,
newitem('F~i~l~tragem', 'F8', kbf8, cmfildsc, hcnocontext,
nil))))),
nil)))));
end;

```

```

Procedure Menu.ChooseMemory(var escolha, opte: byte; var
mudanca:boolean);

```

```

var D      : pdialog;
R         : trect;
control   : word;
B         : pview;
{opcao    : byte;}

begin

  mudanca:=false;

  R.assign(20,5,50,13);
  D := new(pdialog,init(r,'Memorias GPIB'));
  R.assign(5,2,12,6);
  B := new(pradiobuttons,init(r,
                             newsitem('~1~',
                             newsitem('~2~',
                             newsitem('~3~',
                             newsitem('~4~',
                             nil))))));
  D^.insert(b);
  R.assign(14,2,24,4);
  D^.insert(new(pbutton,init(r,'~O~k',cmok,bfdefault)));
  R.assign(14,4,25,6);
  D^.insert(new(Pbutton,init(r,'Cancela',cmcancel,bfnormal)));

  D^.setdata(escolha);
  control := desktop^.execview(d);
  if control <> cmcancel then
  begin
    mudanca:=true;
    D^.getdata(escolha);
    case escolha of
      0 : opte := 1;
      1 : opte := 2;
      2 : opte := 3;
      3 : opte := 4;
    end;
  end;
end;

Procedure Menu.ImpGPIB(var tfvgpib,tmcvgpib:real);

var d      : pdialog;
r         : trect;
control    : word;
salvatfv,salvatmcv : string[6];

begin
  R.assign(20,7,60,14);
  D := new(pdialog,init(r,'Parametros de onda GPIB'));
  str(tfvgpib:5:4,salvatfv);

```

```

R.assign(2,2,17,3);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto2)));
R.assign(18,2,37,3);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto2a + salvatfv)));
str(tmcvgpib:5:4,salvatmcv);
R.assign(2,4,17,5);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto4)));
R.assign(17,4,39,5);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto4a + salvatmcv)));
control := desktop^.execview(d);
end;

```

```

Procedure Menu.FrenteOnda(var tfv:real);

```

```

var d      : pdialog;
    r      : trect;
    control : word;
    salvatfv : string[6];

```

```

begin
R.assign(20,8,58,13);
D := new(pdialog,init(r,'Parametros de onda'));
str(tfv:5:4,salvatfv);
R.assign(2,2,17,3);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto2)));
R.assign(18,2,37,3);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto2a + salvatfv)));
control := desktop^.execview(d);
end;

```

```

Procedure Menu.CaudaOnda(var tmcv:real);

```

```

var D      : pdialog;
    R      : trect;
    control : word;
    salvatmcv : string[6];

```

```

begin
R.assign(20,8,60,13);
D := new(pdialog,init(r,'Parametros de onda'));
str(tmcv:5:4,salvatmcv);
R.assign(2,2,17,3);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto4)));
R.assign(17,2,39,3);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto4a + salvatmcv)));
control := desktop^.execview(d);
end;

```

```

Procedure Menu.RaiosI(var corrente,tfv,tmcv:real);

```

```

var D      : pdialog;
    R      : trect;

```

```
control      : word;
salvacorrente,salvatfv,salvatmcv:string[6];
```

```
begin
```

```
R.assign(20,4,62,13);
D := new(pdialog,init(r,'Residual p/ raios (I)'));
str(corrente:5:4,salvacorrente);
str(tfv:5:4,salvatfv);
str(tmfv:5:4,salvatmfv);
R.assign(2,2,17,3);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto5)));
R.assign(17,2,40,3);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto5a+salvacorrente)));
R.assign(2,4,17,5);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto2)));
R.assign(18,4,40,5);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto2a+salvatfv)));
R.assign(2,6,17,7);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto4)));
R.assign(17,6,40,7);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto4a+salvatmfv)));
control := desktop^.execview(d);
end;
```

```
Procedure Menu.RaiosV(var vp:real);
```

```
var d      : pdialog;
r          : trect;
control    : word;
salvavp   : string[6];
```

```
begin
```

```
R.assign(20,8,53,13);
D := new(pdialog,init(r,'Residual p/ raios'));
str(vp:6:4,salvavp);
R.assign(2,2,17,3);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,texto1)));
R.assign(17,2,32,3);
D^.Insert(new(pstatictext,init(r,textola + salvavp)));
control := desktop^.execview(d);
end;
```

