

FD-1272

REGINALDO ARAKAKI

Eng. Eletricista, Escola Politécnica da USP, 1982

**UMA METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE
SISTEMAS CAE/CAD/CAM**

**Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da USP para a obtenção
do Título de Mestre em Engenharia.**

São Paulo, 1991

REGINALDO ARAKAKI

Eng. Eletricista, Escola Politécnica da USP, 1982

**UMA METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE
SISTEMAS CAE/CAD/CAM**

**Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da USP para a obtenção
do Título de Mestre em Engenharia.**

**Orientador : Prof. Dr. Antonio Marcos de Aguirra Massola
Professor Titular do Departamento de Engenharia de
Computação e Sistemas Digitais da Escola Politécnica da USP.**

São Paulo, 1991

SUMÁRIO

O trabalho apresenta uma metodologia para o desenvolvimento e implantação de sistemas de CAE/CAD/CAM sob medida. Ela é descrita por etapas, ressaltando-se, para cada uma, as atividades necessárias, as possíveis estratégias e os resultados esperados para: identificar o processo produtivo a ser automatizado; especificar (em detalhes) as funções, comandos e equipamentos a serem incorporadas no sistema de automação; e planejar a implantação do sistema no processo.

Como ilustração, um sistema de automação gráfica para o auxílio da operação de distribuição de energia é detalhado por etapas de desenvolvimento e implantação realizadas, com estimativas de custos e benefícios e possíveis evoluções. Ao final, a dissertação relaciona as principais contribuições deste trabalho de pesquisa na formação de recursos humanos, geração de publicações e produções acadêmicas, junto ao grupo de Computação Gráfica e CAD/CAM do LSD/EPUSP.

AGRADECIMENTOS

- Ao amigo Prof. Dr. Antonio Marcos de Aguirra Massola pela orientação e incentivos constantes desde a graduação;
- À Harumi, à Neja e ao Julio pelo auxílio e apoio;
- À Profa. Dra. Edith Ranzini pelo apoio;
- Aos amigos Sérgio Rabelo, Ângela, Eng. Paulo Cugnasca, Olívia, Eliane, Eng. Mauro Gondo e Eng. Leonardo;
- Aos amigos da SoftCAD;
- Aos amigos da FDTE;
- Às empresas Itaotec Informática, Embratel, Cesp, Eletropaulo e SEADE pela oportunidade;
- A todos que ajudaram neste trabalho.

Obrigado

Reginaldo

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÕES	1
OBJETIVOS DO CAPÍTULO	1
CONTEÚDO	1
1.1. A Automação Gráfica	2
1.2. Sistemas CAE/CAD/CAM	2
1.2.1. CAE - Computer Aided Engineering	3
1.2.2. CAD - Computer Aided Design	3
1.2.3. CAM - Computer Aided Manufacturing	3
1.3. As Tecnologias de Computação Gráfica Interativa	3
1.4. Sistemas CAE/CAD/CAM Sob Medida	8
1.5. Exemplos de Aplicações	9
1.6. O Trabalho de Dissertação	10
1.7. Estrutura da Dissertação	10
CONCEITOS E TERMOS IMPORTANTE DO CAPÍTULO	11
2. UMA METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	13
OBJETIVOS DO CAPÍTULO	13
CONTEÚDO	13
2.1. Interfaces Gráficas	14
2.2. Sistemas CAE/CAD/CAM Sob Medida x Sistemas Genéricos ..	14
2.3. A Metodologia de Desenvolvimento	16
2.4. Identificação do Problema	17
2.5. Especificação Funcional	19
2.6. Implementação do Sistema	21
2.7. Validação e Ajustes	23
CONCEITOS E TERMOS IMPORTANTE DO CAPÍTULO	24
3. UMA METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO	26
OBJETIVOS DO CAPÍTULO	26
CONTEÚDO	26

3.1. Os Usuários x Nova Tecnologia	27
3.2. A Metodologia de Implantação	28
3.3. Operação em Paralelo ao Processo Tradicional	30
3.4. Avaliação dos Primeiros Resultados	32
3.5. Ajustes Sobre o Sistema	32
3.6. Operação Assistida	33
3.7. Suporte e Manutenção	33
3.8. Operação Efetiva	34
CONCEITOS E TERMOS IMPORTANTE DO CAPÍTULO	34
4. EXEMPLO; SISTEMA DE AUXÍLIO À OPERAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA	35
OBJETIVOS DO CAPÍTULO	35
CONTEÚDO	35
4.1. Considerações Gerais	36
4.2. Análise do Problema	36
4.2.1. Ambiente de operações de um COD	37
4.2.2. Fluxo de informações	37
4.2.3. Atividades do procedimento 2	40
4.3. Especificação Funcional	43
4.3.1. Ambiente automatizado	44
4.3.2. Equipamentos computacionais	49
4.3.3. Procedimentos, funções e comandos do sistema	52
4.3.3.1. O módulo DIGICAD	52
4.3.3.2. O módulo EDS	54
4.3.3.3. O módulo ATUALIZAÇÃO	54
4.3.3.4. O módulo OPERAÇÃO	58
4.3.4. Especificação funcional definitiva	63
4.4. Implementação	64
4.4.1. Módulos funcionais	64
4.4.2. Base de dados	65
4.4.3. Hardware	67
4.4.4. Software	68
4.5. Validação e Ajustes	73

4.6. Implantação	74
CONCEITOS E TERMOS IMPORTANTE DO CAPÍTULO	76
5. DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO	78
OBJETIVOS DO CAPÍTULO	78
CONTEÚDO	78
5.1. Arquitetura Interna do Software	79
5.2. A Base de Dados do Sistema	79
5.3. Filosofia de Acesso à Base de Dados	79
5.4. Os Componentes da Base de Dados	80
5.5. Arquitetura Lógica da Base de Dados	84
5.5.1. Descritores de ETD	84
5.5.2. Descritores gerais de um circuito	84
5.5.3. Descritores das chaves do circuito	84
5.5.4. Descritores dos trechos do circuito	85
5.5.5. Descritores geométricos gerais	85
5.5.6. Atributos de ETD	101
5.5.7. Atributos de circuitos	101
5.5.8. Atributos de chaves	101
5.5.9. Atributos de trechos	103
5.5.9.1. Equipamentos	105
5.5.9.2. Consumidores	107
5.5.9.3. Símbolos	108
5.5.9.4. Gerais	108
5.6. As Principais Funções da Base de Dados (EDs)	109
5.7. As Principais Funções Gráficas (GRs)	120
5.8. As Principais Funções Interativas (FIs)	133
CONCEITOS E TERMOS IMPORTANTE DO CAPÍTULO	150
6. RESULTADOS	152
OBJETIVOS DO CAPÍTULO	152
CONTEÚDO	152
6.1. Características Gerais do Sistema Desenvolvido	153
6.2. Tecnologias Desenvolvidas	156

6.3. Estimativas de Custos e Benefícios	158
CONCEITOS E TERMOS IMPORTANTE DO CAPÍTULO	160
7. TENDENCIAS E EVOLUÇÕES	161
OBJETIVOS DO CAPÍTULO	161
CONTEÚDO	161
7.1. Evolução em Hardware	162
7.2. Evolução em Software	162
7.3. Tendências das Aplicações	163
CONCEITOS E TERMOS IMPORTANTE DO CAPÍTULO	165
8. CONCLUSÕES - CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO	166
OBJETIVOS DO CAPÍTULO	166
CONTEÚDO	166
8.1. Recursos Humanos	167
8.2. Processos de Informatização	168
8.3. Produções Bibliográficas	168
8.4. Campos de Pesquisa	168
8.5. Aplicabilidade da Metodologia	170
8.6. Desenvolvimento de Cursos	170
8.7. Produções Acadêmicas	170
BIBLIOGRAFIA	172

INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÕES

OBJETIVOS DO CAPÍTULO

- *Apresentar os principais conceitos de Computação Gráfica e CAD/CAM utilizados na dissertação;*
- *Descrever os trabalhos de pesquisa desenvolvidos;
e*
- *Apresentar a organização da dissertação.*

CONTEÚDO

- A Automação Gráfica
 - Sistemas de CAE/CAD/CAM
 - As Tecnologias de Computação Gráfica Interativa
 - Sistemas de CAE/CAD/CAM Sob Medida
 - Exemplos de Aplicações
 - O Trabalho da Dissertação
 - A Estrutura da Dissertação
-

1.1. A Automação Gráfica

A automação é o conjunto de procedimentos encaminhados para incorporar sistemas computacionais nos processos de produção de uma empresa, integradamente entre os seus departamentos ou isoladamente, atingindo setores técnicos (de engenharia e concepção), administrativos (gerenciais) e de produção (fabricação). O objetivo é obter eficiência, controle, qualidade e principalmente produtividade. Em alguns casos, é condição de sobrevivência manter um nível de competitividade exigida pelo mercado perante os concorrentes.

A utilização de computadores na automação tem sido pesquisada e aplicada a partir da década de 50. Porém, o impacto aconteceu na década de 70, com o advento de computadores mais baratos de pequeno e médio porte, provocando o desenvolvimento de tecnologias na área de Computação Gráfica que revolucionaram a comunicação entre o homem e a máquina. Desde então, principalmente a partir da década de 80, a maioria dos atuais sistemas de automação vem apresentando recursos gráficos nas suas interfaces de interação, confundindo, inclusive, conceitos de automação (CAD/CAM) e Computação Gráfica, apesar de serem bastante distintos. Para efeito de terminologia, o texto refere-se à automação gráfica como sendo a automação com sistemas que utilizam a Computação Gráfica na sua interface de interação homem-máquina. Para maiores detalhes, ver [1], [2] e [16].

O desenvolvimento e a implantação de sistemas de automação gráfica, principalmente os de CAE/CAD/CAM (Ver conceitos e terminologia nos itens seguintes), envolvem altos investimentos e altos riscos de rejeição. Após a euforia inicial, provocada pelas interessantes características de interação gráfica, eles devem apresentar resultados e trazer benefícios. Portanto, a meta principal de uma automação é fazer com que os sistemas sejam incorporados integradamente ao processo produtivo, buscando uma utilização eficiente. Pois os sistemas devem justificar os investimentos realizados e garantir um tempo de vida de operação adequado aos benefícios econômicos e sociais planejados.

1.2. Sistemas CAE/CAD/CAM

Os sistemas CAE/CAD/CAM são constituídos de módulos computacionais, na sua maioria graficamente interativos, capazes de auxiliar os processos produtivos. São classificados de acordo com a aplicação dentro do ciclo produtivo [28]:

- . Concepção e projeto - CAE;
- . Implementação física - CAD;
- . Fabricação - CAM.

Outro tipo de sistema computacional originado de CAE/CAD/CAM tem sido pesquisado e desenvolvido em automação gráfica. É bastante recente, voltado para aplicações que envolvem informações geográficas - denominado sistema geográfico de informações GIS (*Geographic Information System*). Estes sistemas auxiliam nas atividades como planejamento urbano, controle ambiental e outros que manipulam mapas temáticos e cartografia integrados à base de dados [15] e [27].

As principais áreas de aplicação da automação gráfica estão conceituadas nos próximos itens (e servem como terminologia para o texto).

1.2.1. CAE - Computer Aided Engineering

São sistemas computacionais desenvolvidos para auxiliar as atividades de engenharia, na concepção e projeto. Implementam a "prancheta eletrônica de projeto", pois dispõem de ferramentas computacionais para criação de modelos abstratos necessários aos cálculos, para elaboração de desenhos e documentação, para simulação de comportamentos estático e dinâmico de estruturas e para outras funções. Por exemplo, as concepções técnicas de um circuito eletrônico, de um conjunto arquitetônico, ou de uma peça mecânica, podem ser realizadas, projetadas, simuladas, corrigidas e ajustadas através de programas de CAE. Os dados produzidos poderão ser encaminhados para a fase de implementação física do ciclo produtivo [28].

1.2.2. CAD - Computer Aided Design

São sistemas computacionais que auxiliam a implementação física de um projeto. Dispõem de ferramentas computacionais para a elaboração de desenhos, para simulação física (mecânica, elétrica ou estrutural) e outras. Por exemplo, permitem projetar uma placa de circuito impresso para abrigar um circuito eletrônico, auxiliar nos cálculos físicos estruturais, cálculos de volumes de cimentos necessários para implementar uma estrutura arquitetônica, ou gerar contornos geométricos de uma peça para serem utilizados por um torno para produzir uma peça mecânica [28].

1.2.3. CAM - Computer Aided Manufacturing

Estes sistemas fornecem ferramentas computacionais para auxiliar a produção física em série, isto é, a fabricação. Por exemplo, emitir lista de materiais que compõem um produto, controlar os estoques de componentes em função da produção, comandar equipamentos de controle numérico da linha de produção, ou mesmo efetuar testes de produtos prontos (neste caso, também denominados de CAT - *Computer Aided Testing*). Pode auxiliar, também, na elaboração de moldes para produção de peças [28].

1.3. As Tecnologias da Computação Gráfica Interativa

A Computação Gráfica Interativa é o ramo da Compugrafia que pesquisa e aprimora as tecnologias para desenvolver sistemas gráficos interativos. O objetivo é fazer com que o usuário dirija o processamento de um computador através de comandos interativos, baseados em imagens. Todo o processo conversacional, de interação, é denominado interface gráfica. Os sistemas atuais apresentam interfaces gráficas bastante sofisticadas, baseadas em imagens, janelamentos gráficos de telas e dispositivos especiais de entrada e saída.

Os fabricantes de software oferecem as referidas tecnologias na forma de pacotes de bibliotecas de funções gráficas, denominados núcleos gráficos. Estes pacotes geralmente seguem alguma padronização e incorporam conceitos complexos, muitas vezes de difícil implementação interna, mas de fácil assimilação e utilização pelos programadores de sistemas de automação.

Neste trabalho, não cabe uma conceitação completa da Computação Gráfica. Para tanto, recomenda-se as referências [1], [2], [3], [4], [11], [12], [13], [14] e [15]. Porém, apresenta-se o básico para uma melhor compreensão dos trabalhos desenvolvidos na dissertação.

A Fig.1.3.1 esquematiza a estruturação simplificada de um sistema gráfico interativo baseado no uso de um núcleo gráfico. Os principais conceitos são relacionados a seguir:

. Núcleo Gráfico - Conjunto de funções gráficas, normalmente acessíveis via programação, que implementam os recursos de Computação Gráfica. São funções que permitem gerar desenhos coloridos em dispositivos gráficos de saída, interpretar os dispositivos gráficos de entrada, tratar diferentes sistemas de coordenadas e manipular estruturas gráficas. Os fornecedores procuram fornecer os pacotes segundo alguma

padronização aceita internacionalmente como a GKS (*Graphical Kernel System*), e a CGI (*Computer Graphics Interface*). A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) [16] adotou a GKS como recomendação de padronização. Tecnicamente, pacotes aderentes à norma GKS estão mais presentes em estações mais poderosas como super-mini-computadores e *workstations*, pois a sua definição exige uma implementação complexa e sofisticada. Para os microcomputadores, os núcleos gráficos de maior sucesso utilizam interfaces compatíveis com o CGI, por serem mais leves e compatíveis com a capacidade de processamento desta classe de equipamentos.

. Os programadores acessam os recursos gráficos através de chamadas de funções que são incorporados aos seus programas, através do processo de "linkedição";

. Módulo de Saída - É a parte do núcleo gráfico que oferece um conjunto de funções que produzem desenhos nos dispositivos gráficos de saída. Dispõe de funções de primitivos gráficos como `desenha_polilinhas()`, `desenha_retângulo()`, `desenha_circunferência()` etc.;

. Módulo de Entrada - Conjunto de funções que interfaceiam os dispositivos de entrada de dados como *mouse*, mesa digitalizadora, teclado, teclado de setas e outros;

. Módulo de Mapeamento - São funções que permitem manipular diferentes sistemas de coordenadas como: o sistema de coordenadas de pontos de tela (em píxeis); sistema de coordenadas normalizadas (por exemplo, com valores variando entre 0.0 e 1.0); sistema de coordenadas da aplicação (como Km, Metros, Centímetros etc.). Estas funções permitem implementar as principais operações de visualização gráfica de aproximação (*zoom in*), afastamento (*zoom out*) e deslocamento (*panning*);

. Módulo de Segmentação - Estas funções permitem a manipulação e o armazenamento de estruturas de desenhos, como sendo agrupamento de primitivos gráficos. Por exemplo, suponha o segmento *telhado_da_casa* formado pelos segmentos de reta que compõem o desenho do telhado. As operações de escalamento (aumento, diminuição ou deformação), rotação ou translação sobre o segmento implicam envolver todos os primitivos que o compõem (Ex. a translação do segmento *telhado_da_casa* implica no movimento de todos os primitivos reta que definem o segmento);

. Equipamentos de Computação Gráfica - A tecnologia de *hardware* tem avançado muito rapidamente e atualmente dispõe-se de equipamentos computacionais de alta performance como (ver [1]):

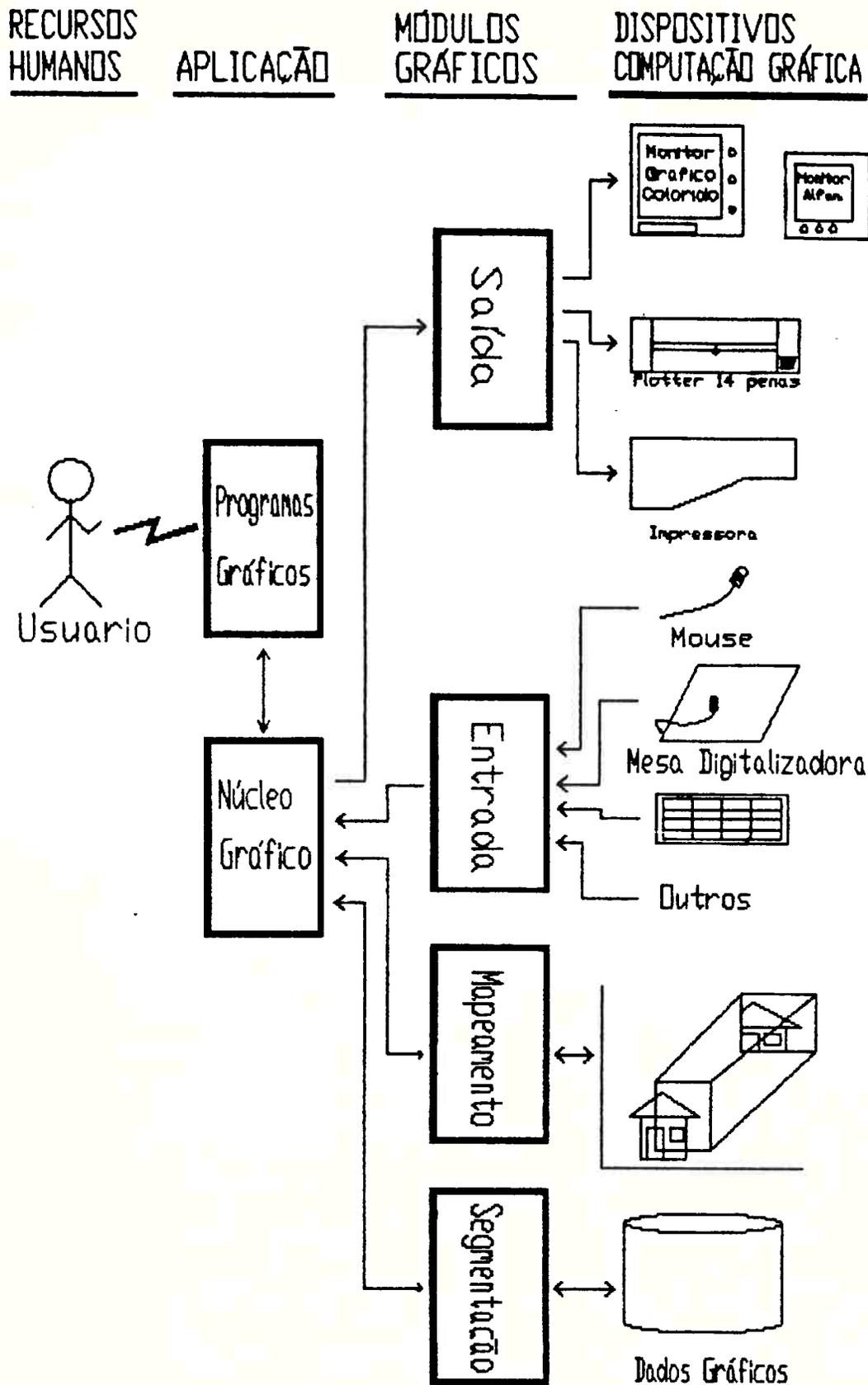


Fig. 1.3.1. Estrutura de um Núcleo Gráfico.

- Microcomputadores compatíveis com o IBM PC/XT/AT/386/486, com CPU de 16 ou 32 bits, com memória variando de 640 kbytes até 16 Mbytes, e frequência de clock variando de 6 MHz até a faixa de 40 ~ 50 MHz;
 - Placas gráficas variando de 320 x 200 píxeis de 4 cores, até 2048 x 1024 píxeis de 256 cores;
 - Periféricos de saída como traçadores gráficos (tamanhos A4, A3, A2, A1 e A0), impressoras gráficas coloridas, impressoras lasers e outras;
 - Periféricos de Entrada como mesas digitalizadoras (tamanhos A4, A3, A2, A1 e A0), *light-pen*, *Joystick*, *mouse* e outros;
 - Dispositivos de armazenamento de dados alcançando capacidades médias de 300 Mbytes, e equipamentos a laser de ordem de Gigabytes;
 - Grandes capacidades de comunicação em rede local e remota;
 - Estações de trabalho (com capacidade de processamento de palavras da ordem de 32/64 bits) voltadas para aplicações gráficas integradas com monitor gráfico de alta resolução, teclado e mouse.
- . Software - Do ponto de vista de programação, vários avanços como (Ver [1], [18], [2]) :
- Sistemas Operacionais para microcomputadores como o MS-DOS (da Microsoft), mono-usuário e mono-processamento para equipamentos de 16 bits, tipo PC/XT/AT;
 - Sistemas Operacionais como o UNIX, com recursos de multiprogramação e multiprocessamento utilizado em equipamentos como minis, super-minis e *workstations*;
 - Linguagens de programação como C, altamente indicado para aplicações gráficas sofisticadas dada a sua grande flexibilidade de operações, abstração de dados e portabilidade [21];
 - Gerenciadores de Base de Dados, disponíveis para microcomputadores como Clipper (da Nantucket) e DBase III (da Ashon Tate); e Oracle (da ORACLE) para *workstations*;

- Ferramentas de desenvolvimentos de software classificados como CASE (*Computer Aided Software Engineering*), capazes de auxiliar nas fases de especificação, detalhamento e implementação de sistemas de software.

. Recursos Humanos - Do ponto de vista de Computação Gráfica, existem três tipos de elementos que devem ser ressaltados, que serão citados no restante da dissertação (ver [1] e [16]):

- Usuário - Usuário do sistema completo. Realiza uma tarefa, acionando interativamente os comandos de um programa gráfico, sem entrar em detalhes de programação;

- Implementador da Aplicação - É um programador que desenvolve sistemas ao nível da aplicação. Através de interação com o usuário consegue definir, implementar e implantar o sistema de automação gráfica de acordo com as necessidades;

- Implementador de Baixo Nível - É o programador que não toma conhecimento detalhado do nível da aplicação. É responsável, por exemplo, por desenvolver módulos internos de suporte como um núcleo gráfico, gerenciador de dados etc;

1.4. Sistemas CAE/CAD/CAM Sob Medida

Sistemas CAE/CAD/CAM sob medida são aqueles que podem ser implementados e amoldados de acordo com as necessidades de utilização. Quanto mais adaptáveis são os sistemas, maiores serão as suas chances de sobrevivência - as funções e comandos podem ser ajustados para atender satisfatoriamente o processo produtivo maximizando sua eficiência.