```
Procedure Menu.Dadoscomp1(var
escala,referencia,shunt,relacao:real;var pontos:integer);
type data = record
    salvaesc,salvaref,salvarel,salvashunt,salvapontos
:
string[10];
end;
```

```
var D      : pdialog;
R          : trect;
```

```

control,err : word;
B           : pview;
scon       : real;
dados      : data;

```

```
begin
```

```

R.assign(8,3,71,19);
D := new(pdialog,init(r,'Dados Complementares'));

```

```

R.assign(52,3,60,4);
B := new(pinputline,init(r,10));
D^.insert(b);
R.assign(2,3,40,4);
D^.insert(new(plabel,init(r,texto6,b)));

```

```

R.assign(52,5,60,6);
B := new(pinputline,init(r,10));
D^.insert(b);
R.assign(2,5,35,6);
D^.insert(new(plabel,init(r,'~R~efer'+#136+'ncia da escala de
tensao:',b)));

```

```

R.assign(54,7,60,8);
B := new(pinputline,init(r,10));
D^.insert(b);
R.assign(2,7,43,8);
D^.insert(new(plabel,init(r,'Re~l~acao do divisor
resistivo*atenuacao:',b)));

```

```

R.assign(54,9,60,10);
B := new(pinputline,init(r,10));
D^.insert(b);
R.assign(2,9,41,10);
D^.insert(new(plabel,init(r,'~V~alor do resistor
shunt/atenuacao ('+#234+'): ',b)));

```

```

R.assign(54,11,60,12);
B := new(pinputline,init(r,10));
D^.insert(b);
R.assign(2,11,53,12);
D^.insert(new(plabel,init(r,'~N~'+#163+'mero de pontos esc
tempo 43-Haefely/48-HP5411D:',b)));

```

```

R.assign(20,13,30,15);
D^.insert(new(pbutton,init(r,'~O~k',cmok,bfdefault)));
R.assign(33,13,44,15);
D^.insert(new(pbutton,init(r,'Cancela',cmcancel,bfnormal)));

```

```
with dados do
```

```
begin
```

```
str(escala:3:2,salvaesc);
```

```

    str(referencia:3:2,salvaref);
    str(relacao:3,salvarel);
    str(shunt:3:2,salvashunt);
    str(pontos:3,salvapontos);
end;
D^.setdata(dados);
control := desktop^.execview(d);
if control <> cmcancel then
begin
    D^.getdata(dados);
    with dados do
    begin
        val(salvaesc,scon,err);
        if err=0 then escala := scon;
        val(salvaref,scon,err);
        if err=0 then referencia:= scon;
        val(salvarel,scon,err);
        if err=0 then relacao:=trunc(scon);
        val(salvashunt,scon,err);
        if err=0 then shunt:=scon;
        val(salvapontos,scon,err);
        if err=0 then pontos:=trunc(scon);
    end;
end;
end;
end;

```

```

Procedure menu.valorK(var k:integer);

```

```

var D          : pdialog;
    R          : trect;
    control,err : word;
    B          : pview;
    scon       : real;
    salvak     : string[5];

```

```

begin
    R.assign(25,7,55,14);
    D := new(pdialoq,init(r,'Filtragem'));

    R.assign(21,2,26,3);
    B := new(pinputline,init(r,10));
    D^.insert(b);
    R.assign(2,2,20,3);
    D^.insert(new(plabel,init(r,'Valor de K ? : ',b)));

    R.assign(2,4,14,6);
    D^.insert(new(pbutton,init(r,'~O~k',cmok,bfdefault)));
    R.assign(16,4,28,6);
    D^.insert(new(pbutton,init(r,'Cancela',cmcancel,bfnormal)));

    str(k:3,salvak);
    D^.setdata(salvak);
    control := desktop^.execview(d);

```

```

if control <> cmcancel then
begin
  D^.getdata(salvak);
  val(salvak,scon,err);
  if err=0 then k:=trunc(scon);
end;
end;

```

```

Procedure Menu.Handleevent(var event : tevent);

```

```

begin
  tapplication.handleevent(event);
  if event.what = evcommand then
  begin
    case event.command of

      cmleosc   : AbreArquivo('*.*.BIN',messagebinl,cmleosc);

      cmgravosc : SalvaArquivo('*.*.BIN',messagebing,cmgravosc);

      cmshowosc : if flagbin then Apresenta;

      cminvert  : if flagbin then Inversao;

      cmscanner : Aquisicao;

      cmlimpa   : Limpeza;

```

```

                                c m d a d o s                :
Dadoscompl(timeesc,ref,rdisc.rs,rdisc.rd,timediv);

```