Para que servem os sistemas de CAE/CAD/CAM sob medida? Servem para automatizar processos de produção específicos. São candidatos a implementarem uma automação de sucesso, por serem desenvolvidos e implantados de acordo com as necessidades da aplicação e dos usuários. O que não acontece com os sistemas genéricos inflexíveis que exigem que a aplicação e os usuários se adaptem às suas características funcionais, podendo causar sérios transtornos em sua utilização na produção.

Por outro lado, sistemas genéricos abertos (*Open Systems*) têm sido oferecidas pelos fabricantes na década de 80 e 90 e são boas opções, pois a característica de serem abertos conferem-lhes flexibilidade para adaptação.

Eles permitem que o usuário acesse e adapte o sistema aproximando-o à aplicação, via uma linguagem de programação ou outras técnicas. Portanto podem ter as adaptações implementadas e o sistema implantado de acordo com a metodologia proposta neste trabalho.

OBSERVAÇÃO: Esta metodologia certamente pode ser aplicada a qualquer tipo de automação, mas todo o trabalho foi baseado em automação gráfica de sistemas interativos de CAE/CAD/CAM e de informações geográficas. Nos textos que se seguem, o termo automação gráfica implicará na utilização de sistemas CAE/CAD/CAM ou GIS.

1.5. Exemplos de Aplicações

Cita-se a seguir, alguns sistemas desenvolvidos com o envolvimento do pesquisador. Ver as referências [1], [6], [7], [9], [10], [11], [12], [14], [15] e [16]:

. Sistema digiCAD, desenvolvido em convênio com DOCEGEO subsidiária do Vale do Rio Doce. É um sistema gráfico interativo baseado em microcomputador com placa gráfica EGA e mesa digitalizadora. Foi desenvolvido sob medida para cadastramento gráfico e alfanumérico de incidências geológicas, e operações lógicas sobre níveis de ocorrências geológicas existentes para anotar ou prever outras ocorrências [16];

. Sistema 3E, desenvolvido em microcomputadores para captura esquemática de projetos eletrônicos. É um meio de entrada de dados de um sistema CAE, cujos os dados servem para simuladores e para outros módulos de CAD/CAM. Foi desenvolvido para a Itautec Informática para ser utilizado como meio de entrada de dados do seu sistema CAD SACCI ("Sistema de Confecção de Circuito Impresso");

. Sistema OPERA, desenvolvido em microcomputadores para a Eletropaulo Eletricidade de São Paulo S/A . É um sistema gráfico interativo usando monitor gráfico de 1024 x 768 píxeis a 16 cores, mesa digitalizadora e *mouse*, para auxiliar na operação de distribuição de dados de energia elétrica primária. A característica principal do sistema é planejar e elaborar manobras de redes elétricas através de intensas simulações de chaveamento (abertura/fechamento) e analisar consequências enérgicas realimentadas graficamente no vídeo colorido. Este planejamento é realizado antes de se comandar a realização física das referidas manobras no campo;

. SIE 1.0, desenvolvido em microcomputador para Fundação SEADE (Sistema Estadual de Análise de Dados Estratégicos) do Estado de São Paulo. O sistema utiliza uma base de dados sócio-econômica do estado e toda a consulta é gráfica: o usuário indica graficamente a região de consulta sobre o mapa desenhado no vídeo, e as informações são apresentadas instantaneamente na forma de gráficos e tabelas coloridas, podendo ser emitidas para a impressora gráfica.

. CLBC - Biblioteca Compugráfica para a linguagem Clipper, da Softcad Informática. É um núcleo gráfico com funções gráficas de Entrada e Saída e Mapeamento com o qual foram desenvolvidos os aplicativos citados, também disponível para a Linguagem C (mais detalhes ver em [18]).

1.6. O Trabalho de Dissertação

Este trabalho de dissertação descreve uma metodologia para o desenvolvimento e implantação de sistemas de automação gráfica sob medida utilizando a Computação Gráfica Interativa. É resultado de pesquisas nas áreas de CAE/CAD/CAM e GIS desenvolvidas no Laboratório de Sistemas Digitais do Departamento de Computação e Sistemas Digitais da Escola Politécnica da USP (LSD/PCS/EPUSP), em convênio com a Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia (FDTE).

A metodologia é detalhada pelas etapas que a compõe. Em cada uma, descreve-se as atividades necessárias e as metas esperadas, até atingir o desenvolvimento e a implantação completa de um sistema de automação gráfica sob medida. Ilustra-se, na prática, a aplicação da referida metodologia em um sistema de auxílio à operação de distribuição de energia elétrica.

1.7. Estrutura da Dissertação

A dissertação está organizada em oito capítulos assim estruturados:

. O Cap. 1 conceitua as atividades de desenvolvimento e implantação de uma automação gráfica sob medida, ressaltando conceitos básicos de Computação Gráfica e CAD/CAM e a terminologia utilizada. Além disso, define uma terminologia adotada no restante dos capítulos;

- . Os Caps. 2 e 3 descrevem a metodologia de desenvolvimento e implantação de sistemas de CAE/CAD/CAM sob medida. Apresentam todas as etapas necessárias, e em cada uma delas, os conceitos, as estratégias e as metas a serem atingidas. Ressaltam, também, a importância dos usuários junto à equipe de projeto;
- . Os Caps. 4, 5, 6 e 7 descrevem um exemplo-prático desenvolvido segundo a metodologia citada. É apresentado o histórico de desenvolvimento, isto é, como foram encaminhadas as atividades e obtidos os resultados.
- . O Cap.8 discute as contribuições do trabalho do ponto de vista de recursos humanos, de tecnologia obtidas, e de evolução das pesquisas;
- . Em cada capítulo, apresentam-se os conceitos e termos mais importantes e, ao final, uma bibliografia básica.

Conceitos e Termos Importantes do Capítulo

- Automação Gráfica - Automação de processos de produção utilizando sistemas computacionais gráficos de CAE/CAD/CAM.
- CAD - *Computer Aided Design*.
- CAE - *Computer Aided Engineering*.
- CAE/CAD/CAM - Automação do ciclo produtivo (Concepção, Projeto e Fabricação). Pode ser referenciado neste texto como CAD/CAM.
- CAM - *Computer Aided Manufacturing*.
- CASE - *Computer Aided Software Engineering*.
- Engenharia de Computação - Engenheiros com formação de *hardware* digital e *software*.
- Localizador, posicionador - Dispositivo lógico de entrada de um núcleo gráfico capaz de definir posições através de coordenadas, transmitidas de algum dispositivo físico como *mouse*, setas e outros.
- Mesa Digitalizadora - Dispositivo de entrada através de digitalização de coordenadas [1].

- **Núcleo Gráfico** - Conjunto de funções gráficas de entrada, saída, mapeamento e segmentação na forma de biblioteca de funções [1], que permite incorporar a Computação Gráfica nos seus programas.
- **Primitivos Gráficos** - Elementos básicos de desenhos como linhas, retângulos e outros, geralmente disponíveis na forma de funções acessíveis através de programação.
- **Sistemas Abertos (*Open Systems*)** - Sistemas que permitem a adaptação do seu conjunto de comandos, via alguma linguagem de programação ou outros meios.
- **Sistema sob medida** - Sistema de automação gráfica amoldada para uma aplicação específica.
- **workstation** - Estação computacional de alta performance gráfica e de processamento científico [1].

CAPÍTULO 2

UMA METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

OBJETIVOS DO CAPÍTULO

- *Apresentar uma metodologia de desenvolvimento de um sistema de CAD/CAM sob medida; e*
- *Mostrar a importância da participação dos usuários.*

CONTEÚDO

- Interfaces Gráficas
 - Sistemas CAE/CAD/CAM Sob Medida x Sistemas Genéricos
 - A Metodologia de Desenvolvimento
 - Identificação do Problema
 - Especificação Funcional
 - Implementação do Sistema
 - Validação e Ajustes
-

2.1. Interfaces Gráficas

O advento de computadores de pequeno porte, mais baratos e com boa capacidade de processamento dotados de recursos gráficos como memória de vídeo e monitores gráficos coloridos, fez com que a interação evoluísse para utilizar imagens gráficas - as chamadas Interfaces Gráficas (Ver Cap.1). Através delas, interagindo por comandos conversacionais, os usuários controlam o processamento do computador para realizar uma determinada tarefa. Os sistemas CAE/CAD/CAM mais recentes vêm incorporando este tipo de interfaces cada vez mais sofisticadas utilizando, como plataforma de *hardware*, equipamentos microcomputadores e estações de trabalho (*workstations*), isoladamente ou integrados via redes de comunicação.

Os sistemas que utilizam a Computação Gráfica Interativa para implementar a interface de interação entre o usuário e o computador (Ver [1]), são denominados de sistemas gráficos interativos, porque usam a imagem como meio de interação.

O presente capítulo descreve uma metodologia de desenvolvimento de um sistema gráfico interativo (CAE/CAD/CAM, GIS ou outros) apresentando as etapas e as atividades necessárias para a sua realização.

2.2. Sistemas CAE/CAD/CAM Sob Medida x Sistemas Genéricos

Os sistemas de automação gráfica podem ser classificados, do ponto de vista da aplicação, em dois tipos: um, é o sistema genérico, produzido e vendido em larga escala, atende algumas tarefas bem definidas como, por exemplo, elaboração de desenhos 2D ou 3D, ou resolução de equações matemáticas etc; outro, é o sistema sob medida, específico para projetar, por exemplo, trocadores de calor de uma geladeira, ou para auxiliar na elaboração de planos de manobras de operação de redes elétricas de energia, ou para automatizar uma linha de produção específica.

Os sistemas genéricos CAE/CAD/CAM se caracterizam por evoluírem em função do mercado de usuários, onde, a meta do fabricante é desenvolver uma sistema que atenda ao maior número possível de usuários (para vender mais). E, por isso mesmo, eles tentam contemplar o maior número de tarefas buscando ampliar o mercado, o que resulta na generalidade dos sistemas e, ao mesmo tempo, complexidade de utilização de suas funções.

Por outro lado, o excesso de funções dificulta o uso dos sistemas, e muitas vezes fazem alterar profundamente o processo produtivo da empresa para adaptar-se às suas características técnicas, sem garantir, contudo, uma automação eficiente.

Os sistemas CAE/CAD/CAM sob medida se caracterizam por atenderem necessidades específicas dos usuários. Eles são concebidos e implementados de acordo com o processo de produção da empresa, buscando o maior rendimento. A meta do fabricante deste tipo de sistemas é atender a um usuário (ou a um grupo) de uma determinada aplicação específica. Os sistemas apresentam apenas as funções e comandos necessários aos usuários para realizarem eficientemente as suas tarefas.

Os custos e investimentos da empresa, para os sistemas genéricos, podem ser resumidos da seguinte forma: o custo de aquisição é baixo, porém a implantação pode provocar mudanças bruscas de adaptação dentro da empresa tornando-a bastante cara. O mesmo vale para a manutenção, uma vez que a equipe responsável por tal atividade deverá ser capaz de adaptar e ajustar as funções (às vezes difíceis, senão impossíveis) e desenvolver aplicações para complementar as funções não contempladas pelos sistemas. Já os sistemas sob medida custam bem mais caros durante a aquisição devido ao desenvolvimento, mas o fato de serem específicos para aplicação, exigirão um esforço menor de adaptação e manutenção uma vez que as tarefas realizadas por eles estão de acordo com o processo produtivo da empresa. Ver o gráfico qualitativo de comparação do ciclo de vida entre dois tipos de sistemas na figura 2.2.1.

Atenção: O gráfico da Fig.2.2.1 considera que os sistemas comparados utilizam plataformas de *hardware* de mesmo porte.

Ainda sobre o gráfico da Fig.2.2.1. A euforia inicial referida no Cap. 1 é apresentada no período da compra. Os custos dos sistemas genéricos podem ser bem menores que os dos sistemas sob medida, pois estes consomem horas de implementação dos analistas. Os sistemas sob medida têm custos menores na fase de implantação pois "nascem" integrados com o processo de produção.

Os sistemas genéricos encontram as primeiras dificuldades nesta fase. Elas são resultantes das diferenças entre as filosofias de operação do sistema e do processo produtivo. Neste caso, a implantação pode ser bastante cara, devido à adaptação do processo produtivo, criando dificuldades operacionais e envolvendo técnicos especialistas externos à empresa especialmente contratados (e geralmente caros).

A diferença de custos de implantação e operação entre os dois sistemas pode ser resumida assim: nos sistemas sob medida, "a menor distância

entre dois pontos é uma reta" - suas funções realizam as tarefas de acordo com as necessidades da produção; nos sistemas genéricos, "a menor distância entre dois pontos é uma curva tortuosa" - solução definida de acordo com as funções do sistema e adaptações do processo produtivo.

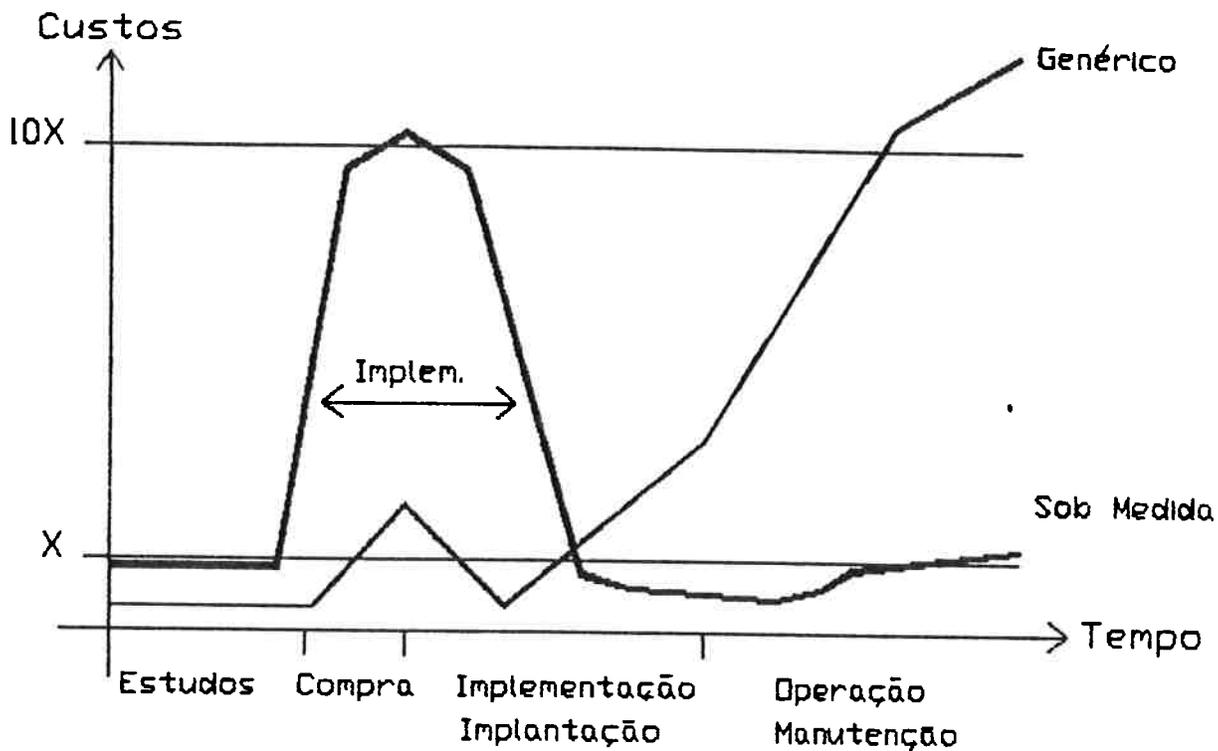


Fig.2.2.1. Comparação qualitativa de custos/investimentos de sistemas de software genéricos e sob medida de CAE/CAD/CAM.

2.3. A Metodologia de Desenvolvimento

Um sistema CAE/CAD/CAM sob medida atende uma atividade específica de um usuário ou de um grupo afim. Para o desenvolvimento de um

sistema deste tipo é necessária a realização de seis etapas, como mostrado no diagrama em blocos da Fig.2.3.1. Entende-se aqui como desenvolvimento de um sistema de automação, a realização de procedimentos de definição, projeto e implementação de um sistema computacional.

Cada uma destas etapas são descritas nos itens que se seguem do Cap.2.

2.4. Identificação do Problema

Esta etapa (etapa 1 do diagrama da Fig. 2.3.1) é uma das mais importantes do processo de automação gráfica. Ela deve ter como objetivo a identificação do processo a ser automatizado. Deve ser realizada por uma equipe especializada composta por engenheiro de computação e usuários conhecedores profundos do processo tradicional a ser automatizado, denominada equipe de desenvolvimento.

Esta equipe deve estudar o ambiente e identificar os procedimentos operacionais e o fluxo de informações do processo tradicional (não automatizado). Contando com a experiência dos usuários, que compõem a equipe, devem ser caracterizados os pontos críticos operacionais como:

- . Confiabilidade - Anotar os procedimentos e informações de maior suscetibilidade a erros operacionais, do ponto de vista dos usuários;
- . Volume de operações - Anotar os procedimentos mais complexos, ou os mais repetitivos ("maçantes") em termos de operações - estes são sérios candidatos a serem incorporados no sistema de automação;
- . "Gargalos" operacionais - Identificar as operações críticas dentro do processo, em termos de necessidades de cálculos, de consulta, ou de operações minuciosas, onde normalmente a automação pode ser incorporada de uma forma efetiva;
- . Procedimento e Informações Automatizáveis - Classificar os procedimentos e as informações que à primeira vista poderão ser automatizados, sem se preocupar ainda com os detalhes de "como" serão realizados. Este conjunto define um "embrião" da especificação funcional a ser elaborada;

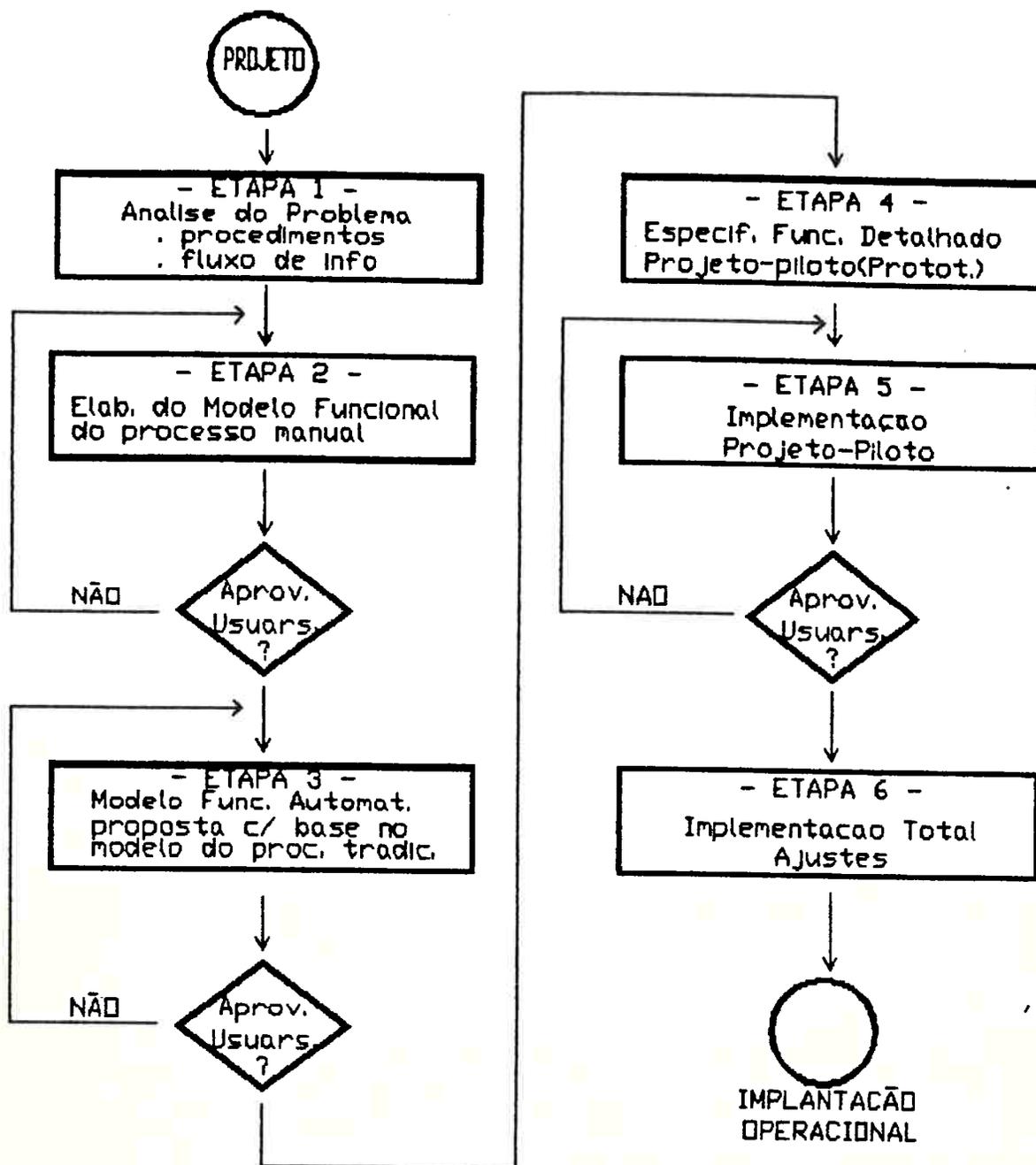


Fig.2.3.1. Etapas de Implementação de um Sistema CAE/CAD/CAM sob medida.

. Outros relevantes à identificação do processo a ser automatizado, como a elaboração de relatórios estatísticos ou de acompanhamento, normalmente difíceis de serem realizados sem a ajuda do computador.

2.5. Especificação Funcional

Esta fase realizada em 3 etapas, é uma das fundamentais pois terá como resultado um documento que norteará todo o processo de implementação e de implantação do sistema a ser desenvolvido. O documento, aqui denominado de Especificação Funcional, define os equipamentos, os módulos funcionais e os comandos que compõem o sistema. Seu conteúdo descreve de maneira tal que, tanto os engenheiros analistas de software quanto os usuários, devem "visualizar" o sistema proposto em funcionamento dentro do processo produtivo, objeto da automação gráfica. Mais que isso, o documento descreve os comportamentos das funções e comandos de modo que, mesmo antes da implementação, permite que os usuários avaliem se as referidas funções são adequadas, se são inaplicáveis ou se necessitam de algum ajuste.

A etapa 2 (Fig.2.3.1) apresenta aos usuários o nível de envolvimento da equipe de desenvolvimento, pois demonstra o quanto eles estão entendendo do processo a ser automatizado. Para realizar esta "medida" e ajustar para que ela atinja um nível desejado, a equipe de desenvolvimento deve realizar, como primeiro resultado, a elaboração de um modelo de funcionamento do processo tradicional detalhando o ambiente operacional, os procedimentos e os fluxos de informações conforme descrito no item 2.3.

Deve-se, para tanto, utilizar todo o ferramental possível para realizar a descrição de tal modelo buscando sempre aquela que utiliza uma linguagem bem acessível (portanto, não deve ser o "computês"). Nesta etapa, deve-se submeter o modelo à análise dos usuários e ser interativamente revisado e refinado até a sua aprovação: o modelo deve refletir o máximo possível o comportamento do processo tradicional, não automatizado.