```

  cmident    : Identifica;

  cmledsc    : AbreArquivo('*.*.DSC',messagedscl,cmledsc);

  cmgravdsc  : SalvaArquivo('*.*.DSC',messagedscg,cmgravdsc);

  cmimpgpib  : begin
                if flaggpb then
                begin
                  atmgpib(rgpib, Tp, Tm);
                  ImpGPIB(Tp, Tm);
                end;
              end;

  cmlegpb    : AbreArquivo('*.*.GPB',messagegpb1,cmlegpb);

  cmgravgpb  : SalvaArquivo('*.*.GPB',messagegpbg,cmgravgpb);

  cmgrafico  : if flaggpb then Grafgpib;
  cmfilgpb   : begin
                valork(k);

```

```

        if flagppb then filtgpib(k,rgpib.ygpib);
        end;

cmfildsc : begin
        valorK(k);
        if flagdsc then filtdsc(k,rdisc.yv);
        end;

cmgr      : if flagdsc then grafdisc;

cmraiosI  : begin
        if flagdsc then
        begin
            residsc(rdisc,'C',Tp,Tm,Vp);
            RaiosI(Vp,Tp,Tm);
        end;
        end;

cmraiosV  : begin
        if flagdsc then
        begin
            residsc(rdisc,'V',Tp,Tm,Vp);
            RaiosV(vp);
        end;
        end;

cmfrente  : begin
        if flagdsc then
        begin
            atmdsc(rdisc,'F',Tp);
            FrenteOnda(Tp);
        end;
        end;

cmcauda   : begin
        if flagdsc then
        begin
            atmdsc(rdisc,'T',Tm);
            CaudaOnda(Tm);
        end;
        end;

cmagdata  : begin
        Choosememory(escolha,opte,mudanca);
        if mudanca then
            Oschp54(opte,rgpib);
        end;

else
    exit;
end;
clearevent(event);
end;

```

```

end;

begin
  inivar;
  telaini;
  k := 3;
  opc := 0;
  escolha :=0;
  opcao.init;
  opcao.run;
  opcao.done;
  clrscr;
end.

```

{ Esta Unit define todos os principais tipos para usados definir variaveis que serao utilizadas pelo programa ACLAT. A definicao das variaveis globais serao definidas dentro do modulo Geral.pas, que e um conjunto de subrotinas inseridas no programa atraves do comando de inclusao. As variaveis globais nao precisam ser passadas como parametros para as subrotinas que nao sao definidas em UNITS}

```
UNIT Definic;
```

```
INTERFACE
```

```
CONST
```

```

  MaxNumPtos=      1024;
  CR=              #13;
  BS=              #8;
  Ctrly=           #25;
  ESC=             #27;

```

```
{ vetores utilizados para plotagem de pontos}
```

```
TYPE
```

```

  TipoVetReal=     ARRAY [1..MaxNumPtos] OF REAL;
  TipoVetWord=     ARRAY [1..MaxNumPtos] OF WORD;
  TipoPto=         RECORD
                    x,
                    y:           REAL;
                    END;
  TipoVetPtos=     ARRAY [1..MaxNumPtos] OF TipoPto;
  PtrVetReal=      ^TipoVetReal;

```

```
Const      {p/ modo VGA }
```

```

  idgpib = 8191;
  iddisc = 639;
  n_fft  = 1024;
  maxplot = 600;

```

```
Type str18 = string[18];
```

```

vdiscg = array[0..idgpib] of byte;
tipotel = array[0..38911] of byte;
vdisc = array[0..iddisc] of integer;
vetaux = array[0..idgpib] of integer;{vetor auxiliar p/
calculos}
coorvet = array[0..5] of integer;

```

{ Discret e um tipo utilizado para armazenar os dados da curva identificada. Os significados dos campos sao: Nv:numero de pontos que compoe o sinal; deltaT:incremento de tempo entre amostras, o tempo de ocorrencia de uma amostra "i" e dado por $i \cdot \text{deltaT}$; DeltaV:incremento de tensao entre os niveis digitais, onde o valor da tensao e dado por: $(\text{valor do discreto}) \cdot \text{deltaV}$; Rd: relacao do divisor de tensao multiplicado pela atenuacao do osciloscopio de impulso. Se $\text{rd} = -1$ o sinal e interpretado como corrente; Rs: valor da resistencia shunt dividido pela atenuacao do osciloscopio; Yv: vetor com o maximo de 639 posicoes que contem os valores discretizados}