Passado pela etapa anterior, a etapa 3 tem como objetivo criar um modelo da automação. A equipe de desenvolvimento, com base nos subsídios obtidos na etapa anterior, realiza os primeiros ensaios para conceber o sistema a ser automatizado. Este modelo, utilizando uma linguagem bastante acessível, deve apresentar ao usuário a forma como será o sistema automatizado e de que maneira ela será inserida no processo de produção tradicional.

Hoje, o estado da arte é criar modelos através de técnicas de prototipação. Cria-se protótipos de programas em computador com as características do sistema definitivo a ser implementado. Assim o usuário toma contato, na prática, de como o sistema se apresentará no computador (não apenas em documentos escritos) e como serão acionados os comandos e as funções, podendo criticá-los propondo alterações e correções. É nesta etapa que o sistema "em gestação" começa adquirir os ares do "computês". É uma das últimas oportunidades em que os usuários podem influir com bastante intensidade de participação crítica e construtiva, para que o sistema possa "nascer" de acordo com o planejado.

Ainda neste modelo automatizado, o usuário pode averiguar como as "falhas" (ou operações críticas) seriam tratadas pelo sistema automatizado e esclarecer dúvidas quanto à capacidade de processamento na resolução de casos exemplos.

A próxima é a etapa 4 (ver Fig.2.3.1). É a conclusão de todas as atividades realizadas nas etapas 1, 2, e 3. Numa linguagem com um mínimo de formalismo computacional, mas com o máximo de coerência possível, será elaborado um documento, denominado Especificação Funcional Detalhada, que deverá descrever o sistema automatizado, de uma forma precisa, quanto à sua estruturação e ao seu comportamento funcional. Deve apresentar detalhes como:

- . As especificações técnicas que classificam os equipamentos a serem utilizados pelo sistema;
- . Uma macro-descrição do sistema posicionando-o dentro do processo produtivo da empresa, descrevendo o ambiente, as entradas, as saídas e a operação básica - objetivo do sistema dentro do processo produtivo. Se ele estiver bem posicionado, indica que a sua integração está no caminho certo;
- . Descrição das funções e comandos com detalhes da interação gráfica (acionamento dos comandos e realimentações gráficas), as respostas devolvidas pelo sistema e dos tempos de resposta (faixas de aceitação);
- . Descrição detalhada de um exemplo de utilização do sistema, mostrando como uma tarefa (isto é, um problema a ser resolvido) será realizada através do acionamento dos seus comandos;
- . Descrição preliminar de como será a operação do sistema uma vez implantado no processo produtivo, isto é, definir, ainda que sucintamente, qual será o procedimento operacional de utilização do sistema.

É importante lembrar que este documento orientará toda a implementação, pois reflete as necessidades dos usuários. Assim, mais uma vez, o usuários deverão influir bastante na aprovação deste documento principalmente na macro-descrição do sistema, descrição das funções, análises do comportamento em situações críticas e nos exemplo de utilização.

A última etapa para a geração da especificação funcional é a etapa 5 que deverá definir um projeto-piloto, primeiro módulo a ser implementado no computador. Este piloto deve ser concebido como um sub-sistema do sistema total descrito na Especificação Funcional, e deve ser escolhido pelos próprios usuários, segundo alguns critérios como necessidades urgentes, prioridades ou outros, que sirvam para avaliações mais seguras das funções previstas para o sistema.

2.6. Implementação do Sistema

O projeto-piloto é o primeiro módulo computacional que o usuário terá acesso para verificar na prática como se comportará o sistema definitivo através da análise e verificação desta implementação. Ele permite, ainda, que as funções sejam revisadas e eventuais ajustes efetuados até na própria especificação.

Uma vez aprovado o projeto-piloto e revisada a Especificação Funcional Detalhada, a próxima é a etapa 6 (ver Fig.2.3.1) realizada principalmente pelos analistas e programadores. Nesta etapa, todas as necessidades dos usuários estão adequadamente incorporadas na Especificação Funcional e no projeto-piloto implementado.

Com base no projeto-piloto e na Especificação Funcional efetua-se a implementação final do sistema. Uma estratégia bastante utilizada é de incorporar as funções restantes aproveitando a estrutura do próprio sistema-piloto. Para isso, deve-se planejar a estrutura de implementação do projeto definitivo ainda na elaboração do projeto-piloto, onde, a arquitetura interna projetada deve prever a implementação do sistema completo. Ver o exemplo apresentado no Caps. 4 e 5.

Cada programa interativo de um sistema de CAD/CAM a ser implementado pode ser estruturado a nível de módulos funcionais de programas como mostrado na Fig. 2.6.1.

Assim, estes módulos (Fig.2.6.1) devem ser previstos e planejados para as seguintes finalidades:

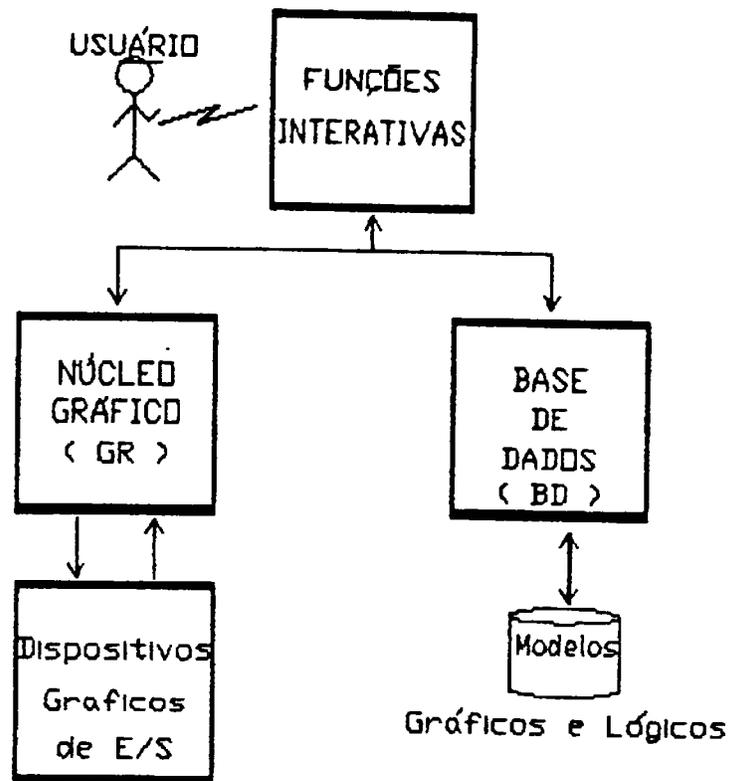


Fig. 2.6.1. Estrutura de um Programa Gráfico Interativo

. ED: Estrutura de Dados - É responsável por armazenar e manipular os modelos e as informações no computador que servirão para os cálculos e processamento das tarefas de automação para as quais se propõe. Este é o módulo que a equipe de projeto deve planejar uma estrutura de dados que atenda o sistema completo, mesmo que apenas uma parte da sua composição seja utilizada na implementação do projeto-piloto. Ver nos exemplos dos Caps. 4 e 5;

. GR: Núcleo Gráfico - É o módulo do software que implementa a interação gráfica do sistema. As principais funções devem ser planejadas independentemente dos pacotes de software que serão utilizadas. Elas

devem atender, antes de tudo, as funções FI's descritas a seguir, pois desta maneira subsidiarão satisfatoriamente a implementação da interação prevista. Em seguida, estas funções serão implementadas de acordo com a disponibilidade do pacote gráfico. Este item é fundamental para a portabilidade do sistema (Ver [1]);

. FI: Funções Interativas - Estas funções são as acionadas pelos usuários. Elas devem ser implementadas utilizando as funções do GR e ED. O protótipo será um sub-conjunto de FI's que definem as funções do sistema. Aqui, fica claro que, quanto mais definitivos forem as funções da GR e ED, a complementação do sistema será apenas a implementação de mais FI's, que o embasamento está devidamente estruturado pelos dois outros módulos. É exatamente o caso, fazendo uma analogia, de se construir uma estrutura e uma laje (GR e ED) fortes o suficiente para suportarem os acréscimos de novos andares (FI).

Vale lembrar que implementar completamente o sistema, significa implementar tantas funções FIs quantos forem os comandos definidos na especificação.

2.7. Validação e Ajustes

Uma vez implementadas todas as funções do sistema, a próxima atividade é a da validação e ajustes das funções. Estas atividades devem ser realizadas pela equipe de usuários especialmente selecionada para efetuar os primeiros testes sobre o sistema. É a que denominamos de beta-teste (O teste de avaliação pela equipe de projeto é a alfa-teste). Este teste deve ter como meta simular a operação real dos sistemas em casos reais ocorridos e também operações em paralelo, nos mesmos moldes como o descrito no Cap. 3 da implantação.

É uma das últimas oportunidades dos usuários indicarem os pontos positivos e os pontos de ajustes das funções e submeterem à equipe de projeto para as últimas alterações. Deve ficar claro que as alterações não devem ultrapassar o que está descrito na Especificação Funcional. Todas as propostas que excederem devem ser anotadas para evolução futuras.

Neste ponto do projeto, alterar o funcionamento além do que está especificado é como se fosse um projeto-piloto de uma nova versão de software e poderá atrapalhar todo o processo de implantação, uma vez que todos os comandos e os detalhes funcionais foram amplamente debatidos nas etapas de especificação. Deve haver uma forte conscientização por parte dos usuários e

dos implementadores quanto a este ponto, sob o risco de o sistema entrar num ciclo sem fim de correções e remendos, sem entrar efetivamente em operação. Assim, deve ser ressaltado na etapa de especificação, que os usuários devem se empenhar o máximo para obter um detalhamento realmente adequado às suas necessidades antes que a equipe de desenvolvimento insira no computador. Sempre vale aquela: "é mais fácil corrigir no papel do que alterar partes implementadas de um sistema de automação".

Conceitos e Termos Importantes do Capítulo

- alfa-teste - Teste de validação de um sistema computacional realizado pela equipe de desenvolvimento.
- ajustes - Correção de sistemas computacionais para se adequar à especificação.
- beta-teste - Teste de validação de um sistema computacional por uma equipe de usuários especialmente selecionada.
- "computês" - Linguagem muito técnica, específica, inacessível a usuários tradicionais, ou leigos em computação.
- desenvolvimento - Conjunto de procedimentos para definir, projetar e implementar um sistema computacional (Neste texto).
- equipe de desenvolvimento - Equipe mista formada por engenheiros de computação e usuários, conhecedores do processo a ser automatizado, que encaminhará a implementação de um sistema computacional.
- especificação funcional - Define as características técnicas de um sistema computacional bem como os seus requisitos de *hardware* e *software*, os comando e as funções.
- implantação - Colocar um sistema computacional em operação pelos usuários.
- implementação - Incorporação de um sistema projetado em computador, via programação.
- interface gráfica - Interface de acionamentos de comandos de um sistema através de imagens.

- **modelo** - É uma representação, em computador, de um elemento real para uma determinada finalidade. Por exemplo, o modelo de um circuito elétrico para manobras é capaz de simular o comportamento real do circuito, do ponto de vista de distribuição de energia.
- **procedimentos operacionais** - Definições, a nível de burocracias, hierarquias, níveis de acesso e outros detalhes operacionais de um sistema implantado.
- **projeto-piloto** - Entende-se como sendo a primeira a implementação em computador de uma primeira versão do sistema, com um conjunto básico de comandos da Especificação Funcional Detalhado.
- **sistema computacional** - Sistema de computação constituído de equipamentos e programas.
- **Validação** - Verificação do funcionamento de um sistema computacional de acordo com as definições pré-estabelecidas na sua especificação funcional.

CAPÍTULO 3

UMA METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO

OBJETIVOS DO CAPÍTULO

- *Apresentar uma metodologia de implantação de um sistema de CAE/CAD/CAM desenvolvido sob medida; e*
- *Aspectos sobre a elaboração e condução de treinamentos orientado para os usuários.*

CONTEÚDO

- Os Usuários x Nova Tecnologia
 - A Metodologia de Implantação
 - Operação em Paralelo ao Processo Tradicional
 - Avaliação dos Primeiros Resultados
 - Ajustes Sobre o Sistema
 - Operação Assistida
 - Suporte e Manutenção
 - Operação Efetiva
-

3.1. Os Usuários x Nova Tecnologia

A fase mais difícil e traumática de um processo de automação gráfica é a implantação de um sistema, pois, aparecem barreiras decorrentes da natural inércia dos usuários, mitos e preconceitos, das quais podemos enumerar algumas:

- . "O computador vai roubar o meu lugar, o meu emprego";
- . "O computador é muito sofisticado e difícil utilizá-lo";
- . "Torço para que nada dê certo, até farei "corpo-mole";
- . "A minha parte, em que opero no sistema, é mais difícil do que o processo manual que fazia antes!";
- . "Como posso confiar nos resultados obtidos por ele?!".

Para ultrapassar essas barreiras, deve-se criar uma equipe mista, denominada equipe de implantação, composta de usuários e implementadores que tenham participado do desenvolvimento.

A equipe de implantação, ciente das preocupações dos usuários, deve preparar uma conscientização coletiva sobre a importância da automação gráfica, ressaltando algumas colocações como:

- . O computador não vai roubar o lugar das pessoas. Ao contrário, a experiência dos usuários será muito importante, eles fazem parte do processo de automação e serão alocados para operarem o sistema de acordo com suas experiências no processo;
- . O sistema foi desenvolvido sob medida, portanto, uma preocupação, durante a implementação, foi a de que ele se adaptasse da melhor forma possível ao processo produtivo. Assim, além de treinamento adequado, o sistema deverá se apresentar com familiaridade aos usuários;
- . O sistema será importante para melhorar a qualidade dos produtos e a competitividade no mercado. Com isso a empresa cresce, cria novos empregos. Investimentos foram realizados, e é um processo irreversível. Por isso, foram feitas tantas interações durante a implementação. Desta maneira, o usuário deve aproveitar o máximo possível do contato com a nova tecnologia, já que os implantadores não medirão esforços para incorporar eficientemente o sistema no processo produtivo;

. Durante o treinamento, o usuário deve ter uma noção geral do sistema e dos módulos que o compõem. A automação, na maioria das vezes, implica em "diminuir" serviços mas, geralmente, aumenta as responsabilidades, pois o usuário vai responder por tarefas, que em grande parte, serão realizadas pelo sistema e não por ele próprio como no processo tradicional;

. O usuário deve estar consciente de que faz parte do sistema, pois a confiabilidade e a qualidade dos resultados dependem dele, via sistema desenvolvido sob medida, e nada será imposto. Os fabricantes pedem e esperam sugestões e observações para "afinar" os ajustes. O usuário tem condições de avaliar e ajudar a buscar a qualidade dos resultados em conjunto com a equipe de desenvolvimento. (Aqui, fica claro a importância dos usuários mais experientes na montagem da equipe de projeto.).

O capítulo descreve a estratégia de implantação, adotada neste trabalho, considerando pontos como os enumerados neste item.

3.2. A Metodologia de Implantação

A fase inicial de implantação é a saída do sistema da "incubadeira" da equipe de desenvolvimento. Ele será colocado em contato com os primeiros usuários dentro do processo real de produção, sendo que a incorporação deverá ser gradual e realizada com muito cuidado, uma vez que o período que vai indicar a sobrevivência ou a "nati-mortalidade" do sistema.

A implantação de um sistema automatizado pode ser realizada de duas maneiras: uma, orientada para os usuários, mais custosa em termos de investimentos e tempo; outra, considerando apenas as necessidades do sistema, menos custosa na implantação, porém com altos investimentos de manutenção, mesmo que ultrapasse o risco de rejeição pelos usuários. Veja o gráfico da Fig.3.2.1 que compara qualitativamente os dois casos citados.

Observe a Fig.3.2.1 e compare com o gráfico da Fig.2.2.1. No caso da implantação, se o treinamento não for orientado para os usuários, pode ocorrer um perfil de gasto muito semelhante ao dos sistemas genéricos (Fig.2.2.1), quando os usuários não assimilam completamente os recursos e as potencialidades do sistema e, então, de nada adiantaram o esforço de envolvimento de usuários na fase de desenvolvimento: para os usuários, tudo se passará como se um sistema genérico tivesse sido adquirido e imposto para entrar no dia-à-dia da produção, podendo levá-lo à rejeição.

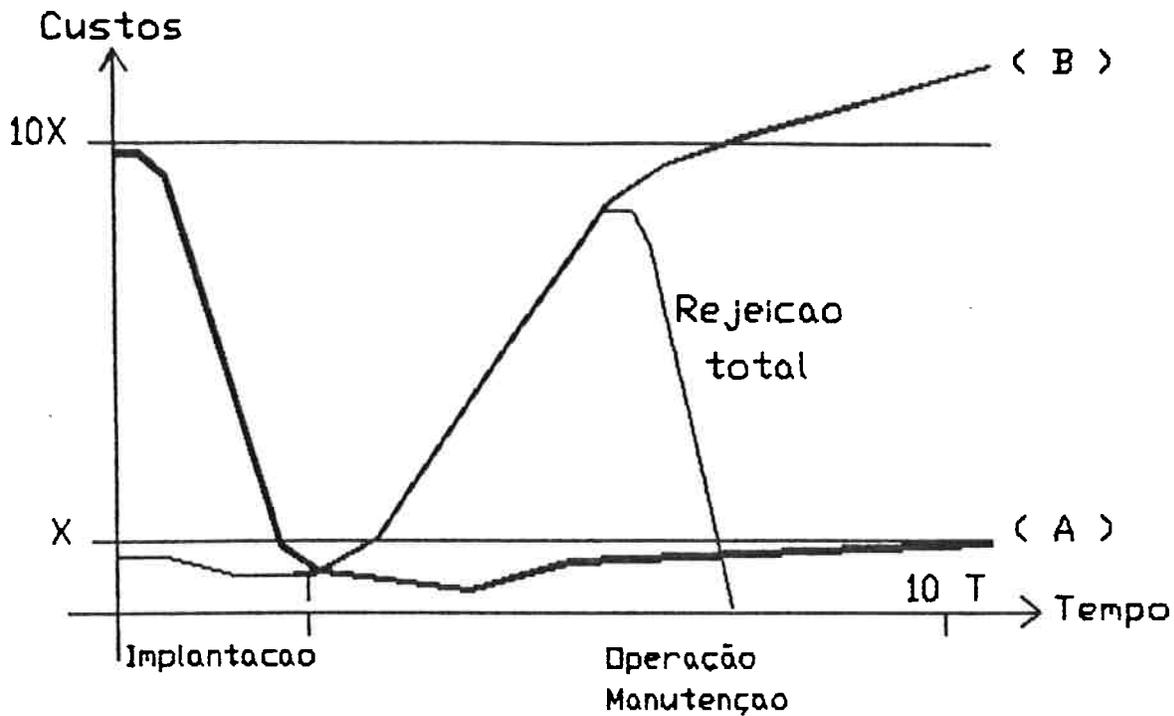


Fig.3.2.1. Perfil de Investimentos para implantação:

(A) Implantação orientada para usuários;

(B) Implantação de acordo com as necessidades do sistema de automação.

Assim como na implementação, todo o cuidado deve ser observado na implantação com relação ao usuário. Como o sistema foi concebido de acordo com as necessidades, isto fica facilitado (ver o perfil (A) da Fig. 3.2.1). O outro caso é o do perfil (B) (Fig.3.2.1), onde pouco se gasta na implantação e todos os tipos de problemas surgirão na etapa de utilização efetiva, refletindo em custos de manutenção, devido às deficiências de conhecimento e preparo na fase de implantação. É difícil quantificar com números, mas é fácil intuir: Suponha que um erro de operação do sistema aconteça na linha de produção de tecidos e acabe provocando perdas de lote, ou mesmo de toda a produção.

Todo o prejuízo pode ser atribuído como sendo custos produzidos pela operação do sistema. Erros deste tipo devem ser evitados com uma implantação planejada com máximo de assimilação por parte dos usuários.

Portanto, não se deve poupar o investimento inicial na implantação, principalmente em treinamento, e ela deve ser orientada para os usuários. A metodologia de implantação é esquematizada na Fig.3.2.2. Cada uma destas etapas são descritas nos itens que se seguem do capítulo.

3.3. Operação em Paralelo ao Processo Tradicional

A etapa 7 (Fig.3.2.2) é fundamental para todo o processo de implantação. Nela, cria-se a equipe, denominada equipe de implantação, que será a responsável por criar as condições para a implantação do sistema. Deve ser formada por elementos que apresentem os seguintes perfis: um é o do analista da equipe de desenvolvimento que deve conhecer muito bem as funções de usuário e deve ter pelo menos algumas noções sobre a estrutura interna de implementação - conseguirá argumentar e explicar as características e as limitações do sistema; o outro, deve ser um dos usuários, profundo conhecedor do processo produtivo e das funções do sistema, uma vez que participou da equipe de projeto - poderá argumentar como o sistema está se inserindo dentro do ciclo de produção; e um outro, deve ser o usuário que não participou do desenvolvimento, porém bastante aberto às inovações.

A atividade da etapa 8 (Fig. 3.2.2) é denominada de operação paralelo ao processo tradicional. A atividade inicial é a elaboração de um treinamento (onde avaliações e ajustes serão realizados com os usuários selecionados) pela equipe de implantação, com base nos beta-testes realizados sobre o sistema. A parte teórica deve abranger os seguintes tópicos:

- . Conceituação do sistema e sua macro-descrição, posicionando-o dentro do ciclo de produção da empresa;
- . Conceituação dos modelos incorporados no computador;
- . Conceituação dos comandos do sistema, relacionando-os com os procedimentos tradicionais.

A parte prática deve compreender:

- . Contacto com os elementos físicos que compõem o sistema, ou seja, os equipamentos utilizados;

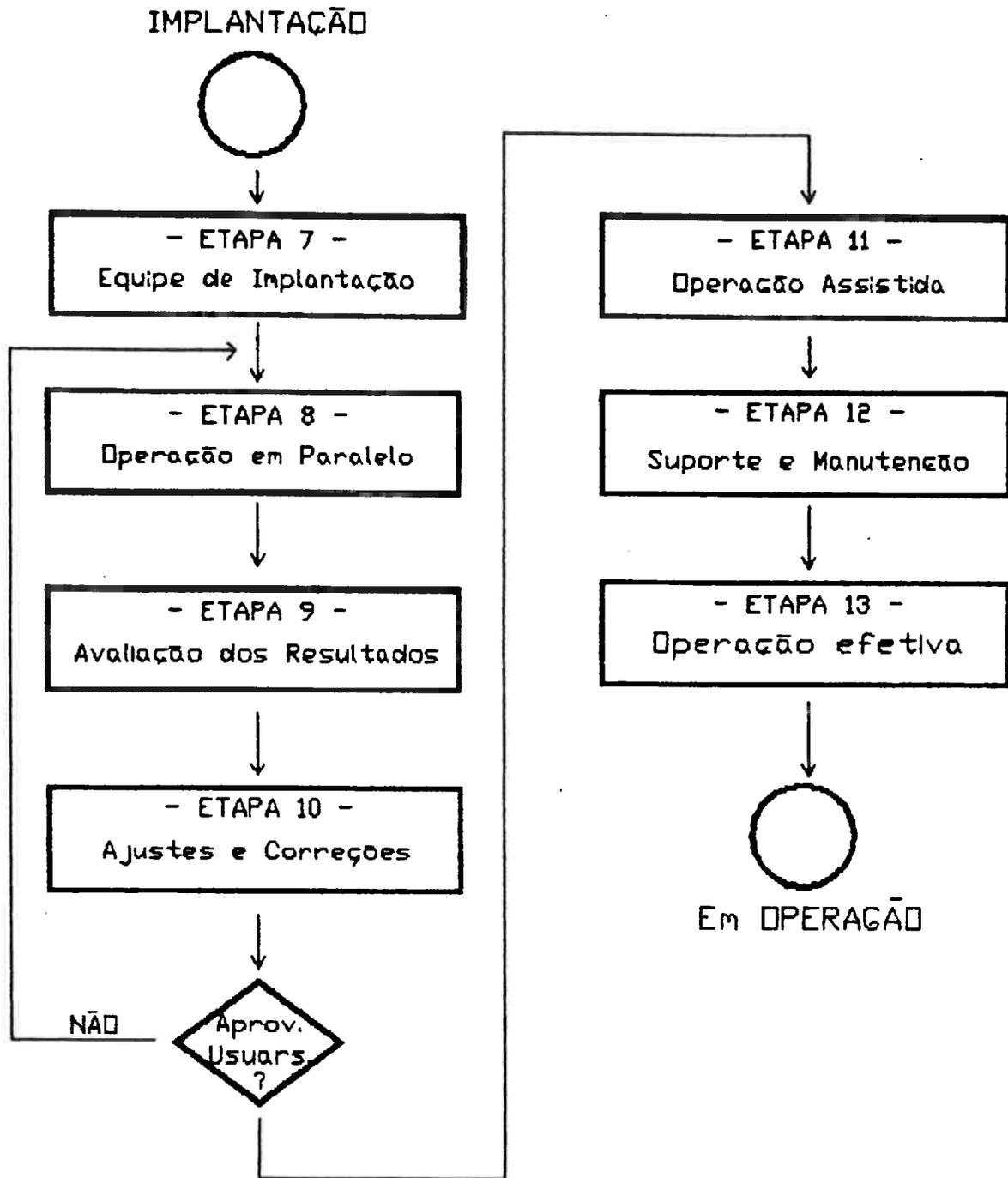


Fig.3.2.2. Etapas de Implantação de um sistema de CAE/CAD/CAM sob medida.

. Demonstrações e utilização prática (de acordo com os objetivos detalhados nas próximas etapas da implantação).

A parte prática deve ser realizada sobre tarefas em duplicidade (o que encarece a implantação orientada para usuários). Realiza-se tarefas através do sistema e através do processo manual ou tradicional. Os usuários utilizam o sistema, e analisam todos os detalhes operacionais críticos e supérfluos. Ao final desta etapa (etapa 8), temos dois resultados: um é a estrutura de um curso de treinamento para o sistema; outro, um conjunto de subsídios, que permitirá uma avaliação plena e eventuais ajustes antes da sua liberação total para os usuários.

3.4. Avaliação dos Primeiros Resultados

Nesta etapa (etapa 9) da implantação avalia-se os resultados obtidos, as anotações realizadas na etapa 8, e submete-se à análise pela equipe de desenvolvimento quando necessário. É uma das últimas etapas em que o sistema pode ser levemente alterado ou ajustado (somente em casos de ajustes finos dos comandos), considerando que, neste ponto, o sistema já passou pelo beta-teste realizado por usuários experientes.

3.5. Ajustes Sobre o Sistema

A equipe de desenvolvimento avalia e corrige as alterações cabíveis (pela especificação) dentro do que foi estipulado pela equipe de implantação, na etapa 10. Novamente, o sistema é submetido aos usuários até a definitiva aprovação dos mesmos.

A meta é aquela em que os ajustes recaem apenas sobre o treinamento teórico e prático, isto é, não mais envolve a equipe de desenvolvimento, indicando que o beta-teste foi bem realizado. Ou seja, nesta etapa, o sistema se apresenta capaz de realizar todas as tarefas, desde que o usuário assimile bem a sua funcionalidade.

As etapas 8, 9 e 10 devem ser realizadas até se atingir um nível de adequação aceitável, isto é, os usuários em treinamento realizam as operações em paralelo dentro dos limites operacionais definidos na Especificação

Funcional. A partir de então, estão aptos (o sistema e os usuários) para realizar operações assistidas.

3.6. Operação Assistida

O último grande passo da implantação é a Operação Assistida, etapa 11 (Implantação), onde o sistema entra parcialmente em operação, substituindo o processo manual, e ainda com a equipe de implantação. Deverá fornecer subsídios para a elaboração de procedimentos operacionais definitivos de funcionamento, suporte e de manutenção.

A operação assistida ocorre da seguinte forma: Uma parte da produção ainda continua no processo tradicional. Outra parte opera via sistema, num nível mínimo que permita avaliar o comportamento do sistema como um todo em casos reais do dia-à-dia. O sistema, operado por usuários devidamente aprovados nos treinamentos, é acompanhado e assistido pela equipe de implantação. A etapa tem como objetivos principais:

- . Confirmar a eficiência operacional do sistema de automação e até mesmo criar um "modismo" entre os usuários, de forma que a maioria deseje utilizar o sistema;
- . Colher mais subsídios para refinar os procedimentos operacionais do sistema e definir sistemáticas de suporte e manutenção para a sua operação definitiva.

3.7. Suporte e Manutenção

A equipe de implantação será a responsável por definir três procedimentos na etapa 12: Um é o procedimento operacional, onde todas as burocracias do sistema para um bom funcionamento deve ser estabelecido, incluindo procedimentos preventivos de acidentes e outros ligados a confiabilidade e segurança de operação; outro é o procedimento de suporte aos usuários, mostrando-se como devem proceder em casos de eventuais falhas em qualquer um dos pontos do sistema; e um terceiro é o procedimento que descreve as sistemáticas de acionamento, suporte e manutenção. Nesta etapa, deve-se formar a equipe de suporte e manutenção com elementos de perfis idênticos ao da equipe de implantação.

Definida a equipe de suporte e manutenção, ela coordenará a incorporação gradual do sistema no processo produtivo e será responsável pelo treinamento de todos os usuários.

3.8. Operação Efetiva

A etapa 13 corresponde ao início do ciclo de vida do sistema de CAE/CAD/CAM, e devendo ser conduzida pela equipe de suporte e manutenção, junto a todos os demais usuários, e devendo ter os seguintes pré-requisitos:

- . Treinamento na utilização do sistema, incluindo a parte teórica e prática aperfeiçoada da etapa 7;
- . Procedimentos de suporte e manutenção aperfeiçoados nas etapas 11 e 12;

Conceitos e Termos Importante do Capítulo

- equipe de implantação - Responsável por treinamentos, definir procedimentos operacionais de um sistema de automação e conduzir a operação em paralelo do sistema.
- equipe de suporte e manutenção - Responsável pelo suporte e manutenção de um sistema automatizado.
- operação assistida - Operação do sistema de automação, assistida por técnicos da equipe de suporte e manutenção.
- operação efetiva - O sistema de automação incorporado e em funcionamento dentro de um ciclo produtivo.
- operação em paralelo - Operação simultânea do sistema de automação e do processo manual - cada tarefa é realizada pelos dois processos.
- procedimentos operacionais - Ver item correspondente do Cap.2.

EXEMPLO: SISTEMA DE AUXÍLIO À OPERAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

OBJETIVOS DO CAPÍTULO

- *Apresentar o desenvolvimento e o planejamento da implantação de um sistema-exemplo, de acordo com a metodologia descrita nos Caps. 2 e 3;*
- *O processo tradicional identificado pela equipe de desenvolvimento;*
- *O sistema de automação proposto; e*
- *Alguns detalhes da arquitetura interna do sistema de CAE/CAD/CAM implementado.*

CONTEÚDO

- Considerações Gerais
 - Análise do Problema
 - Especificação Funcional
 - Implementação
 - Validação e Ajustes
 - Implantação
-

4.1. Considerações Gerais

O grupo de Computação Gráfica e CAD/CAM - segmento do laboratório de Sistemas Digitais (LSD) do Departamento de Computação e Sistemas Digitais (PCS) da Escola Politécnica da USP (EPUSP) - desenvolveu e implementou, em convênio com a Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE) vários sistemas de CAE/CAD/CAM sob medida para empresas importantes como:

- . Alcan - Alumínios Canadá S/A;
- . Vale do Rio Doce (sua subsidiária DOCEGEO);
- . Embratel - Empresa Brasileira de Telecomunicações S/A;
- . Eletropaulo - Eletricidade de São Paulo S/A;
- . Cesp - Centrais Elétricas de São Paulo S/A;
- . Itautec Informática S/A.

Ilustrando a metodologia de desenvolvimento de um sistema de CAE/CAD/CAM sob medida, apresenta-se a seguir, o sistema de auxílio à operação da distribuição de energia elétrica, desde a sua concepção inicial, até a definição de sua estratégia de implantação (conforme etapas citadas nos Caps. 2 e 3).

Este sistema utilizou tecnologia e metodologia próprias da EPUSP/FDTE e foi desenvolvido, através de convênios, com empresas de energia do Estado de São Paulo.

4.2. Análise do Problema

A primeira atividade foi a interação intensa com o ambiente de operação da distribuição de energia (de acordo com a etapa 1 descrita no Cap.2), tendo como ponto de partida a análise e verificação de procedimentos e fluxos de informações de centros de operações, denominado Centro de Operações da Distribuição - COD. Os estudos foram realizados nos COD's da ELETROPAULO em São Paulo e Baixada Santista, e da CESP no Guarujá.

4.2.1. Ambiente de operações de um COD

Um modelo do ambiente de operações, esquematizado na Fig.4.1.1, apresenta, do ponto de vista global, dois módulos: um é o responsável por receber e triar reclamações dos consumidores por telefone; o outro, é responsável por, constatado um problema na rede, localizar, planejar e orientar a execução de manobras na rede elétrica com o objetivo de corrigir o problema.

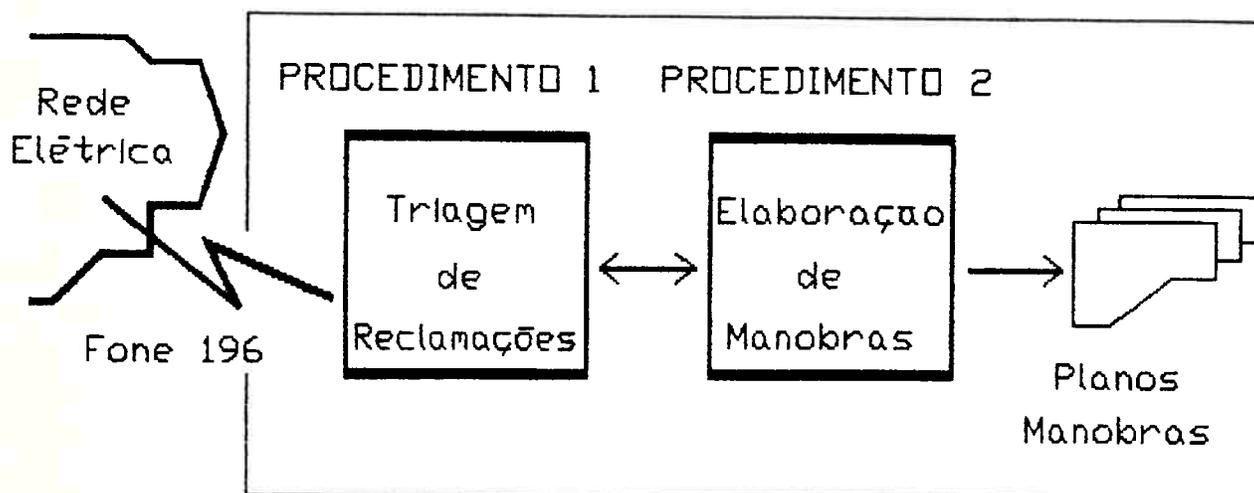


Fig.4.2.1. Ambiente operacional de um COD

4.2.2. Fluxos de informações

O desenvolvimento do sistema gráfico sob medida foi para automatizar o procedimento 2 (Fig.4.2.1) de elaboração de planos de manobras da rede elétrica. Este procedimento ilustrado com mais detalhes na Fig. 4.2.2, onde a figura central é o despachante.

Elaborar planos de manobras na rede elétrica para solucionar problemas de energia. Este é o objetivo fundamental do procedimento 2 (Figs. 4.2.1 e 4.2.2) onde o elemento central é denominado Despachante de Manobras. Ele e os demais componentes de informações são descritos a seguir:

1. Despachante: É o cérebro de todas as operações de manobras. Sua função é, com base nas ocorrências e reclamações recebidas do Procedimento 1 (Triagem de Reclamações, Fig.4.1.1), priorizar os

problemas em função das gravidades e das conseqüências. Para cada problema, planejar e elaborar seqüências de operações sobre os equipamentos de seccionamento elétricos (chaves), denominadas manobras. E, com a ajuda de um rádio, coordenar e orientar a execução nas instalações físicas pelas turmas de emergências, que estão percorrendo as ruas. Para decidir e elaborar um plano de manobras, ele necessita de um conjunto de informações como o painel mínimo, plantas unifilares, listagens de equipamentos e consumidores descritas a seguir;

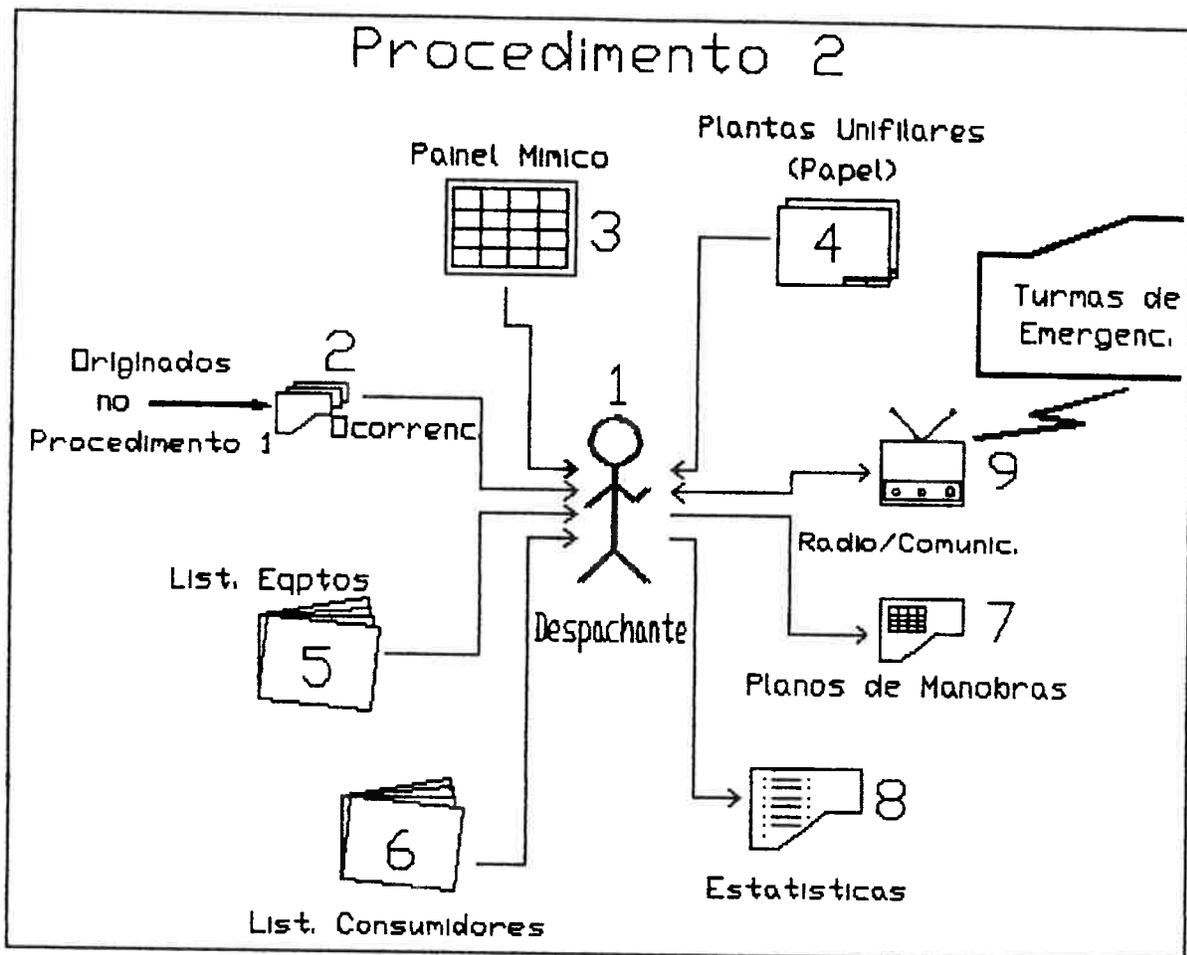


Fig.4.2.2. Elementos envolvidos na localização e correção de defeitos da rede elétrica (procedimento 2).

O objetivo principal do despachante é manter os consumidores o máximo de tempo possível energizados, com um mínimo de interrupções energéticas. Assim, os planos de manobras devem ser os que envolvam o menor número de consumidores, sempre observando aqueles prioritários;

2. **Ocorrências:** Estas informações, originadas pelo Procedimento 1, descrevem os problemas relatados pelos consumidores, ou detectados por outros meios como os de comunicação ou órgão de serviços públicos. Normalmente, as ocorrências vêm relatadas pelos sintomas, como por exemplo, "acaba a luz" ou "caiu a tensão" etc. É função do despachante localizar as causas destes sintomas e definir as alternativas viáveis para solucionar os problemas;

3. **Painel Mínimo:** É uma ferramenta antiga, porém bastante utilizada pelos despachantes. É uma representação gráfica gigante, normalmente colocadas em paredes de fácil acesso visual pelos despachantes com informações de cartografias (arruamentos, nome de edificações públicas, praças etc) e com os traçados geográficos dos circuitos instalados naquelas regiões. É útil para planejar e coordenar execuções físicas das manobras. Serve para orientar as localizações físicas como, por exemplo, o melhor trajeto das turmas de emergências para chegarem até os locais determinados pelas manobras. Por serem abrangentes, as informações contidas nestes painéis não são completas, pois foram projetados com melhor compromisso de clareza visual da cartografia e dos circuitos, resultado na supressão de alguns equipamentos dos circuitos. Ainda é utilizado em cidades pequenas e de médio porte. Não se presta mais em grandes centros como São Paulo e Baixada Santista, que exigiriam painéis de tamanhos imensos, fisicamente inviáveis;

4. **Plantas Unifilares:** Compõem a informação mais utilizada pelos despachantes. São mapas de circuitos elétricos, contendo um circuito de cada, formadas de arruamentos e circuitos. Chaves de seccionamentos, banco de capacitores, transformadores e outros equipamentos relevantes às manobras são anotadas nos circuitos. Os consumidores prioritários também são apresentados nos gráficos.

Cada circuito elétrico é projetado de maneira a apresentar alternativas de interligação com outros circuitos através do equipamento denominado chaves de interligação ou "vis-à-vis". Estas chaves oferecem ao despachante a flexibilidade necessária para desviar cargas energéticas entre um circuito alimentador e outro de forma a minimizar a falta de energia. (Ver mais detalhes no Cap. 5).

Esta representação é mais completa que os painéis mínimos. Os equipamentos e consumidores são todos descritos com mais detalhes e de fácil acesso. O despachante manipula intensamente estes documentos para analisar as alternativas de solução dos problemas. Durante a análise do problema, verificou-se que é um candidato para ser automatizado, pela sua importância nos procedimentos de elaboração de manobras;

5. **Listagem de Equipamentos:** É um relatório contendo a lista dos equipamentos elétricos instalados, com as respectivas características elétricas operacionais como tensão de operação e capacidades nominais. São listagens extensas relacionando todos os equipamentos que constituem os circuitos;

6. **Listagem dos Consumidores:** Relação de consumidores prioritários de todos circuitos que compõem a rede, contendo informações como nome, endereço, telefone de contato e consumo médio. Estas informações são importantes, pois os despachantes analisam as suas características, consumo e prioridade, contactando-os sempre que estiverem envolvidos em algum plano de manobras;

7. **Plano de Manobras:** Sequências de operações sobre chaves (ou outro elemento de seccionamento físico dos circuitos para interrupção e ligação de energia), com o objetivo de solucionar problemas ocorridos na rede elétrica de distribuição. É um documento que registra um planejamento elaborado pelo despachante, e, com base nele, a execução física é conduzida pelas turmas de emergência que se encontram nas ruas;

8. **Estatísticas:** Históricos de ocorrências e de execução de manobras fornecem informações estatísticas relacionadas com a frequência de interrupção de energia e o número de consumidores envolvidos;

9. **Comunicação:** Instrumento de rádio-comunicação disponível aos despachantes para interagirem com as turmas responsáveis pela execução física das manobras. Por ele, o despachante comanda e orienta uma operação de manobra e recebe a sua confirmação. Existe também o telefone para se comunicar com as sub-estações, locais de controle, pontos de origem de grupos de circuitos que compõem a rede elétrica denominados ETD (ver mais detalhes no Cap. 5).

4.2.3. Atividades do Procedimento 2

O procedimento de correção de panes e prevenção de problemas, realizado dentro do ambiente descrito em 4.2.1 e 4.2.2, é de inteira responsabilidade do despachante. Questões como segurança física das pessoas envolvidas, da população, dos próprios técnicos da turma de emergência e dos consumidores importantes envolvidos nas manobras ficam todas centralizadas na figura do despachante. Dada a grande carga de responsabilidade desta função, constatou-se que o treinamento de um elemento humano para tal fim, é custoso e demora em média 3 a 5 anos de aprendizado.

As principais atividades encaminhadas pelos despachantes no seu dia-à-dia relacionadas o Procedimento 2 (esquematizado na Fig.4.2.3) são:

0. Tipo de Manobra: As manobras podem ser classificadas em Manobras de Emergência - elaboradas, tão logo detecte-se um problema; e Manobras Programadas - elaboradas com antecedência na rede elétrica.

1. Localização de Defeitos: Esta atividade tem como meta localizar e determinar as causas do problema em estudo. Utiliza inspeção visual dos equipamentos que compõem o circuito e, às vezes, operações de manobras para detecção das causas. Por exemplo, um fio partido é detectável através de uma inspeção visual. Um equipamento em curto-circuito pode ser mais difícil. Uma seqüência interativa de abertura e fechamento de chaves de trechos suspeitos de circuitos ajudam a localizar estes tipos de defeitos

2. Isolamento do Defeito: Uma vez localizado o defeito, é necessário isolar energeticamente a região para que os técnicos possam sanar os problemas em segurança, como por exemplo, substituir um fio partido ou um equipamento problemático. Algumas operações não são precedidas de isolamentos: são as chamadas "operações em linha viva", que envolvem altos riscos operacionais, pois os técnicos manipulam equipamentos sem interromper a energia.

3. Desvio de Cargas Energéticas: As manobras provocam interrupção de energia para os consumidores. O despachante deve minimizar o tempo de interrupção e o número de consumidores. Para isto, ele deve utilizar as alternativas de manobras de chaves de interligação, sempre tomando o cuidado para não exceder as capacidades de carga de cada circuito. A habilidade e experiência do despachante são os fatores primordiais para as atividades de manobra bem sucedidas. É de sua responsabilidade, também evitar ou minimizar a interrupção de consumidores prioritários como hospitais, quartéis e escolas.

4. Operações de Correção dos Problemas: É a atividade de correção do defeito propriamente dito: substituição de fios, de equipamentos, colocação de postes, etc. Normalmente realizado pelas turmas de emergência no local afetado, previamente desenergizado por manobras, orientadas via rádio pelos despachantes.

5. Reestabelecimento da Configuração: Após a correção do defeito a rede deve recuperar a sua configuração normal. Para isto, o despachante elabora uma seqüência de manobras, normalmente na ordem inversa a que foi encaminhada até esta etapa, para recuperar as cargas desviadas para outros circuitos e energizar novamente o circuito.