```

Discret = record
    Nv : integer;
    deltaT,deltaV,Rd,Rs : real;
    Yv : vdisc;
end;

```

{Gpibd e um tipo utilizado para armazenar o sinal gpib. O significado dos campos sao:

```

Yinc:incremento de tensao entre os niveis;
Yorg:origem do sistema (dado em volts);
Xinc:incremento de tempo entre amostras;
Xorg:delay(dado em segundos);
Yref:referencia (centro da tela do osc. = 128);
Xref:nao utilizado p/programa;
Ygpbi:vetor que contem as amostras discretizadas do sinal}

```

```

Gpibd = record
    Yinc,Yorg,Xinc,Xorg,Yref,Xref : real;
    Ygpib : vdiscg;
end;

```

IMPLEMENTATION
END.

```

{Unit que permite a interface do ACLAT com o equipamento }
Unit Scanner;

```

Interface

```

Procedure Scanning;{modo cga}

```

```

Procedure Scanvga; {modo vga}

```

```
Function VScanner : word;
```

```
Procedure Inverte;
```

```
Procedure Invvga;
```

Implementation

```
{ $L \marcelo\pas\Scan.obj }  
{ $L \marcelo\pas\vga.obj }  
{ $L \marcelo\pas\inverte.obj }  
{ $L \marcelo\pas\invvga.obj }
```

```
Procedure Scanning; External;
```

```
Procedure Scanvga; External;
```

```
Function VScanner; External;
```

```
Procedure Inverte ; External;
```

```
Procedure Invvga ; External;
```

```
End.
```

{Esta Unit contem as principais subrotinas graficas utilizadas para manipulacao de imagens capturadas p/ scanner}

```
Unit Oscilog;
```

```
Interface
```

```
Uses graph,crt,recursot,definic;
```

```
Const
```

```
ldcx      = 18;  
ldcy      = 7;  
passomax  = 12;  
passomin  = 1;  
retdx     = 10;  
retdy     = 2;  
iddisc    = 639;
```

```
Var key : char;
```

{Estas dois vetores sao utilizados para ter acesso aos dados da imagem armazenados na memoria de video. Durante a execucao do programa uma ou outra e selecionada conforme o tipo do monitor. O tipo de monitor para cada uma delas e especificado pelo proprio nome}

```
telacga   : array[0..16383] of byte absolute $B800:0000;
```

```
telavga : array[0..38911] of byte absolute $A000:0000;
```

```
{ A subrotina Show apresenta a na tela imagem contida na variavel  
Imagtela do monitor de video. A variavel grdriver (1=cga, 9=vga)  
especifica o tipo de monitor de video em uso para selecionar o  
carregamento de telacga ou telavga}
```

```
Procedure Show(grdriver : integer;  
               Var imagtela : tipotel);
```

```
{A subrotina Guarda exerce um papel inverso a subrotina show. Ela  
transfere o conteudo da memoria de video para a variavel  
Imagtela. A variavel grdriver especifica o tipo de monitor de  
video}
```

```
Procedure Guarda(grdriver : integer;  
                Var imagtela : tipotel);
```

```
{A subrotina Limpa permite apagar e completar pontos na imagem.  
utiliza-se as setas p/ movimentacao, as teclas + e - p/ modificar  
o tamanho do cursor e as teclas v p/ aumentar a velocidade e  
barra de espaco p/ diminuir, <esc> abandona. Durante sua execucao  
a imagem permanece armazenada na memoria de video, devendo ser  
executada a Guarda antes da tela ser apagada}
```

```
Procedure Limpa;
```

```
{A subrotina C_ponto e utilizada para marcar pontos da imagem que  
serao utilizados na identificacao da curva. A variavel grdriver  
aponta o tipo de monitor de video em uso. Os vetores X e Y  
retornam as coordenadas marcadas dentro da subrotina. Dentro dela  
utiliza-se as setas p/ movimento + e - p/ controlar a velocidade.  
Posicionando-se a cruz no ponto desejado deve-se pressionar o  
numero(0,1,2,3,4 ou 5) que representa tal posicao. Esta subrotina  
deve ser executada apos a subrotina Clip}
```

```
Procedure C_ponto(grdriver : integer;  
                 Var x,y : coorvet);
```

```
{A subrotina Clip a seleciona um trecho de uma tela grafica e a  
armazena em variavel. (X1, Y1) e (X2, Y2) sao as coordenadas sup.  
esq. e inf. dir. do retangulo que contem a imagem. Tipoc (1 ou 2)  
denomina se o tipo de curva representado por esta imagem e normal  
ou invertida. Size e P sao respectivamente o tamanho em bytes e o  
ponteiro para a pilha gerada pelo comando getimage do Turbo  
Pascal. A subrotina Show deve ser executada antes. Dentro da Clip  
o usuario movimenta o retangulo, altera seu tamanho, posiciona-o  
sobre o trecho de imagem que contem a curva e finaliza a execucao  
c/ a tecla 1 ou 2 conforme o tipo da curva}
```

```
Procedure Clip(Var x1,y1,x2,y2:integer;  
              Var Tipoc :byte;
```

```
Var Size : word;  
Var P : pointer);
```

{Esta subrotina so deve ser executada quando a imagem selecionada pela Clip for do tipo 2. Todas as variaveis de entrada sao as mesmas que retornaram da Clip. A sub. Rebate coloca a imagem de curva invertida na posicao correta, de modo que esta fique na mesma situacao da curva normal para entao poder ser identificada pela disc_curv}

```
Procedure Rebate(Var X1,Y1,X2,Y2 : integer;  
                Var size : word;  
                Var p : pointer);
```

```
Procedure disc_curv(x1,y1,x2,y2,timediv : integer;  
                  timeesc,ref : real;  
                  xponto,yponto : coorvet;  
                  Var size : word;  
                  Var p : pointer;  
                  Var compaux : discret);
```

```
Procedure relativ(flag2,ox,oy : integer;  
                 var x,y : coorvet);
```

Implementation

```
Procedure Show;
```

```
var i : longint;
```

```
begin
```

```
if grdriver = 1 then for i:=0 to 16383 do  
telacga[i]:=imagtela[i];
```

```
if grdriver = 9 then for i:=0 to 38911 do  
telavga[i]:=imagtela[i];
```

```
end;
```

```
Procedure Guarda;
```

```
Var i : longint;
```

```
begin
```

```
if grdriver = 1 then for i := 0 to 16383 do  
imagtela[i]:=telacga[i];
```

```
if grdriver = 9 then for i := 0 to 38911 do  
imagtela[i]:=telavga[i];
```

```
end;
```

```
Procedure limpa;
```

```

var lin,coluna,tam,lx1,ly1,lx2,ly2 : integer;
    key                               : char;
    flag,sflag                       : boolean;
    p                                 : pointer;
    size                              : word;
    pass,ordl                         : byte;

procedure contorno;
begin
    salva_tr(lx1,ly1,lx2,ly2,size,p);
    rectangle(lx1,ly1,lx2,ly2);
end;

procedure pinta;
begin
    setfillstyle(1,white);
    bar(lx1,ly1,lx2,ly2);
end;

procedure apaga;
begin
    setfillstyle(1,black);
    bar(lx1,ly1,lx2,ly2);
end;

procedure dire;
begin
    restaura_tr(lx1,ly1,size,p);
    ordl := ord(readkey);
    cont_curs(ordl,pass,coluna,lin);
    calc_coord(tam,tam,lx1,ly1,lx2,ly2,coluna,lin);
end;

begin
    setcolor(white);
    tam:=1;
    coluna:=round(getmaxX/2);
    lin:=round(getmaxY/2);
    pass := 1;
    calc_coord(tam,tam,lx1,ly1,lx2,ly2,coluna,lin);
    contorno;
    flag:=false;
    sflag:=false;
    Repeat
        key:=readkey;
        case key of
            '-' : begin
                    restaura_tr(lx1,ly1,size,p);
                    if tam>1 then tam:=tam-1;
                    calc_coord(tam,tam,lx1,ly1,lx2,ly2,coluna,lin);
                    end;
            '+' : begin

```

```

        restaura_tr(lx1,ly1,size,p);
        if tam<30 then tam:=tam+1;
        calc_coord(tam,tam,lx1,ly1,lx2,ly2,coluna,lin);
    end;
chr(0) : dire;
'/'   : apaga;
'*'   : pinta;
'v'   : begin
        pass := pass +1;
        restaura_tr(lx1,ly1,size,p);
    end;
chr(32) : begin
        pass := pass -1;
        if pass < 1 then pass :=1;
        restaura_tr(lx1,ly1,size,p);
    end;
chr(27): begin
        sflag:=true;
        restaura_tr(lx1,ly1,size,p);
    end;
    end;
    contorno;
    Until (flag) or sflag;
    restaura_tr(lx1,ly1,size,p)
end;

```

Procedure C_ponto;