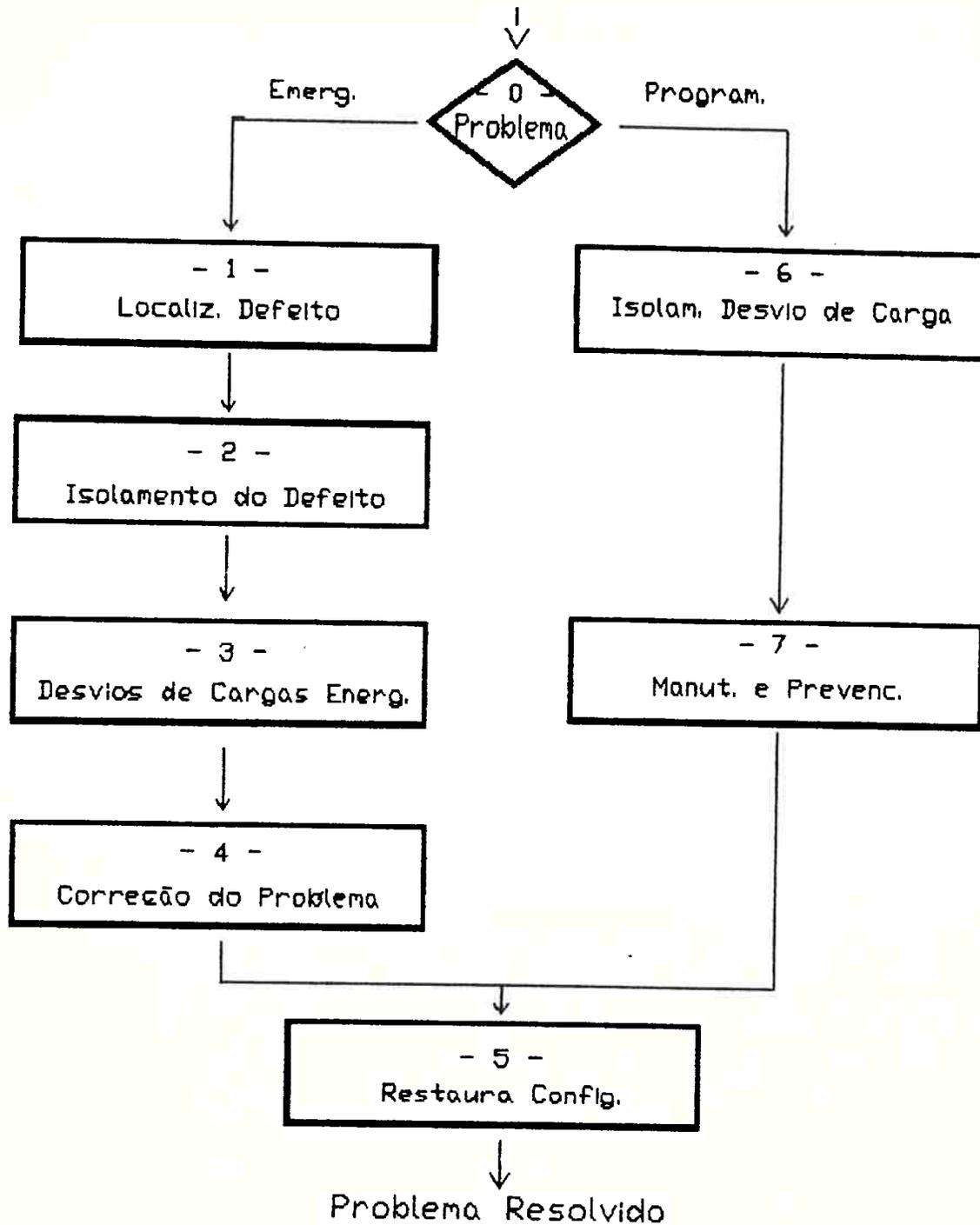


Fig.4.2.3. Esquema Geral das atividades do despachante - Procedimento 2

6. Isolamento e Desvio: Ao contrário de manobras de emergência que corrigem problemas detectados, as manobras programadas são elaboradas a partir de solicitações prévias para operações como manutenção preventiva, corretiva, ou substituição de equipamentos, ou mesmo para algum evento especial como shows e jogos ou alguma solenidade oficial. Estas manobras são elaboradas com mais tempo e realizadas nas pranchetas dos técnicos especialmente alocados para tal atividade, e normalmente executadas em períodos de menor consumo. Por exemplo, em São Paulo, estas manobras são normalmente elaboradas durante a semana e executadas durante respectivo final de semana. Na Baixada Santista, estas operações são realizadas no meio da semana, onde a demanda é menor pois o local fica com menos população. Nas atividades de 6), o despachante redistribui as cargas de energia pelos circuitos vizinhos para minimizar os tempos de desenergização, e isola a região de trabalho, local da manobra.

7. Operação de Manutenção ou Prevenção: Uma vez isolada a área de trabalho, as turmas de emergência (também denominadas prontidões) realizam as manutenções preventivas citadas em 6). E o restabelecimento destas manobras é o próximo passo (ver atividade 5).

4.3. Especificação Funcional

Após a análise do problema, a próxima atividade de projeto foi a elaboração de uma especificação funcional do sistema a ser desenvolvido. Esta especificação adotou como modelo do ambiente a ser automatizado o que está esquematizado na Fig.4.2.2, e as funções foram projetadas para auxiliar os procedimentos descritos no diagrama de blocos da Fig.4.2.3 (ou seja, o conjunto de operações do Procedimento 2 esquematizado na Fig.4.1.1).

A seguir, apresenta-se os principais tópicos da especificação divididos em três itens: ambiente automatizado, equipamentos computacionais e funções do sistema.

No ambiente automatizado, os principais componentes são as entradas de ocorrências de panes, rádio e telefone para comunicação com as Turmas de Emergência, e o sistema gráfico de automação, a sua principal ferramenta de estudo de problemas.

Este sistema gráfico (Fig.4.3.1) é constituído de cinco módulos: um de interação gráfica por onde o despachante acessa os recursos do sistema; outro para modelamento gráfico e elétrico dos circuitos que compõem

a rede elétrica; um outro para a representação cartográfica onde estão implantados os circuitos; mais um para estudos e elaboração de planos de manobras e simulações; e o último para geração de dados estatísticos.

4.3.1. Ambiente automatizado

O sistema de automação foi projetado para ser incorporado no ambiente de operação e auxiliar o despachante. Veja a Fig.4.3.1 e compare com o ambiente esquematizado na Fig.4.2.2.

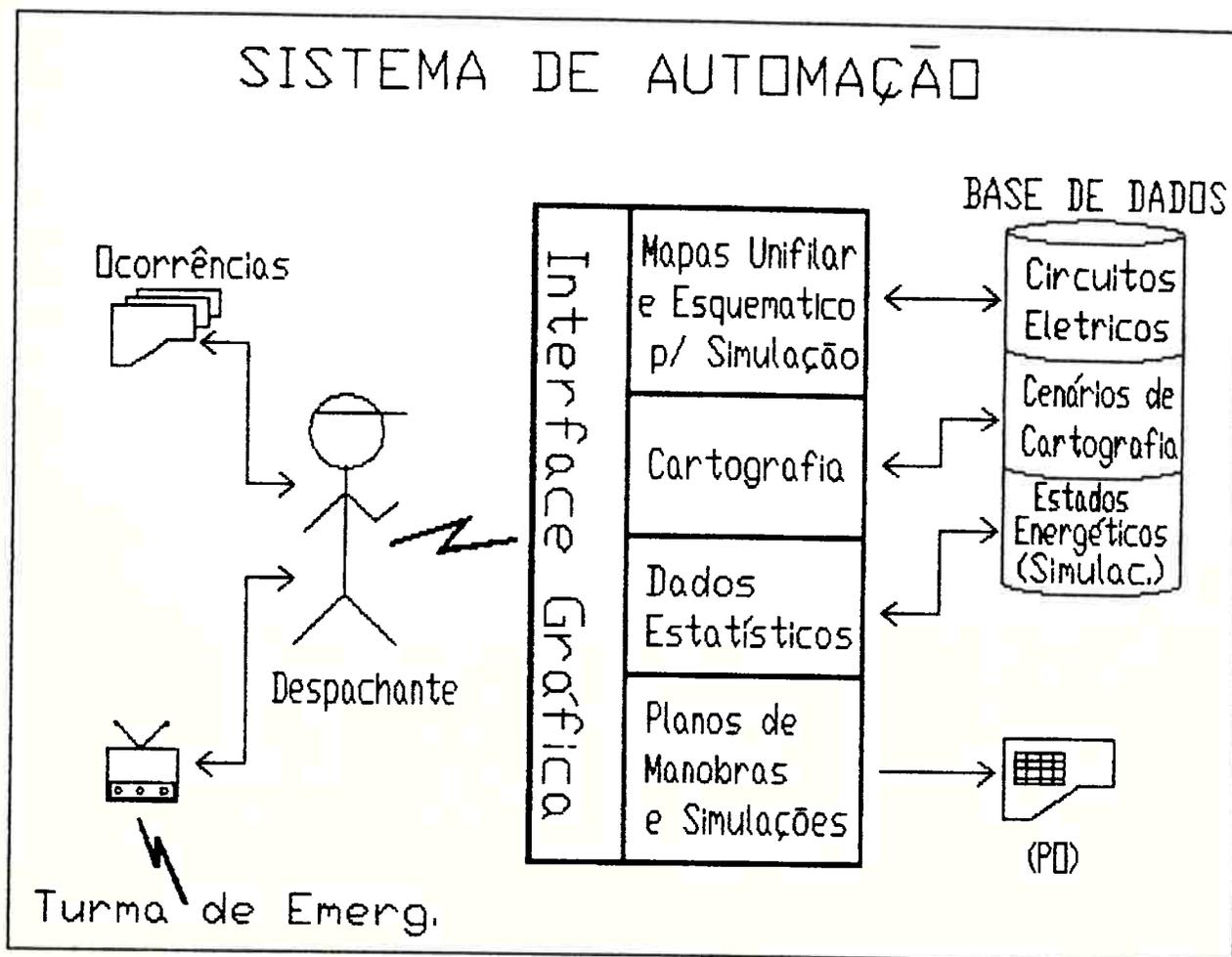


Fig.4.3.1. O Ambiente automatizado (Compare com Fig.4.2.2).

O ambiente automatizado de um COD é constituído dos despachantes, responsáveis pelas operações de manobras, das ocorrências de

falhas anotadas, do sistema computacional de automação gráfica e dos elementos de comunicação, rádio e telefone, para comunicação com as turmas de emergências e sub-estações elétrica.

O sistema gráfico compõe a principal ferramenta de análise, estudo de problemas e elaboração de planos de manobras, apresentando os seguintes recursos:

. **INTERAÇÃO GRÁFICA:** Interface de interação gráfica através da qual o despachante acessa os recursos do sistema. É implementado através de imagens coloridas de mapas, de circuitos e de equipamentos manipulados no vídeo gráfico através dispositivos específicos de interação como *mouse* e mesa digitalizadora;

. **MAPA UNIFILARES e ESQUEMÁTICOS:** Estes recursos permitem modelar no computador os circuitos elétricos através das suas representações gráfica e elétrica. Com eles, o despachante analisa e simula operações sobre a rede e verifica as conseqüências energéticas, manipulando graficamente os modelos dos equipamentos de manobras dos circuitos;

. **CARTOGRAFIA:** Permite incorporar a cartografia junto às representações dos circuitos. Esta cartografia é bastante útil para a localização geográfica na execução das tarefas de manobras: o despachante orienta, com base nos mapas, as turmas de rua para o acesso e localização de equipamentos da rede, através do rádio de comunicação;

. **PLANOS DE MANOBRAS E SIMULAÇÕES:** Utiliza as informações da base de dados dos circuitos e da cartografia e permite que o despachante estude as alternativas de manobras mais viáveis para a solução de um determinado problema. A melhor alternativa escolhida pelo despachante é produzida pelo sistema na forma de um plano de manobras e pode ser emitido por impressão diretamente pelo sistema. Este plano contém, basicamente, as operações de manobras (abertura ou fechamento de chaves) e, através do mesmo o despachante comandará a execução (para as turmas de emergência) da seqüência de operações das chaves planejada;

. **DADOS ESTATÍSTICOS:** Todas as operações efetivamente realizadas no campo são registradas no sistema como históricos de operação, através das confirmações de execução das mesmas. Estas informações podem ser utilizadas para análises estatísticas, realizadas posteriormente para cálculo de tempos médios de desligamento, ou número de consumidores prioritários afetados.

Assim, no ambiente automatizado de operação, o sistema concentra todas informações e subsídios para a tomada de decisões sobre manobras, com o seguinte detalhe: todas as análises e escolhas são definidas pelo usuário - nesta versão, o sistema nunca sugere ou toma decisões, apenas fornece subsídios.

Antes da descrição dos recursos funcionais, é importante discutir sobre o elemento fundamental que fornece todos os subsídios para as tomadas de decisões pelos despachantes - a base de dados do sistema. Ela, que no processo manual era formada por inúmeros mapas unifilares em papel, tamanho A1, listagens intermináveis sobre equipamentos e consumidores difíceis de manipular, deve ser toda integrada e incorporada no computador contendo os circuitos e a cartografia.

A Fig.4.3.2 esquematiza a composição estimada de informações da base de dados do sistema a ser automatizado. Estas informações, adequadamente acessadas pelos programas gráficos, substituem os antigos painéis mímicos, os mapas e as listagens. Para ilustrar um conjunto de informações da base de dados, veja a Fig.4.3.3.

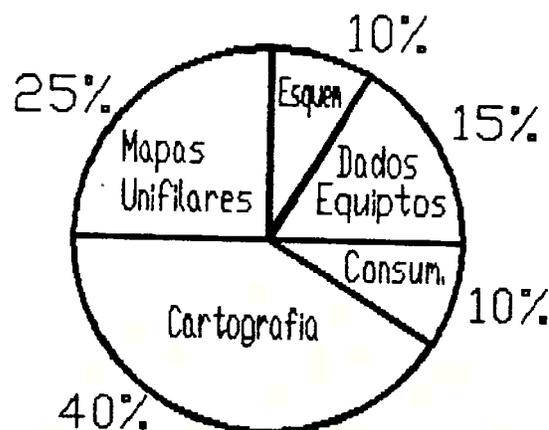


Fig.4.3.2. Composição da base de dados necessária às atividades de um COD.

A representação unifilar se caracteriza por apresentar graficamente o traçado físico do circuito, a localização dos equipamentos elétricos e dos consumidores. Ela é compatível com a geografia do local. Permite a avaliação elétrica e geográfica na análise de um problema.

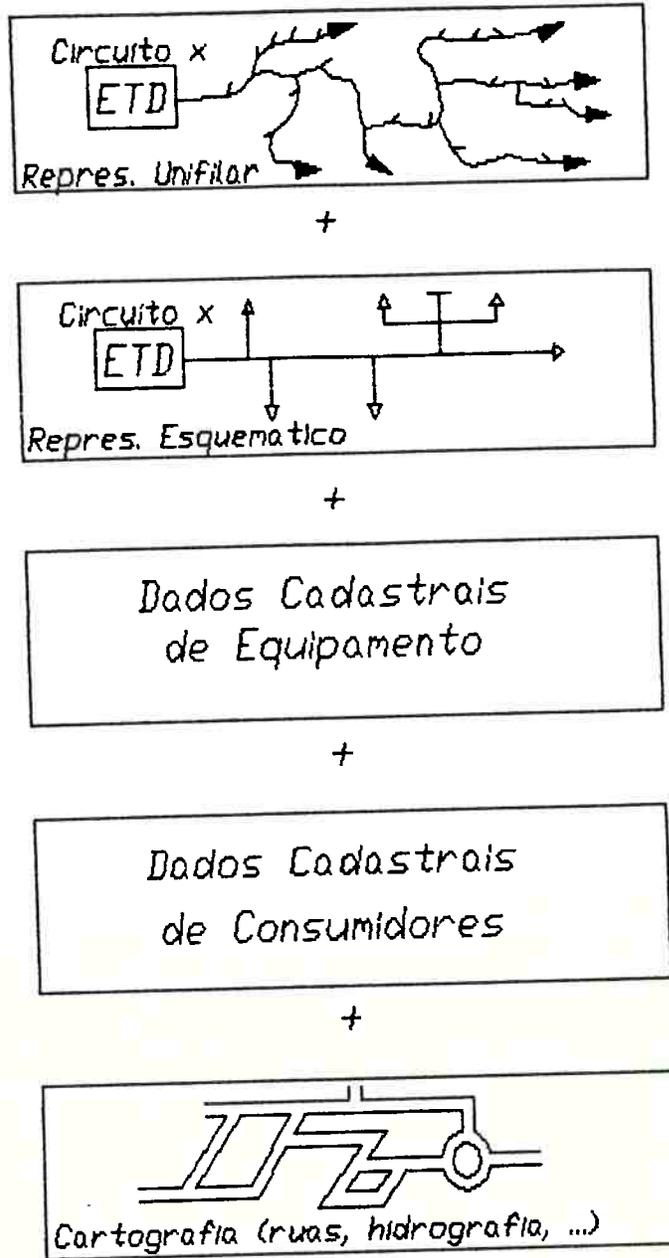


Fig.4.3.3. Níveis de informações da base de dados.

A representação esquemática é desvinculada da região geográfica do local do circuito. Ela é uma vista simplificada da representação unifilar mantendo apenas a descrição elétrica completa. Permite a avaliação elétrica na análise do problema. A representação deve ser gerada automaticamente pelo sistema, com base na representação unifilar.

Os dados cadastrais de equipamentos devem conter as informações necessárias às manobras. São informações sobre as chaves, transformadores, banco de capacitores, e outros como:

- . nome do equipamento;
- . código;
- . localização;
- . tipo;
- . capacidades elétricas.

Os consumidores prioritários são aqueles que devem ter um tratamento diferenciado quanto ao fornecimento de energia, como hospitais, estádios, quartéis e outros. Para cada um devem ser cadastrados:

- . nome do consumidores;
- . endereço;
- . telefone para contato;
- . consumo médio;
- . outros.

A cartografia é importante para ilustrar a configuração física e a topologia do circuito no campo. Ela é encarada no sistema como cenários sobre os quais são desenhados os circuitos. A cartografia pode ser elaborada no próprio sistema ou ser importada de outros sistemas. Pode ser composta de vários níveis de cenários, como por exemplo:

- . arruamento;
- . textos com nomes de ruas (toponímia);
- . hidrografia;

- . edificações públicas;
- . redes de serviços públicos (linhas de transporte, oleodutos, etc.);
- . outros acidentes geográficos.

4.3.2. Equipamentos computacionais

O sistema foi desenvolvido utilizando o conceito de estações de trabalho ("workstations"), onde as unidades computacionais disponíveis para o despachante devem funcionar como verdadeiras pranchetas eletrônicas de trabalho. Para isso foram considerados os seguintes pontos:

- . capacidade local de processamento: o processamento gráfico envolvendo mapeamento e simulação, é mais intenso e os tempos de respostas devem ser compatíveis com as capacidades e experiência dos despachantes, e também com a urgência das tomadas de decisões. É importante que o sistema seja independente do ponto de vista de processamento computacional, isto é, um processador dedicado a esta atividade;
- . alta capacidade de armazenamento: Este tipo de informação de mapas, circuitos, equipamentos, consumidores demandam grande volume de armazenamento de dados. As estações devem apresentar grande capacidade de armazenamento de dados;
- . saída gráfica - Os mapas e circuitos devem ser claramente visualizadas pelo usuários para que eles possam analisar e tirar conclusões precisas. Portanto, a resolução gráfica, o número de cores e as saídas de desenhos em papel são itens fundamentais para o sucesso do sistema;
- . entradas gráficas - Como as informações manipuladas são essencialmente gráficas, utilizou-se dispositivos de computação gráfica como *mouse* e mesas digitalizadoras [1], além do teclado, como meio de interação para o usuário;
- . comunicação - As informações devem ser recebidas ou transmitidas para outros sistemas. Por exemplo, os desenhos de mapas advêm das estações dos desenhistas, ou os dados estatísticos devem ser enviados para serem processados posteriormente em outro equipamento. Para isso a estação deve oferecer recursos para comunicação e transferência de informações com outros sistemas;

. baixo custo: A filosofia de automação adotada foi a da incorporação de recursos de automação gradativa e por etapas para permitir ajustes do sistema e assimilação por parte dos usuários. Para tanto, utilizou-se equipamentos de baixo custo baseados em microcomputadores, que serão descritos a seguir;

. ergonomia: Estudos ergonômicos devem ser realizados para proporcionar conforto aos despachantes considerando, na montagem da estação de trabalho, que eles tenham facilidade de manuseio do computador, dos telefones, rádios e outros elementos que compõem a estação de automação.

Para o desenvolvimento do sistema foram utilizados os seguintes equipamentos (Fig.4.3.4 e Fig. 4.3.5):

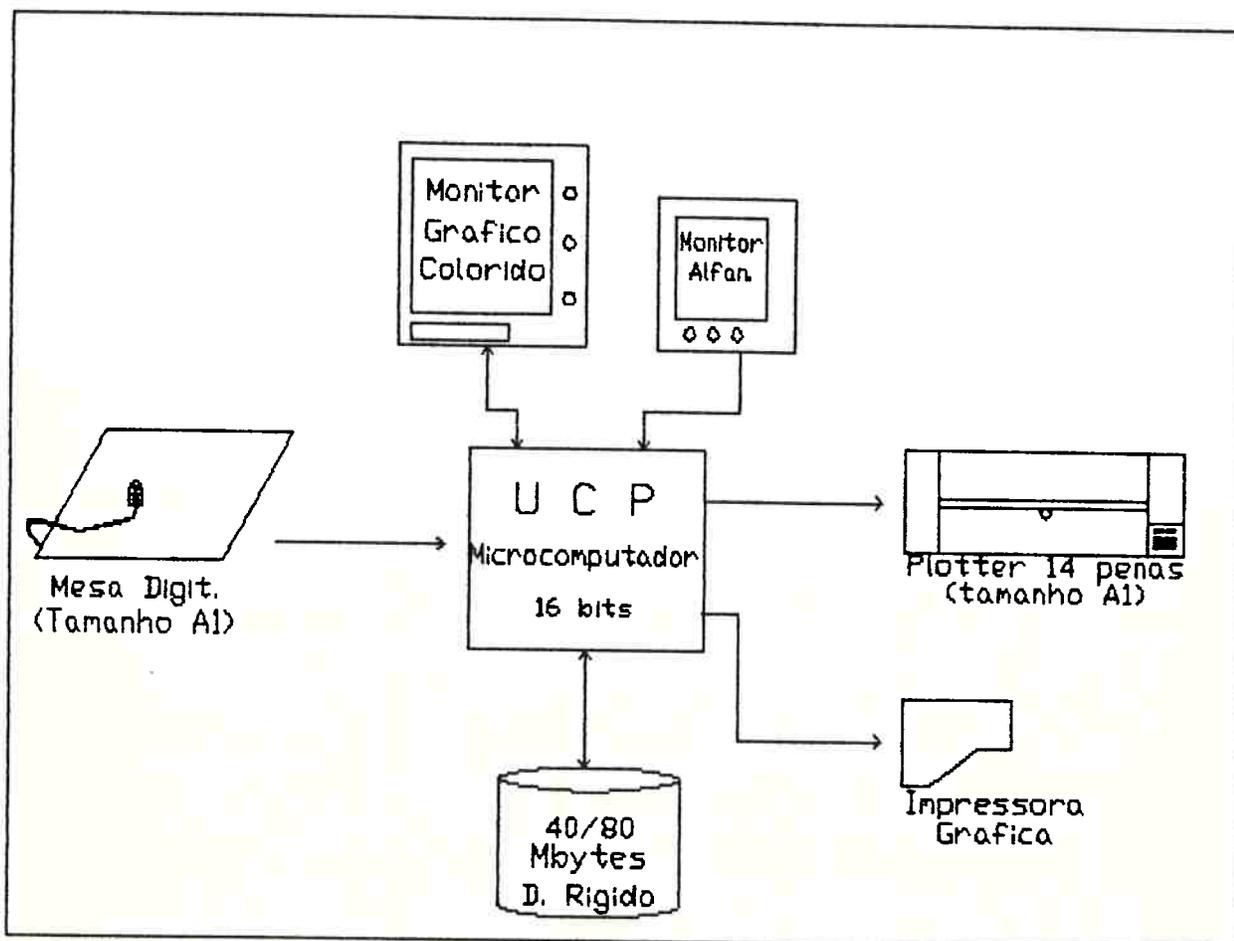


Fig.4.3.4. Estação para o desenhista.