```

Var ordem,ordem1,passo : byte;
    est1,size,clcord  : word;
    corx,cory,x1,y1,x2,y2,j,py1,py2: integer;
    p : pointer;
    menaux : string;

```

procedure posicao;

```

var x1,y1 : string[3];
    mens : string;

```

```

begin
    setcolor(white);
    str(corx,x1);
    str(cory,y1);
    mens := 'X : ' + x1 + ' Y : ' + y1;
    setfillstyle(1,clcord);
    bar(499,py1,629,py2);
    outtextxy(500,py1+2,mens);
end;

```

```

begin
    menaux := chr(24) + ',' + chr(25) + ',' + chr(26) + ',' +

```

```

chr(27);
  menaux := 'Setas '+ menaux + ' : Movimento    +,- : Velocidade
Esc : Sai';
  top_menu(menaux);
  menaux := '0 : Origem '+'1 : Final    '+'2 : Ref 1    '+'3 : Ref
2    '+'4 : Esc. t 1 '+'5 : Esc. t 2';
  down_menu(menaux);
  est1 := 14;{amarelo}
  corx := round((getmaxX + 1)/2) -1;
  cory := round((getmaxY + 1)/2) -1;
  if grdriver = 9 then
  begin
    clcord := cyan;
    py1:= 449;
    py2:= 461
  end;
  if grdriver = 1 then
  begin
    clcord := black;
    py1 := 175;
    py2 := 177
  end;
  passo := 1;
  for j:= 0 to 5 do x[j] := 9999;
  calc_coord(ldcx,ldcy,x1,y1,x2,y2,corx,cory);
  salva_tr(x1,y1,x2,y2,size,p);
  cruz(corx,cory,ldcx,ldcy,est1);
  posicao;
  repeat
    if keypressed then
    begin
      key := readkey;
      ordem := ord(key);
      case ordem of
        0: begin
            ordem1 := ord(readkey);
            restaura_tr(x1,y1,size,p);
            for j:= 0 to 5 do
            begin
              if x[j] <> 9999 then
cruz(x[j],y[j],ldcx,ldcy,est1)
              end;
            cont_curs(ordem1,passo,corx,cory);
            calc_coord(ldcx,ldcy,x1,y1,x2,y2,corx,cory);
            salva_tr(x1,y1,x2,y2,size,p);
            cruz(corx,cory,ldcx,ldcy,est1);
            posicao
          end;
        48:begin
            x[0] := corx;
            y[0] := cory;
            delmens(0,getmaxY-10,'0 : Origem');

```

```

        apita
    end;
49:begin
    x[1] := corx;
    y[1] := cory;
    delmens(96,getmaxY-10,'1 : Final');
    apita
    end;
50:begin
    x[2] := corx;
    y[2] := cory;
    delmens(192,getmaxY-10,'2 : Ref 1');
    apita
    end;
51:begin
    x[3] := corx;
    y[3] := cory;
    delmens(288,getmaxY-10,'3 : Ref 2');
    apita
    end;
52:begin
    x[4] := corx;
    y[4] := cory;
    delmens(384,getmaxY-10,'4 : Esc. t 1');
    apita
    end;
53:begin
    x[5] := corx;
    y[5] := cory;
    delmens(480,getmaxY-10,'5 : Esc. t 2');
    apita
    end;

43:begin
    passo := passo + 1;
    if passo > passomax then passo := passomax
    end;
45:begin
    passo := passo - 1;
    if passo < passomin then passo := passomin
    end;
end;
end;
until ordem = 27;
end;

Procedure Clip;

Const
    pasmax = 31;
    pasmay = 11;

```

```

Var ordem,ordem1 : byte;
  passo,deltax,deltay,x,y: integer;
  sair : boolean;
  menaux1,menaux2 : string;
  paux : pointer;

```

```

Procedure poe_ret;
begin
  setcolor(yellow);
  salva_tr(x1,y1,x2,y2,size,paux);
  rectangle(x1,y1,x2,y2)
end;

```

```

Procedure anda;
begin
  ordem1 := ord(readkey);
  restaura_tr(x1,y1,size,paux);
  cont_curs(ordem1,passo,x,y);
  calc_coord(deltax,deltay,x1,y1,x2,y2,x,y);
  poe_ret;
end;

```