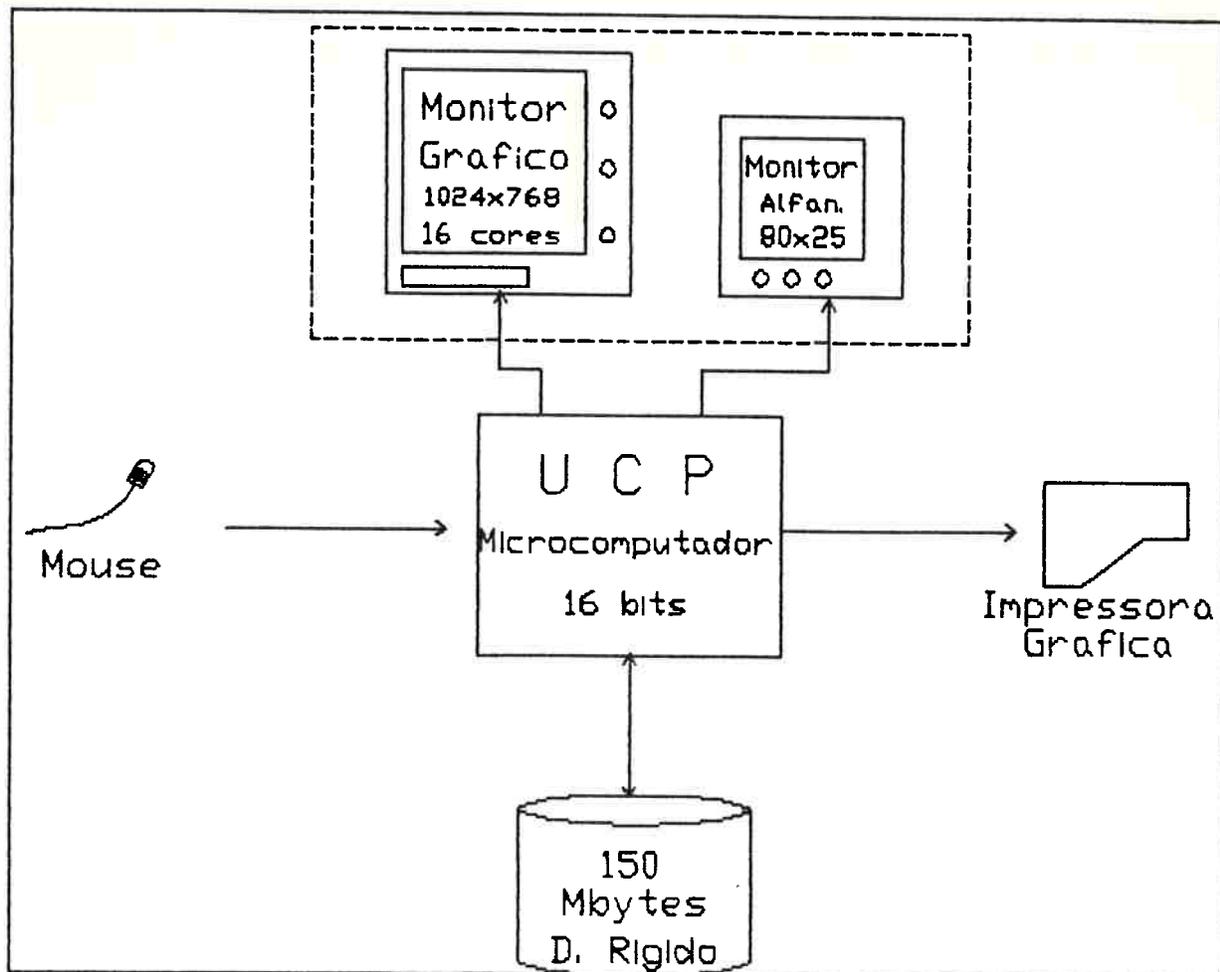


Fig.4.3.5. Estação para o despachante.

. para o desenhista atualizar os circuitos e cartografia:

- Microcomputador do tipo PC/AT ou PC/386, com 640 kbytes de memória;
- unidade de disco fixo de 40 Mbytes para armazenamento de desenhos;
- traçador gráfico (*Plotter*) tamanho A1, 14 penas;
- mesa digitalizadora tamanho A1 para digitalização e correção de mapas cartográficos e de circuitos;
- monitor de vídeo gráfico colorido de 1024 x 768 a 16 côres e um monitor alfanumérico de 80 colunas por 25 linhas;
- Impressora gráfica.

. para o despachante elaborar planos de manobras, estação análoga à utilizada pelo desenhista:

- Microcomputador do tipo PC/386, com 640 Mbytes de memória;
- Unidade de disco fixo de 80 a 150 Mbytes para armazenamento de circuitos, planos de manobra, cartografia e históricos de operações;
- Impressora para emissão de planos de manobras;
- Mouse para acionamento de equipamentos de manobras pelo vídeo colorido;
- Monitores de saída gráfica colorida de 1024 x 768 a 16 cores e monitor alfanumérico de 80 colunas por 25 linhas monocromático.

4.3.3. Procedimentos, funções e comandos do sistema

O sistema é composto de quatro módulos de programas: DIGICAD - é o editor de símbolos - este programa gráfico possibilita a elaboração de biblioteca de símbolos elétricos de acordo com as representações gráficas utilizadas nos mapas; EDS - atualizador de circuitos - um programa gráfico que permite a elaboração e alteração de circuitos elétricos; ATUALIZAÇÃO - programa que permite a geração, alteração ou importação da cartografia de outros sistemas e OERAÇÃO - módulo de operação - disponível ao despachante para a análise de problemas e elaboração de planos de manobras. A seguir, detalha-se funcionalmente cada um dos módulos (Fig. 4.3.6).

4.3.3.1. O módulo DIGICAD

O módulo DIGICAD (Fig.4.3.6) é um sub-sistema gráfico interativo do LSD/FDTE desenvolvido especialmente para a geração de cartografia [16]. Ele dispõe dos seguintes principais recursos:

- a. Mapeamento em coordenadas definidas pelo usuário (UTM, KM, outros);
- b. Sistema de janelamento (*zoom*) contínuo, ilimitado;

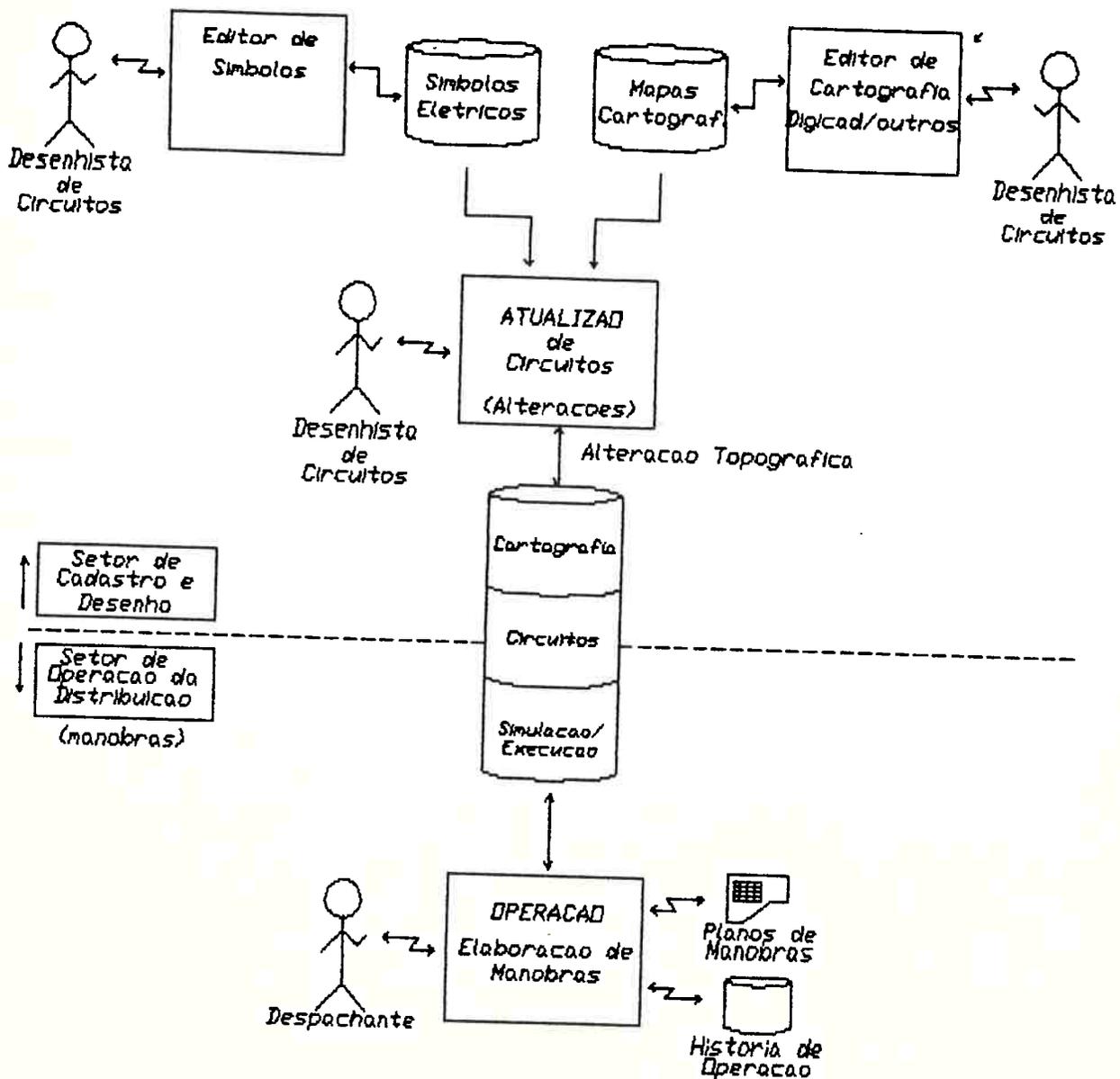


Fig.4.3.6. Módulos funcionais do sistema.

- c. Digitalização de linhas por amostragem (continuamente) ou ponto-a-ponto;
- d. Definição de atributos lógicos para áreas cartográficas;
- e. Utiliza um formato interno de arquivo binário para obter rapidez de acesso às informações.

4.3.3.2. O módulo EDS

O módulo EDS (Fig.4.3.6) é o sub-sistema gráfico interativo do LSD/FDTE desenvolvido para aplicações elétricas, eletrônicas e projetos de circuitos integrados [10]. Ele foi utilizado para elaborar símbolos elétricos dos circuitos, como chaves, transformadores, banco de capacitores e outros. Seus principais recursos são:

- a. Edição Gráfica do símbolo através de linhas, retângulos, círculos e textos;
- b. Associação de informações lógicas aos símbolos, como por exemplo, as características elétricas necessárias para cálculos de manobras;
- c. Manipulação de bibliotecas de símbolos através de comandos como catalogação, deleção, inserção e renomeamento;
- d. Possibilita padronizar a simbologia utilizada pelos desenhistas, simplesmente controlando criação e o acesso às bibliotecas de símbolos.

4.3.3.3. O módulo ATUALIZAÇÃO

O módulos ATUALIZAÇÃO (Ver Fig.4.3.4 e Fig.4.3.7) é o programa principal disponível para o desenhista. Ele permite a elaboração e correção dos mapas dos circuitos, e foi desenvolvido especialmente para o projeto.

- a. Operações com Arquivos: são comandos que permitem salvar no disco ou carregar um arquivo de circuito a ser trabalhado pelo editor. Permite, ainda, carregar a cartografia, como cenários (Ver Fig.4.3.8) que são utilizados como níveis de desenhos;
- b. Operações de Visualização: São comandos que permitem a visualização gráfica dos mapas cartográficos e dos circuitos. Com eles pode-se realizar o "zoom" de aproximação e afastamento visual ilimitado,

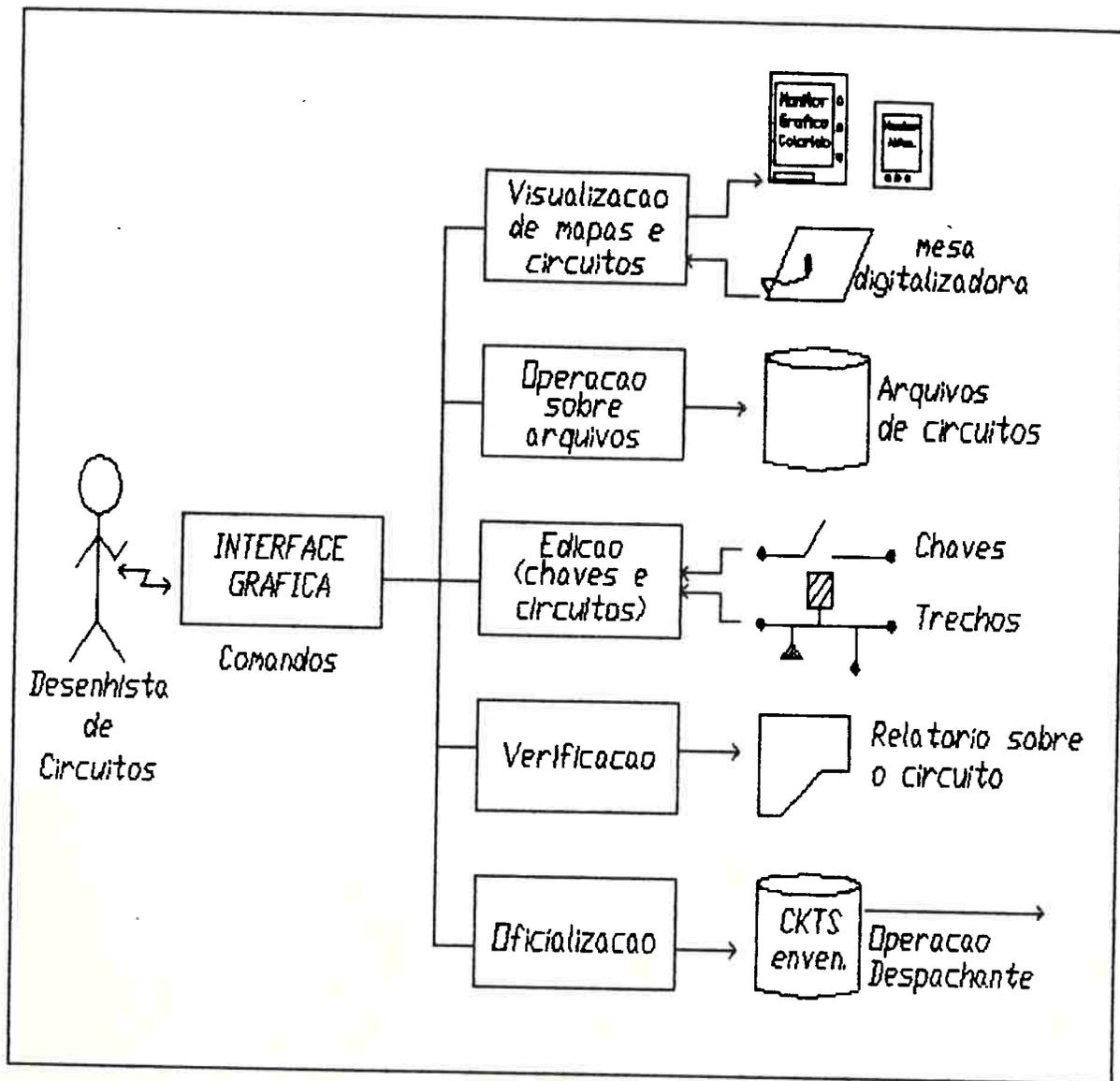


Fig.4.3.7. Estrutura funcional do módulo de atualização de circuitos.

o "pan" de deslocamento visual (ou panorâmica) e o enquadramento de todo o desenho no vídeo. Os comandos permitem uma ativação seletiva dos níveis de desenho de acordo com as necessidades do usuário: pode-se visualizar só a parte elétrica com ou sem os textos, ou parte elétrica e a cartografia com ou sem os nomes de ruas etc.;

c. Operações de Edição: São comandos que permitem a manipulação da topologia do circuito. Para isso o circuito é modelado, do ponto de vista de edição, como sendo uma seqüência de trechos elétricos e chaves topologicamente conectados (Ver Fig.4.3.8), tendo como raiz ou elemento principal o trecho ETD (Estação Transformadora de Distribuição) que indica o trecho elétrico de origem da energia do circuito (é o trecho ligado à sub-estação de distribuição de energia). Nos trechos conectam-se os equipamentos elétricos como banco de capacitores, transformadores e também os consumidores (Estes detalhes foram propositalmente omitidos da Fig.4.3.9).

Os comandos de edição estão divididos em dois contextos: o de edição de chaves e o de edição de trechos.

Para editar as chaves, dispõe-se de comandos de:

- acesso a um símbolo de chave, contido numa biblioteca de símbolos, criado pelo EDS;
- posicionamento interativo gráfico, do símbolo no circuito, o qual se prende a um cursor gráfico e posicionado pelo usuário através da movimentação do cursor na mesa digitalizadora.
- posicionamento do símbolo da chave em uma extremidade, podendo-se rotacioná-lo até se obter inclinação adequada para o circuito;
- inserção de informações elétricas necessárias para a elaboração da manobra - como número e código da chave, tipo de chave, fabricante e capacidade elétrica.

Um trecho é composto da própria fiação elétrica e dos equipamentos já citados. Para editar cada trecho, dispõe-se de comandos de:

- criação dos segmentos gráficos: modelam a fiação dos trechos dos circuitos, através da interação gráfica com a mesa digitalizadora (Ver item 4.3.1);

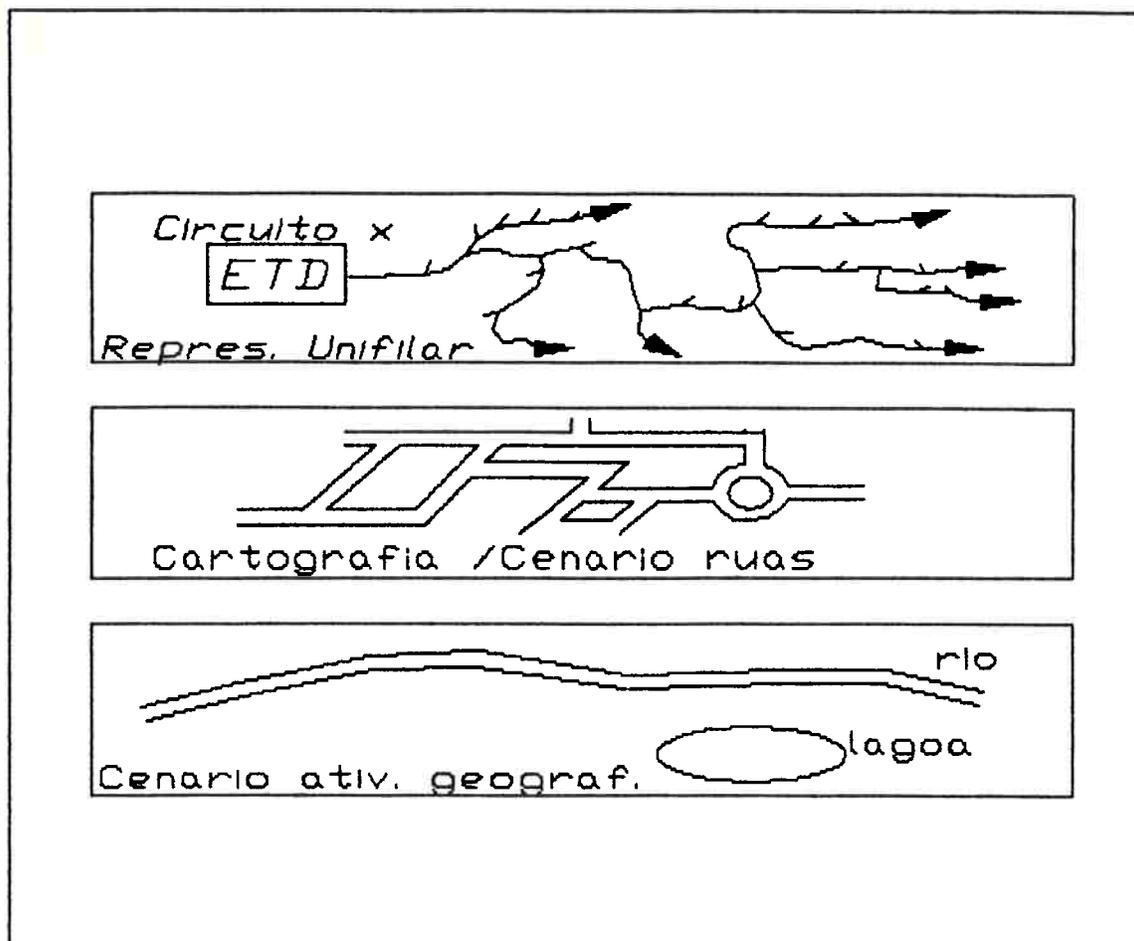


Fig.4.3.8. Cartografia como cenário de um circuito.

- definição dos pontos gráficos de conexão: pontos do trecho onde existirão chaves de seccionamento. Também é feito através do cursor da mesa digitalizadora;
- inserção de símbolos de equipamentos elétricos do circuito: feita graficamente, de forma análoga à inserção de chaves. Permite também inserir, através do monitor alfanumérico (Ver Fig.4.3.5), as informações elétricas, como nome, código e características elétricas que serão utilizadas pelos algoritmos de análise e simulação;
- inserção de símbolos de consumidores prioritários: feita de forma análoga à inserção de símbolos de equipamentos;

- inserção das características elétricas: feita através do terminal alfanumérico, como bitola e capacidade de fiação do trecho, capacidade nominal, nome, código do trecho e outros;

d. Verificação de circuitos: Este comando analisa o circuito editado, verificando se está adequadamente modelado no computador e analisando consistências como:

- existir somente um trecho ETD;
- todas as chaves devem ter suas extremidades conectadas a trechos do circuitos;
- todos os pontos de conexão de um trecho devem estar com uma chave.

Estas consistências são emitidas em relatório, e são importantes para garantir que o modelo do circuito esteja corretamente incorporado no computador e que suporte simulações de propagação de energia e outros cálculos.

e. Oficialização de circuitos: efetua o chamado "envenenamento de um circuito", a descrição do circuito é transformada e armazenada permitindo rápido acesso às informações (requisito importante para o módulo de operação, disponível ao despachante). A velocidade de simulação energética é um dos fatores principais para tomada de decisões.

4.3.3.4. O módulo OPERAÇÃO

O módulo OPERAÇÃO (Fig.4.3.6 e Fig.4.3.10) é um programa destinado ao despachante no Centro de Operação da Distribuição (COD). O despachante localiza defeitos, analisa, simula e escolhe as melhores alternativas de solução e elabora um plano de manobra, ou seja, uma seqüência de operações (de abertura ou fechamento) de chaves de seccionamento elétrico. É também um módulo totalmente gráfico - o despachante visualiza os desenhos dos circuitos, da cartografia, dos equipamentos e simula a propagação de energia através de cores.

Este módulo apresenta os seguintes recursos funcionais:

a. Visualização: comandos que permitem visualizar graficamente os circuitos e a cartografia. Manipula-se, graficamente, um circuito usando-se comandos específicos para:

- ativar um circuito para a visualização - o desenho do circuito é carregado no vídeo;
- localizar visualmente qualquer tipo de instalação da rede elétrica, fornecendo o nome ou o código de acordo com a sua designação na base de dados;
- regenerar um desenho de um circuito que esteja no vídeo;
- ampliar alguma porção do circuito, facilitando a visualização de detalhes dos elementos da rede ou da cartografia;
- visualizar, no vídeo, todo o circuito e os cenários cartográficos associados;
- realizar deslocamento visuais ("panorâmica") pelo circuito com a ajuda de um pequeno radar implementado numa porção do vídeo;
- permitir ao usuário selecionar níveis de cenários cartográficos que complementem a descrição do circuito, como, textos de circuitos, texto de cartografia, arruamento, edificações públicas, hidrografia e redes de transporte (vias férreas, tubulações de petróleo etc).
- trocar de nível, entre o nível unifilar e o nível esquemático (simplificado) gerados pelo módulo atualização;
- visualizar mais circuitos simultaneamente. É útil para se verificar a interdependência física entre os circuitos;
- visualizar outros circuitos através de chaves Vis-à-Vis. Os circuitos podem interligar-se a outros através destas chaves, que ficam normalmente abertas, e são acionadas em caso de prestação de socorros, energizando, alternativamente, os trechos impossibilitados (devido aos eventuais panes) de receberem energia normalmente. Veja exemplos de chaves Vis-às-Vis na Fig.4.3.9 (CV1,CV2,CV3,CV4):

b. Consulta: comandos de acesso a informações na base de dados dos circuitos. Eles permitem consultar:

- informações a respeito de instalações. Através de um cursor gráfico, o usuário indica, uma chave, as instalações transformadoras, ou outros, e o sistema apresenta informações cadastrais do elemento;

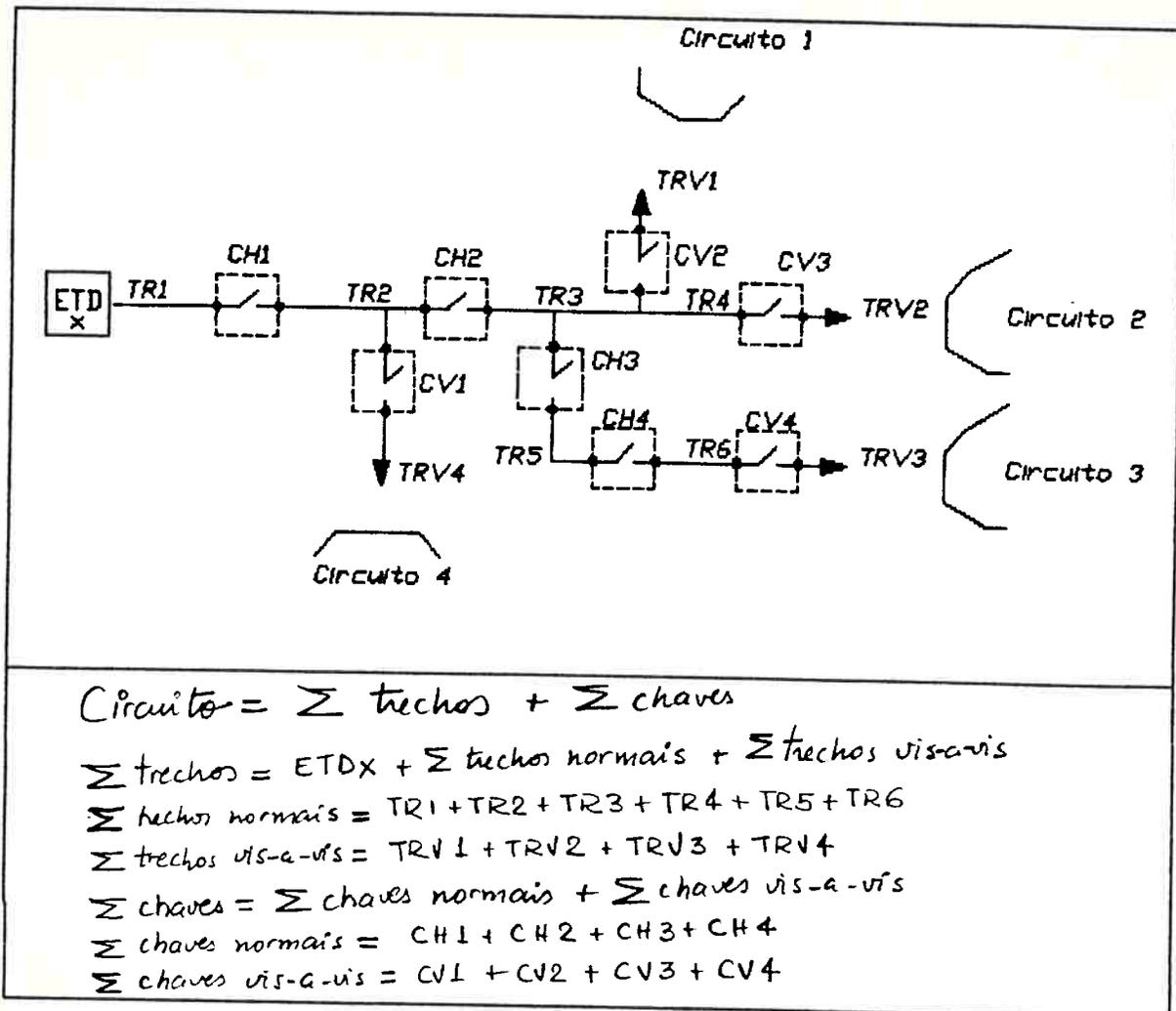


Fig.4.3.9. Exemplo de topologia de circuitos da rede elétrica.

- informações sobre a carga elétrica. O usuário pode obter a carga nominal de demanda, ou a proporcional à máxima carga, podendo ser de trechos entre chaves, além ou aquém uma chave de seccionamento, ou de todo o circuito;
- informações sobre consumidores prioritários de um trecho, entre chaves, além ou aquém uma chave de seccionamento, ou de todo circuito;
- informações de bitolas dos fios utilizados nos trechos;
- informações e avisos (denominados MARCAS), inseridos pelo despachante, que registram uma ocorrência, que deixam um

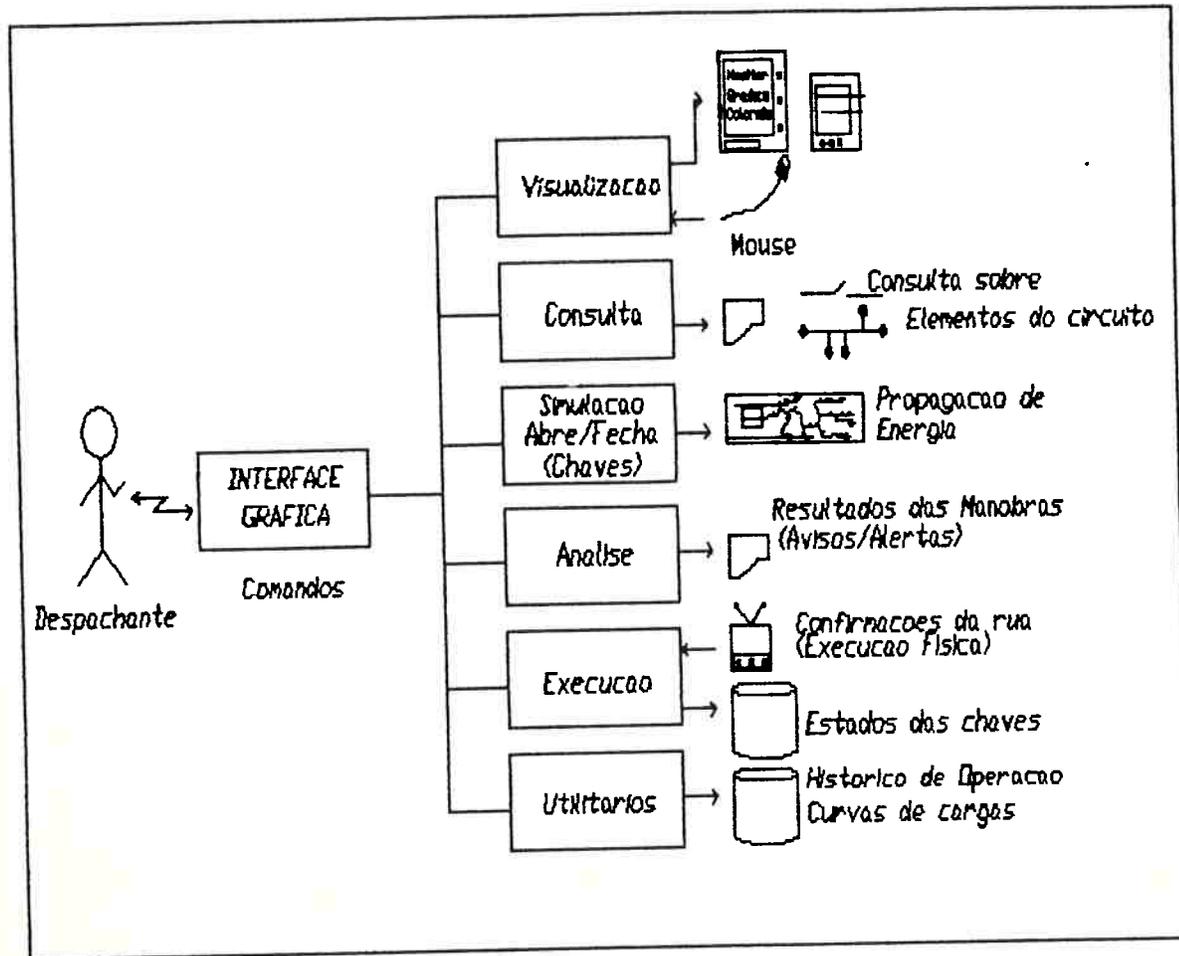


Fig.4.3.10. Estrutura funcional do módulo de operação dos circuitos.

aviso preventivo ou aviso de orientação para outros despachantes que venham a planejar outras manobras sobre o mesmo circuito. É possível também escrever novos avisos, eliminar antigos. São apresentados nos circuitos através de marcas visuais indicando suas presença. No processo tradicional, estes avisos são colocados no quadro negro;

- através da impressora. As informações consultadas também são impressas, caso seja determinado pelo despachante;

- ETD. Consulta, visualmente, o diagrama esquemático da subestação à qual está ligado o circuito ativo.

c. Simulação: conjunto de comandos que permitem ao despachante simular manobras de chaveamento na rede. Qualquer manobra efetuada é automaticamente inserida numa tabela, denominada plano de manobras ou plano de operação, e armazenada em um arquivo em disco. Os comandos permitem:

- manipular planos de manobras: acessar, criar, eliminar ou editar um plano. Com o último, pode-se eliminar um comando ou inserir comentários que descrevam a operação de manobras;

- imprimir um plano de manobras;

- abrir ou fechar um dispositivo de seccionamento. O usuário indica graficamente uma chave e efetua a operação. A consequência energética é instantaneamente apresentada através de cores.

- cancelar a última operação de abertura ou fechamento, restaurando o estado anterior da chave,

d. Execução: Conjunto de funções para orientar manobras e atualizar o estado real do circuito na base de dados, uma vez confirmada a execução das operações pelas turmas de emergências. Sobre as manobras, são registradas as horas gastas em operações no campo. Os comandos permitem:

- referenciar um plano de manobras;

- orientar uma ordem para as turmas de emergência;

- receber confirmações e atualizar dados sobre operações solicitadas e realizadas.

e. **Análise:** recurso onde o sistema analisa um plano de manobras, observando os limites estabelecidos para a operação da rede, e emite um relatório contendo:

- análise do ponto de vista de carga elétrica, indicando sobrecargas eventuais, resultantes de operações dimensionadas inadequadamente;
- análise do ponto de vista de paralelismo, isto é, se há ocorrência de laços (trechos energizados por mais de uma fonte de energia);
- análise do ponto de vista de bitola de fios, dos consumidores prioritários envolvidos nas manobras.

f. **Utilitários:** são comandos que permitem realizar a manutenção da base de dados, em casos de panes do próprio sistema de automação. Seu uso é restrito, o objetivo básico é auto-gerenciamento e manutenção da base de dados do sistema. Devem ser utilizados quando houver problemas para acessar a base de dados, como por exemplo, uma perda de informação por erro interno do sistema, neste caso, o acesso é permitido a usuário mais classificado, como um supervisor ou um técnico analista de manutenção. Exemplos de erros possíveis:

- perda do estado de uma chave;
- perda das informações elétricas de um trecho;
- perda da descrição gráfica de elementos de um circuito;
- valores absurdos nas informações; e
- outros.

4.3.4. Especificação funcional definitiva

Definir e aprovar a especificação funcional do sistema, constituem uma das etapas mais difíceis de um desenvolvimento. Ela deve ser aprovada com muito apoio dos usuários, transmitindo-lhes as potencialidades, recursos e, principalmente, a utilidade do sistema, evitando que encarem o sistema computacional como algo sofisticado e cheio de imagens coloridas.

Para mostrar sua utilidade e seu potencial, utilizou-se da metodologia da prototipação: a partir de descrições da especificação funcional, foi elaborado um pequeno programa apresentador de telas gráficas

coloridas, capaz de simular as principais funções do sistema definitivo, utilizando um microcomputador do tipo PC/XT com monitor gráfico colorido. Esta metodologia mostrou-se eficiente, pois permitiu que o despachante, sem nenhum conhecimento da área de informática, e o analista de software, sem experiência na operação de distribuição de energia, interagissem, criticassem, corrigissem e otimizassem as funções previstas para o sistema.

A interação culminou, em um seminário, com a apresentação do protótipo e da especificação funcional para um grupo de 25 (vinte e cinco) despachantes altamente experientes, e, após muitas discussões (acaloradas, até) e correções, atingiu-se um nível aceitável de especificação.

O protótipo permitiu uma análise e uma revisão da especificação funcional bastante eficiente. As imagens de mapas, circuitos e equipamentos em muito facilitaram a interação entre os despachantes (futuros usuários) e os analistas de software, responsáveis pelo desenvolvimento do sistema, servindo como linguagem comum de comunicação entre técnicos de conhecimentos e experiências bastante diferentes.

4.4. Implementação

A equipe de desenvolvimento tomou como base a especificação funcional - detalhada pelas atividades descritas nos itens anteriores - para orientar a implementação no computador.

Este item descreve como o sistema foi dividido e organizado em módulos de programas, quais são as arquiteturas de *software* e *hardware* utilizadas e a estruturação interna do ponto de vista de implementação dos módulos. Os resultados mais importantes desta implementação são apresentados, com mais detalhes, no Cap.5.

4.4.1. Módulos funcionais

Conforme visto no item 4.3, o sistema desenvolvido foi estruturado em dois importantes módulos: o do desenhista, cujo programa principal é o de ATUALIZAÇÃO (responsável pela edição, atualização e correção dos circuitos da rede elétrica). Além do programa principal, utiliza-se o DIGICAD para digitalização cartográfica dos mapas de cenários (já citados no item 4.3) e utiliza-se o EDS (Editor de Símbolos), responsável pela manutenção da

biblioteca de símbolos de chaves e de equipamentos utilizados nos mapas de circuito.

O outro módulo importante é o da elaboração do plano de manobras, **OPERAÇÃO**, que permite visualizar, estudar, analisar, simular e acompanhar a execução de manobras realizadas na rede elétrica. Como base de dados, ele utiliza a que é montada e mantida pelo módulo **ATUALIZAÇÃO**.

4.4.2. Base de dados

A base de dados do sistema modela toda a rede elétrica que compõe o sistema de distribuição de energia de uma determinada região geográfica (urbana ou rural). Pode ser dividida em dois contextos: a base de dados elétrica, onde a rede é o conjunto de circuitos; e a base de dados de cartografia onde ficam armazenados os cenários de arruamento, hidrografia e outros da região geográfica da rede elétrica em questão.

O modelo da rede elétrica simula o comportamento da rede. Para uma melhor visualização deste modelo, vamos recorrer aos esquemas da Fig.4.4.1.

A rede elétrica é composta assim (Fig.4.4.1):

- . Rede Elétrica = Soma de EDTs;
- . ETD = Soma de circuitos;
- . Circuitos = Soma de Chaves e Trechos;

Os circuitos apresentam alternativas de interconexão entre si através das chaves de interligação denominadas chaves Vis-à-vis. Assim no caso do exemplo temos:

- . Rede Elétrica Exemplo = ETD1 + ETD2 + ETD3;
- . ETD1 = C11 + C12 + C13 + C14;
- . ETD2 = C21 + C22 + C23 + C24 + C25;
- . ETD3 = C31 + C32 + C33 + C34

- . Circuito = Distribuição de chaves entre trechos como mostrado na Fig.4.3.9

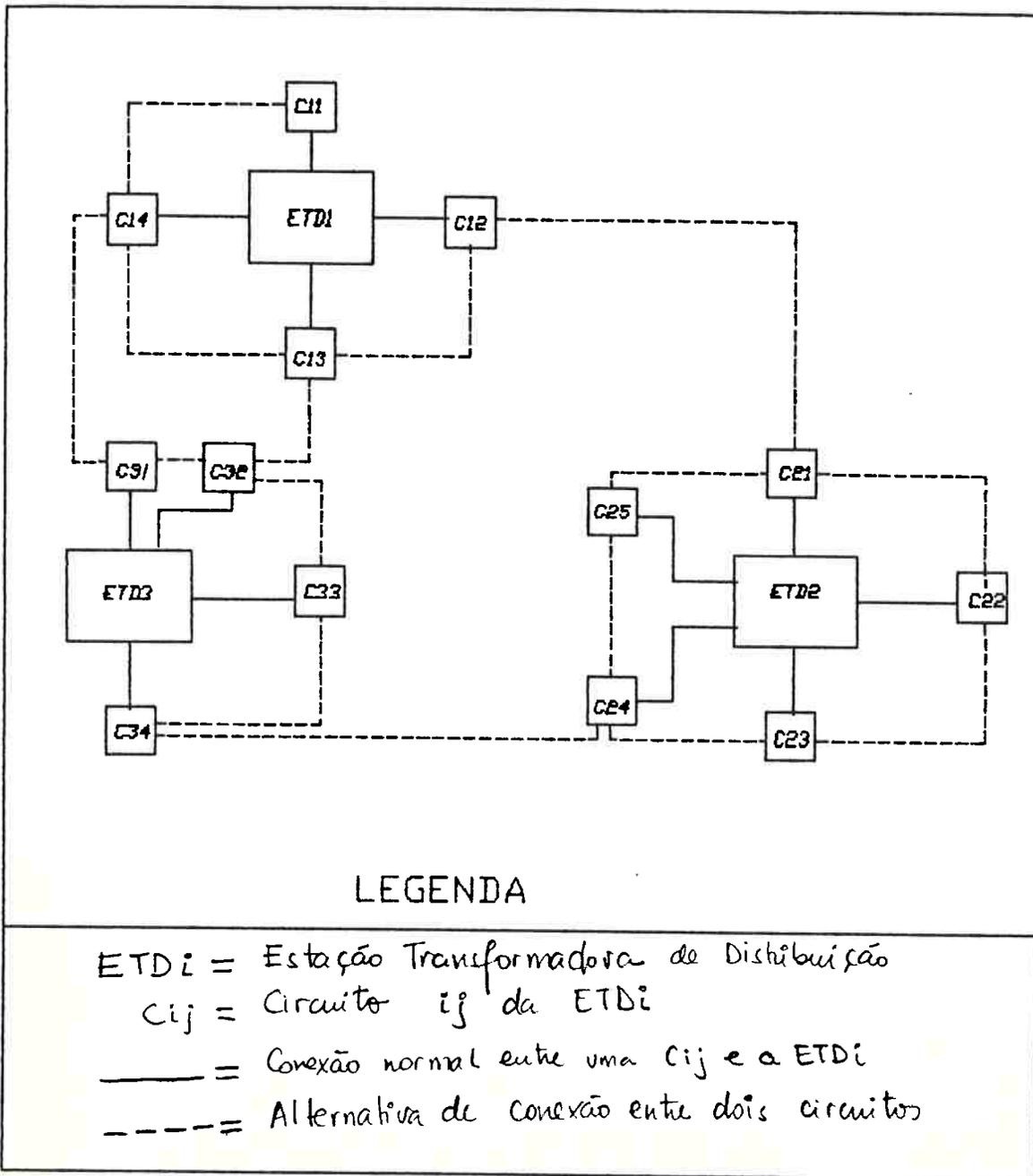


Fig.4.4.1. Base de Dados da Rede Elétrica - Visão Geral da Rede Elétrica.

. 16 chaves de interligação = 16 alternativas de conexão direta entre circuitos = (C11, C14), (C12, C13), (C13, C14), (C21, C12), (C21, C22), (C22, C23), (C23, C24), (C24, C25), (C25, C21), (C24, C34), (C25, C33), (C34, C33), (C33, C32), (C32, C31), (C32, C13), (C31, C14).

A base de dados da rede elétrica, além de cadastrar as informações elétricas tradicionais dos elementos que compõem os circuitos, ela mantém a topologia da rede elétrica, isto é, a conexão entre chaves e trechos, e entre circuitos. Esta topologia é utilizada para simular a propagação do fluxo de energia pelos trechos que compõem o circuito. Ver mais detalhes de implementação da descrição topológica no Cap.5.

Outra característica desta base de dados é a dos estados energéticos. Existem três contextos de estados de energização de trechos e chaves. Considerando o estado energizado ou isolado para trechos e aberto ou fechado para chaves tem-se:

. contexto estático: É o contexto de estados dos elementos do circuito em operação normal, isto é, a sua configuração definida pelo projeto para a sua operação inicial;

. contexto dinâmico: Define o estado de simulação. Todas as tentativas de manobras realizadas pelo despachante a nível de estudo de alternativas é definido por este contexto;

. contexto de execução: Armazena a configuração atual do circuito. Todas as manobras efetivamente realizadas no campo são atualizadas no sistema e definidas por este contexto.

A base de dados da rede foi especialmente projetada para ser ágil e de rápido acesso para permitir a simulação de propagação de energia rapidamente (alguns segundos) para que o despachante possa decidir uma seqüência de manobras rapidamente. Ver os detalhes da arquitetura desta base de dados no Cap.5.

4.4.3. Hardware

O módulo ATUALIZAÇÃO utilizou o seguinte conjunto de equipamentos:

. *Microcomputador PC/386*, dotado de 640 Kbytes de memória, 80 Mbytes de winchester, porta paralela para impressora e duas portas de comunicação serial e teclado alfanumérico. Funciona como elemento central de processamento da estação de trabalho;

- . *Mesa digitalizadora tamanho A1*, conectada à porta serial, para digitalização de mapas cartográficos, símbolos elétricos e circuitos;
- . *Monitor alfanumérico* de 80 colunas por 25 linhas para interação de informações elétricas dos elementos dos circuitos;
- . *Placa gráfica* de 1024 x 768 pixels de 16 cores;
- . *Monitor Gráfico colorido* de alta resolução compatível com a placa gráfica citada, para apresentar as informações gráficas dos desenhos de circuitos e cartografia;
- . *Impressora Gráfica* de 132 colunas para imprimir planos de manobras, dados cadastrais ou informações gráficas de porções de circuitos;
- . *Traçador Gráfico (Plotter)* tamanhos A2 e A1 com 14 penas, para desenhos dos circuitos da base de dados do sistema;

Os programas editor de símbolo (EDS) e o de digitalização cartográfica (DIGICAD) utilizam o mesmo conjunto de equipamentos citados.