```

Procedure horiz;

```

```

var ordhor: byte;

```

```

begin
  top_menu(menaux2);
  ordhor := 0;
  repeat
    ordhor := ord(readkey);
    case ordhor of
      43 : begin {aumenta}
            restaura_tr(x1,y1,size,paux);
            deltax:= deltax + retdx;
            calc_coord(deltax,deltay,x1,y1,x2,y2,x,y);
            poe_ret
          end;
      45 : begin{diminui}
            restaura_tr(x1,y1,size,paux);
            deltax := deltax - retdx;
            calc_coord(deltax,deltay,x1,y1,x2,y2,x,y);
            poe_ret
          end;
    end;
  until ordhor = 27;
  top_menu(menaux1);
end;

```

```

Procedure vert;

```

```

var ordver: byte;

```

```

begin
  top_menu(menaux2);
  ordver := 0;
  repeat
    ordver:= ord(readkey);
    case ordver of
      43 : begin {aumenta}
        restaura_tr(x1,y1,size,paux);
        deltay := deltay + retdy;
        calc_coord(deltax,deltay,x1,y1,x2,y2,x,y);
        poe_ret
      end;
      45 : begin {diminui}
        restaura_tr(x1,y1,size,paux);
        deltay := deltay - retdy;
        calc_coord(deltax,deltay,x1,y1,x2,y2,x,y);
        poe_ret
      end;
    end;
  until ordver = 27;
  top_menu(menaux1)
end;

```

Procedure veloa;

```

begin
  passo := passo + 5;
  if passo > pasmax then passo := pasmax
end;

```

Procedure velod;

```

begin
  passo := passo - 5;
  if passo < 1 then passo := 1
end;

```

```

Procedure escolhe(Var nx1,nx2,ny1,ny2 :integer;
                  Var p1 : pointer;
                  Var size : word);

```

```

begin
  nx1 := x1 + 1;
  nx2 := x2 - 1;
  ny1 := y1 + 1;
  ny2 := y2 - 1;
  if p1 <> nil then freemem(p1,size);
  salva_tr(nx1,ny1,nx2,ny2,size,p1);
  apita
end;

```

begin

```

  menaux1 := chr(24) + ',' + chr(25) + ',' + chr(26) + ',' +
chr(27);
  menaux1 := 'Setas '+ menaux1 + ' : Movimento      +,- :
Velocidade      H,V : size Clip      Esc : Sai';
  menaux2 :='+ aumenta      - diminui <esc> sai';
  top_menu(menaux1);
  setcolor(yellow);
  deltax := 35;
  deltax := 30;
  x:= round((getmaxX +1)/2) -1;
  y:= round((getmaxY +1)/2) -1;
  calc_coord(deltax,deltay,x1,y1,x2,y2,x,y);
  passo := 1;
  poe_ret;
  repeat
    if keypressed then
      begin
        key := readkey;
        ordem := ord(key);
        case ordem of
          0: anda;
            {dimensao vertical aumenta retangulo}
          118 : vert;
            {dimensao horizontal diminui retangulo}
          104 : horiz;
            {aumenta velocidade}
          43: veloa;
            {diminui velocidade}
          45: velod;
            {seleciona oscilograma curva normal}
          49: begin
                escolhe(x1,x2,y1,y2,p,size);
                tipoc:= 1;
                ordem := 27
              end;
            {seleciona oscilograma curva invertida}
          50: begin
                escolhe(x1,x2,y1,y2,p,size);
                tipoc:= 2;
                ordem := 27
              end;
        end;
      end;
    until ordem = 27;
    setcolor(white);
  end;

Procedure Rebate;

Var deltax,deltay,cx,cy,j,i : integer;
    estado : word;

```

```

Begin
  deltax := x2 - x1;
  deltay := y2 - y1;
  cx := round( ((getmaxX + 1)/2) -1 -deltax/2);
  cy := round((getmaxY +1)/2) -1;
  restaura_tr(cx,cy,size,p);
  for j := cy to cy + deltay do
  begin
    for i:= cx to cx + deltax do
    begin
      estado := getpixel(i,j);
      if (estado = white) or (estado = 1) then
      begin
        putpixel(i,j,black);
        putpixel(i,2*cy-j,white)
      end;
    end;
  end;
  x1 := cx;
  x2 := cx + deltax;
  y1 := cy - deltay;
  y2 := cy;
  salva_tr(x1,y1,x2,y2,size,p);
end;

Procedure disc_curv;

Var cx,cy,deltax,deltay,ox,oy,apagay,
    deltay1,ncinf,ncsup,xini,xfin,pas,i,j:integer;
    estado : word;
    sai     : boolean;
    ysup,yinf : vdisc;
    corr    : real;

Procedure Ident(lini,colini,colfin,limite,passo : integer;
               Var y : vdisc;
               Var nc :integer);

Var estado : word;
    iap,j,i : integer;

begin
  y[0]:= yponto[0];
  iap :=1;
  for j:= colini to colfin do
  begin
    i := lini;
    sai := false;
    repeat
      estado := getpixel(j,i);
      if (estado = white) or (estado = 1) then
      begin

```

```

    y[iap] := oy - i;
    iap := iap + 1;
    sai := true
end;
i := i + passo;
until sai or (i = limite);
if not sai then
begin
    y[iap] := 999;
    iap := iap + 1;
end;
end;
nc := iap;
end;

```

```

Procedure interp(var np : integer;
                 var yp : vdisc);

```

```

var inicio,j,k,inc,i,npt : integer;
    achei : boolean;
    val1,val2 : real;

```

```

begin
    achei := false;
    for j:= 0 to np do
    begin
        if (yp[j] = 999) and (not achei) then
        begin
            inicio := j;
            achei := true
        end;
        if yp[j] = 999 then npt := npt + 1;
        if (yp[j] <> 999) and achei then
        begin
            val2 := yp[j];
            val1 := yp[inicio-1];
            inc := round((val2-val1)/(npt + 1));
            for k := inicio to j-1 do yp[k] := yp[k-1] + inc;
            achei := false;
            npt := 0
        end;
    end;
end;

```

```

Begin
    for i:= 0 to getmaxX do
    begin
        ysup[i] := 0;
        yinf[i] := 0
    end;
    deltax := x2 - x1;
    deltay := y2 - y1;

```

```

cx := round( ((getmaxX + 1)/2) - 1 - deltax/2);
cy := round( ((getmaxY + 1)/2) - 1 - deltay/2);
ox := cx;
oy := cy + deltay;
restaura_tr(cx,cy,size,p);

{apaga eixo de referencia de tensao}
if xponto[2] <> 9999 then
begin
  if xponto[3] <> 9999 then
  begin
    if yponto[2] >= yponto[3] then apagay := oy - yponto[2];
    if yponto[2] < yponto[3] then apagay := oy - yponto[3];
    deltax1 := abs(yponto[2] - yponto[3]);
    for i:= apagay to apagay + deltax1 do
    begin
      for j:= ox to ox + deltax do putpixel(j,i,black)
    end;
  end
  else
  begin
    i:= oy - yponto[2];
    for j:= ox to ox + deltax do putpixel(j,i,black)
  end;
end;

{apaga eixo de referencia}
if yponto[0] >= yponto[1] then apagay := oy - yponto[0];
if yponto[0] < yponto[1] then apagay := oy - yponto[1];
deltax1 := abs(yponto[1] - yponto[0]);
for i:= apagay to apagay + deltax1 do
begin
  for j:= ox to ox + deltax do putpixel(j,i,black)
end;

{identificacao inferior}
xini := ox + xponto[0];
xfin := ox + xponto[1]{deltax};
pas := -1;
ident(oy,xini,xfin,cy,pas,yinf,ncinf);
interp(ncinf,yinf);

{Identificacao superior}
pas := 1;
ident(cy,ox,xfin,oy,pas,ysup,ncsup);
interp(ncsup,ysup);
if (xponto[2] <> 9999) then
begin
  if (xponto[3] <> 9999) then
  begin
    corr := (yponto[2]+yponto[3])/2 - yponto[0];
    corr := ref/corr;

```

```

end
else corr := ref/(yponto[2] - yponto[0]);
end
else corr := 1.0;
if (xponto[4] and xponto[5]) <> 9999 then timediv :=
abs(xponto[4]-xponto[5]);
for i:= 0 to Ncsup do compaux.Yv[i] := round((ysup[i] +
yinf[i])/2)-yponto[0];
for i:= Ncsup + 1 to 639 do compaux.Yv[i] := 0;
with compaux do
begin
Nv := ncsup;
deltaV := corr;
deltaT := 1.0e-6*timeesc/timediv;
end;
end;

```

Procedure relativ;

```

Var aux : integer;
j : byte;

```

```

begin
for j:= 0 to 3 do
begin
if x[j] <> 9999 then x[j] := x[j] - ox;
y[j] := flag2*(y[j] - oy)
end;
end;

```

End.