O módulo OPERAÇÃO utiliza uma estação de trabalho com os seguintes equipamentos, de acordo com a especificação funcional citado em 4.3:

- . Unidade de processamento idêntico ao do módulo ATUALIZAÇÃO;
- . idem para o monitor de vídeo alfanumérico, placa gráfica e monitor de vídeo gráfico para apresentar os desenhos de circuitos, os planos de manobras e as conseqüências de energização através de cores;
- . Idem para impressora;
- . Mouse como elemento de interação para visualização gráfica como definição de janelas de *zoom* ou *pan*, ou para indicação de chaves de seccionamento para simular a abertura ou fechamento das mesmas.

4.4.4. Software

Foi utilizada a linguagem C como linguagem de programação de todos os módulos do sistema. Esta linguagem foi escolhida pelos seguintes motivos (Ver [20]):

- . Recursos de alto nível: A linguagem dispõe de uma série de comandos compatíveis com as metodologias de programação estruturada;
- . Recursos de baixo nível: Também oferece recursos que permitem acesso de baixo nível a nível de bits, ou a nível do hardware. Importante para otimizar alguns itens relacionados ao acesso à base de dados.
- . Abstração de Dados: C oferece muitos recursos de abstração de dados, Diferentemente de linguagens como Fortran, que apesar de serem bastante utilizadas em aplicações de engenharia, são bastante limitadas neste aspecto. Em C, foram implementadas estruturas de dados do tipo chave (ou trechos, ou equipamento) com todas as informações necessárias para os seus modelamentos como informações elétricas, dados cadastrais, estados energéticos, e as informações gráficas;
- . Flexibilidade: Este ponto também foi decisivo na escolha, pois C permite a mistura de módulos, caso seja necessário utilizar funções ou algoritmos implementados em outras linguagens de programação;
- . Evolução: Considerando que C é uma linguagem com bastante penetração em aplicações profissionais baseadas em sistemas operacionais como DOS ou UNIX, foi estratégica a sua escolha, para garantir a portabilidade do sistema de software;
- . Implementação de compiladores: Já dispunha-se de versões de compiladores de linguagem bastante robustos, principalmente do ponto de vista de recursos de depuração dos códigos gerados.

Foi utilizado o módulo de gerenciamento de biblioteca de dados, escrito em C, denominado MBIB, como ferramenta de programação. Este módulo foi utilizado para implementar a base de dados da rede elétrica do sistema, e apresenta as seguintes principais características funcionais [19]:

- . biblioteca de dados: Permite armazenar pacotes de informações, referenciados por nomes, na forma de biblioteca;
- . acesso randômico: Um pacote de dados pode ser rapidamente acessado, simplesmente referenciando-se o nome com o qual foi cadastrado;
- . manipulação dos pacotes: Permite inserir, eliminar, renomear os pacotes na bibliotecas;
- . alto nível e transparência: Do ponto de vista utilização, tudo pode ser manipulado por funções parametrizados pelo nome e pelo pacote de dados, sem se preocupar com os detalhes de gerenciamento de bytes, registros, arquivos etc.

- . rapidez: Escrito em C, bastante ágil no acesso de escrita e leitura, diferentemente de implementações de base de dados comerciais disponíveis;
- . capacidade de armazenado: Cada biblioteca permite armazenar em média até um megabytes de informações.

Foi utilizada uma ferramenta de Computação Gráfica, o núcleo gráfico CLBC. Todos os recursos gráficos de interação homem-máquina, de desenhos de mapas e de circuitos em vídeo, impressora ou plotter e de interpretação de dispositivos como *mouse* e mesa digitalizadora, foram centralizadas por este núcleo, implementado na forma de biblioteca de funções gráficas. As principais características técnicas do núcleo:

- . Gráficos comerciais: funções que permitem a geração automática de gráfico de linhas, barras, pizzas e cronograma, fornecendo-se os dados como parâmetros;
- . Primitivos gráficos: funções que permitem desenhar linhas, retângulos, elipses e circunferências com atributos de cor, tipo de linha e preenchimento;
- . Mapeamento de coordenadas: O núcleo permite que o usuário utilize os sistemas de coordenadas de sua aplicação de forma independente dos sistemas de coordenadas dos dispositivos. Todas as coordenadas podem ser manipuladas em unidades da aplicação e o próprio núcleo se encarrega na transformação para os píxeis correspondentes. As funções facilitam a implementação de aproximação (*zoom in*), afastamento (*zoom out*) e panorâmica (*pan*) na visualização de desenhos, e na criação de janelas gráficas na tela dos vídeos.
- . Independência de Dispositivos: Outra características importante é a possibilidade de utilizar vários dispositivos gráficos de entrada ou saída. Cada dispositivos tem um pequeno programa de controle, denominado *driver*, que explora as respectivas características físicas. Desta maneira, o programa pode intercambiar de dispositivos através de chamadas de funções de ativação e desativação destes *drivers*.
- . Fontes de caracteres: O núcleo dispõe de várias fontes de caracteres do tipo matricial (formado por matrizes de pontos) e do tipo vetorial (descrito por conjunto de polilinhas) bastante utilizados para nomes de ruas, edificações, códigos de equipamentos etc.
- . Funções de baixo nível: Além das funções de alto nível já citadas, o núcleo dispõe também de funções de alta performance para otimizar a

visualização gráfica, porém utilizando coordenadas de dispositivos sem mapeamento de coordenadas.

Com base nas ferramentas citadas, os programas interativos foram implementados com a arquitetura de software ilustrada na Fig. 4.4.2.

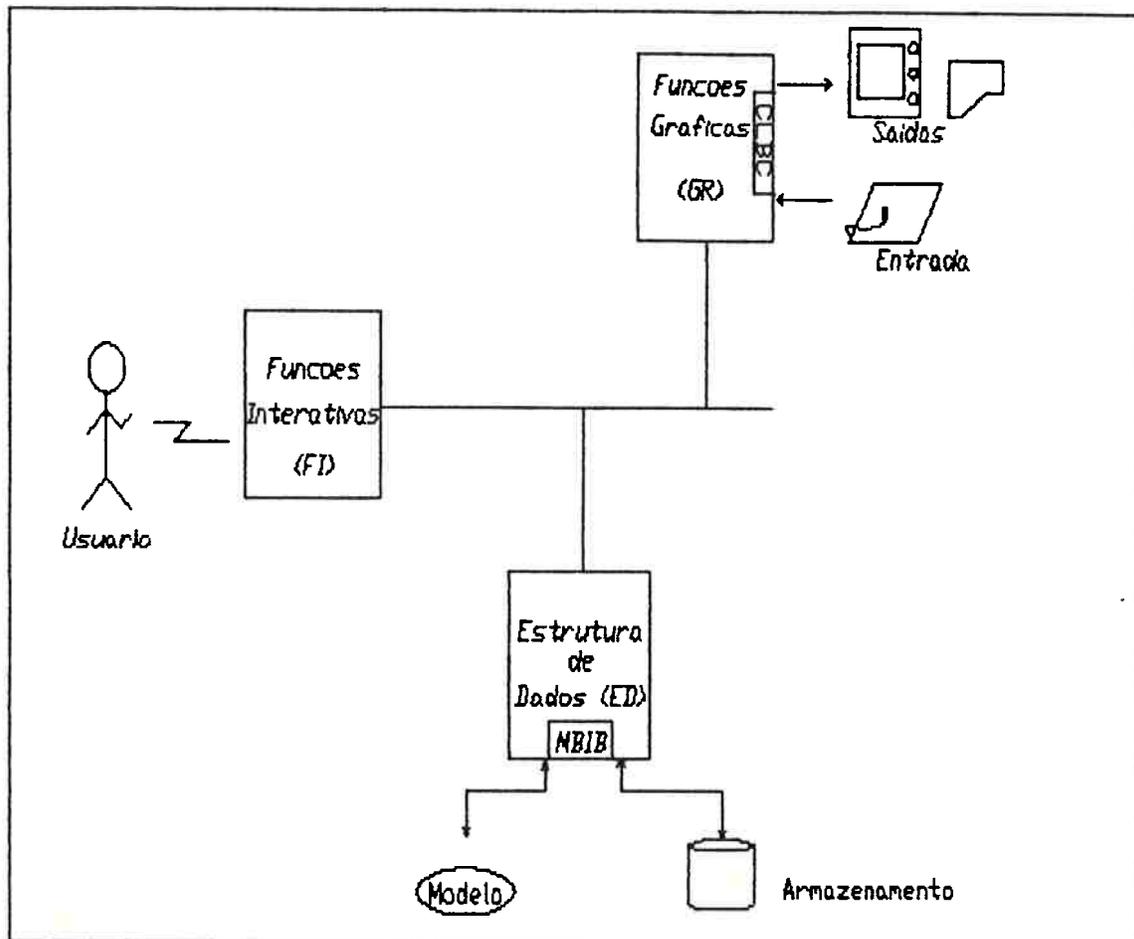


Fig.4.4.2. Arquitetura de software dos módulos.

As funções estão agrupadas em três módulos : Um grupo, denominado FI é formado pelas funções que implementam os comandos acessados pelos usuários - refletem os comandos definidos na especificação funcional; O outro grupo (de suporte às FI's) é o GR, de funções gráficas. São funções com as quais as da FI's implementam a interação especificada e, para isto, foram utilizadas as funções do núcleo gráfico; o terceiro grupo (também de suporte às FI's) é a ED, de estruturas de dados. São funções que

implementam os modelos elétricos e cartográficos a nível de bytes do computador. Elas permitem, além de manipular os modelos, acessar e armazenar os dados fisicamente no dispositivos correspondentes. Estas funções estão detalhadas no Cap.5.

A metodologia utilizada para a implementação foi a programação estruturada, de refinamentos sucessivos (*top down*) da qual ressalta-se os seguintes itens

- . Diagramas N-S (*Nassi-Shneiderman*): utilizadas para definir algoritmos;
- . Seqüência de detalhamento *top-down*: Primeiro, detalhou-se as funções interativas FI's em alto nível; em seguida, em função das necessidades das FI's, criou-se as funções gráficas GR's, também sucessivamente refinadas; idem, em paralelo, para as funções da estrutura de dados ED's;
- . Estrutura de Dados: Após um certo nível de detalhamento das funções ED's, uma atividade bastante importante foi a de definir os modelos computacionais da rede elétrica capaz de assimilar os comportamentos elétricos dos circuitos necessários as atividades dos despachantes. Com base nos modelos, formalizou-se os protótipos das funções da ED e por processo de revisão, adaptou-se as suas chamadas nas funções interativas FI's;
- . Teste: Para agilizar a validação dos grupos de funções (FI,GR e ED) utilizou-se um testador de protótipos de programas denominado "Testão" de propriedade da FDTE. Assim, cada módulo pôde ser previamente testado antes de ser utilizados por outros módulos. Este testador é um programa interpretador de chamadas de funções de teste, dispensando a elaboração, implementação e validação de programas de testes, economizando, assim, tempo de desenvolvimento;
- . Alocação de Recursos Humanos: A equipe de engenheiros de software foi mobilizada da seguinte maneira. No primeiro estágio do detalhamento, isto é, das FI's todos foram envolvidos para definirem as necessidades das funções ED e GR. Após um certo nível de detalhamento, a equipe foi dividida em grupos de desenvolvimento em separado para as ED's, GR's e FI's;
- . Interface de comunicação: O primeiro passo dos grupos de engenheiros foi definir completamente as funções, no caso, ED's e GR's em um documento (Ver Cap.5) ao nível de protótipo de funções. Em seguida as FI's foram revisadas em função das especificações destes protótipos denominadas funções de interface interna de implementação. Uma vez aprovado, as equipes se separaram para implementações de cada pacote de funções;

. Implementação: As funções FI'S foram as últimas implementadas por depender das funções gráficas GR's e de estrutura de dados ED's.

4.5. Validação e Ajustes

A validação e ajustes do sistema foram realizadas em duas etapas. Uma etapa, denominada de "alfa-teste", serviu para um primeiro contato do sistema com os usuários da equipe mista de desenvolvimento. Nesta etapa, os usuários foram aqueles que participaram de todo o processo de implementação do sistema. São aqueles que ajudaram a definir as funções do sistema e conhecem as potencialidades e as limitações de cada uma. É o teste onde as falhas e ajustes do sistema são realizadas antes do contato com os usuários finais. Os ajustes se concentraram em detalhes de interação como cores, mensagens, modo de acionar comandos, isto é, principalmente para as funções interativas FI's.

A outra etapa, denominada "beta-teste" foi um teste mais difícil. Para este caso foi selecionado um conjunto especial de usuários. São aqueles que acompanharam o desenvolvimento à distância e os que são mais abertos à utilização de novas tecnologia de informática. Para isto foi definido uma bateria de testes ao sistema mais intensa: selecionou-se casos de problemas de rede simples, médio e de difícil solução já realizados pelo processo tradicional e submeteu-se ao sistema com resultados satisfatórios e com novos subsídios para os ajustes finais antes da implantação.

Esta interação produziu um outro resultado importante: o perfil dos usuário quanto a capacidade de assimilação sobre o sistema. Serviu para definir os requisitos de treinamento. E um, vale a pena ser citado: O usuário deve entender que, diferentemente, dos mapas em papel, os circuitos, além de coloridos, são eletricamente modelados ao computador e, portanto, simulam o comportamento físico que permitem estudar alternativas de manobras. É o conceito fundamental a ser assimilado durante o treinamento.

Todo o trabalho de validação e ajustes foram realizadas no Laboratório de Sistemas Digitais da EPUSP, e eventuais saídas do sistema foram apenas para demonstrações sobre o sistema em outros locais.

Foi uma atividade fundamental para os ajustes de funções e criação de novas. Uma conclusão importante, do ponto de vista de implementação, é que estes ajustes se concentraram no nível das FI's. As GR's e as ED'S ficaram satisfatoriamente estabilizadas.

4.6. Implantação

A implantação de um sistema deste porte deve ser muito cuidadosa e voltada fundamentalmente para os usuários, no caso, os despachantes. Ele deve perceber que o sistema é, antes de tudo, útil, fácil de manusear e, principalmente, confiável dentro das atividades para as quais foi desenvolvido. Para isso foi elaborado um planejamento de implantação com os seguintes itens: treinamento, procedimentos operacionais de utilização, operação assistida, e suporte/manutenção ao sistema. A implantação foi planejada, porém não totalmente realizada, até o momento da produção deste trabalho de dissertação. Para entender as atividades planejadas, ver cap. 3, que descreve o planejamento de implantação do módulo OPERAÇÃO. Com relação a ATUALIZAÇÃO é mais tranquila, e os procedimentos de implantação podem ser vistos em [11].

O primeiro passo foi fechar o conjunto de documentos do sistema. Um, detalhado, para que possa ser utilizado pela equipe de manutenção e suporte do sistema. O outro, bastante importante, é o de utilização do sistema. Deve ser numa linguagem facilmente assimilável pelos despachantes e não deve ser definitivo. Ele só vai ser definitivo após os primeiros treinamentos, onde as limitações serão observadas pelos usuários e corrigidas na documentação (Ver [10], [11], [12]).

Planejou-se estruturar o treinamento em duas partes: uma, para assimilação do modelo da rede elétrica incorporado no computador, cujo o objetivo é mostrar o comportamento dinâmico das chaves e as consequências energéticas sobre os trechos, realimentadas através de cores (verde-isolado e vermelho-energizado); e, a outra, para apresentação das funções e comandos, para análise, elaboração e comportamento de manobras. Deve mostrar ainda, que, a utilidade do sistema está baseada na possibilidade de se realizar simulações de manobras, rapidamente, com visualização das consêquência energéticas, o que no processo tradicional era difícil de realizar sobre plantas em papéis de alta densidade gráfica monocromática. Foi previsto um treinamento de três dias para grupos de 2 despachantes para cada estação gráfica disponível.

Os principais procedimentos operacionais que definem a burocracia de utilização do sistema, ficaram ao nível de recursos interno ao sistema: definição de senhas de utilização para registrar os despachantes e anotar as trocas de turmas; utilização de marcas gráficas para avisos sobre as manobras realizadas, periodicamente verificadas pelos supervisores; e o histórico de operação do sistema. O sistema imprime todas as operações realizadas a nível de elaboração e execução de manobras. O outro detalhe operacional foi a

definição de sistemática de backup's dos planos de manobras em disquetes para futuros aproveitamentos ou análise.

A operação em paralelo foi previsto para ser realizado da seguinte forma: o sistema operará em paralelo ao processo tradicional, onde os usuários serão aqueles despachantes que passaram pelo treinamento básico - cada atividade realizada pelo processo tradicional deverá ser repetida através do sistema. O tempo de duração deverá ser de um mês para a avaliação dos resultados do treinamento e da performance do próprio sistema.

A operação assistida foi a estratégia adotada além do treinamento e operação paralela. Os despachantes serão acompanhados por integrantes da equipe de implantação nas tarefas iniciais com o sistema, recebendo desta, orientações quanto ao uso dos comandos para resolução dos problemas. Período previsto para duração é de uma semana para cada despachante.

O suporte e manutenção foram planejadas da seguinte maneira: deve haver pelo menos um analista-técnico deveria ficar disponível durante o período de operação, com a função básica de esclarecimentos de dúvidas ou resolver eventuais panes na base de dados através das funções utilitárias citadas em 4.3, e identificar erros para serem corrigidas pela manutenção. A equipe de manutenção deve ser formada por engenheiros e analistas que farão as correções, ajustes e otimizações decorrentes das necessidades surgidas durante a utilização do sistema.

Foi previsto também, que a operação do sistema exigirá pelo menos três níveis de recursos humanos para a sua operação: a figura do supervisor, que procurará manter uma utilização eficiente do sistema, orientando para que as análises e soluções de problemas elétricos explorem os recursos disponíveis no novo sistema; os usuários propriamente ditos - despachantes; e a equipe de suporte e manutenção que dará todo o apoio necessário para os demais elementos do processo, completando assim o processo de implantação da automação.

Conceitos e Termos Importantes do Capítulo

- **ATUALIZAÇÃO** - Módulo de edição, correção e criação da base de dados de circuitos.
- **C** - Linguagem de programação utilizada no desenvolvimento. Foi escolhida principalmente pelos recursos de abstração de dados dos níveis de acesso e portabilidade de seus programas.
- **Cenário** - Cenário de um circuito unifilar. Pode ser de arruamento, acidentes geográficos, redes públicas (linha férrea, oleodutos etc.) e outros.
- **COD** - Centro de Operação de Distribuição, ambiente de operação de um despachante.
- **Despachante** - Elemento que estuda, analisa, planeja e encaminha manobras na rede elétrica para solucionar problemas ou efetuar manutenções preventivas.
- **Diagramas N-S** - Diagramas Nassi-Scheneirdman. Ferramenta de detalhamento de algoritmos, que utiliza notações essencialmente gráficas. Ver [1].
- **DIGICAD** - Módulo de digitalização cartográfica [16].
- **EDS** - Módulo interativo gráfico de criação de bibliotecas de símbolos.
- **ETD** - Estação Transformadora de Distribuição.
- **Manobras de emergências** - Planos de manobras planejadas e encaminhadas pelo despachante para atender um problema energético de emergência.
- **Manobras programadas** - Planos de manobras planejadas com antecedência com objetivos de alteração de redes, ou de manutenção preventiva.
- **Mapas esquemáticos** - É um mapa unifilar simplificado, sem cartografia, apenas com informações elétricas.
- **Mapas unifilares** - Mapas contendo a descrição de um circuito elétrico da rede elétrica primária (Com tensões da ordem de 13.8 Kv e outras).

Contém o traçado da fiação, dos equipamentos, chaves e consumidores prioritários e desenhos cartográficos do arruamento da região onde se encontra o circuito.

- **OPERAÇÃO** - Módulo que, com a base de dados criada pelo módulo **ATUALIZAÇÃO**, permite o despachante estudar e simular operações de manobras. Também registra os dados de execução das referidas para efeito de análises estatísticas.
- **Painel Mímico** - Grande representação de circuitos. Fisicamente posicionada em paredes espaçosas contendo o desenho geográfico e elétrico de todos os circuitos de uma região.
- **planos de manobras** - ou plano de operações. Contém uma sequência de operações sobre chaves que serão executadas no campo, orientados pelos despachantes.
- **protótipo de funções** - Definição de uma função a nível "caixa preta", isto é, a nível de entrada e saída. Ver Cap. 5.
- **Simulação de propagação de energia** - O módulo **OPERAÇÃO** simula graficamente a abertura e fechamento de uma chave de manobra e realimenta, também graficamente, a propagação de energia, orientando, instantaneamente, o despachante quanto as consequências de cada operação.
- **Turmas de emergência** - ou prontidões. Turmas que executam no campo as operações de manobras, orientadas pelos despachantes.

CAPÍTULO 5

DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO

OBJETIVOS DO CAPÍTULO

- *Apresentar detalhes de implementação do sistema de automação descrito no Cap. 4;*
- *Descrever a arquitetura lógica da base de dados; e*
- *As principais funções da ED, GR e FI, importantes módulos internos do sistema.*

CONTEÚDO

- **Arquitetura Interna do Software**
 - **A Base de Dados do Sistema**
 - **Filosofia de Acesso à Base de Dados**
 - **Os Componentes da Base de Dados**
 - **Arquitetura Lógica da Base de Dados**
 - **As Principais Funções da Base de Dados (EDs)**
 - **As Principais Funções Gráficas (GRs)**
 - **As Principais Funções Interativas (FIs)**
-

5.1. Arquitetura Interna de Software

A arquitetura do sistema em estudo tem como elementos básicos:

- . Base de dados de modelamento da rede elétrica;
- . Funções de acesso à base de dados (EDs);
- . Funções gráficas (GRs);
- . Funções interativas (FIs).

Neste capítulo, são apresentados tais módulos, responsáveis pela incorporação dos elementos da rede elétrica no computador.

5.2. A Base de Dados do Sistema

A base de dados do sistema foi implementada fisicamente (a nível de *bytes*) usando-se a ferramenta de manuseio de biblioteca de dados, cujos os detalhes de utilização podem ser vistos em [19]. Os itens 5.4 e 5.5 descrevem a composição e a estruturação lógica, que são elementos fundamentais para se para se implementar um módulo de base de dados, com o acesso e o armazenamento de informações eficientes [27].

Para uma perfeita integração desta base de dados com outras normalmente disponíveis nas concessionárias de energia, as informações, mencionadas em 5.4, devem estar disponíveis de alguma maneira. O que se relaciona neste capítulo é um conjunto mínimo de informações e as premissas básicas para possibilitar o fluxo de de dados com outras bases de dados externas.

5.3. Filosofia de Acesso à Base de Dados

A base de dados (também denominado BD no texto) do sistema está dividida em itens que mantêm estreita correspondência com os elementos constituintes das redes de distribuição elétrica. Assim, na BD, há itens para os dados relativos aos circuitos, aos trechos e às chaves, que correspondem à

classificação dos diversos elementos do sistema elétrico de distribuição. Deve-se ressaltar que o sistema utiliza, em sua representação da rede, um conceito particular de *trecho*, como sendo a menor porção do circuito, eletricamente isolável através de operações de manobras sobre *chaves de seccionamento* [11]. Cada item da BD é composto por um conjunto de campos que descrevem e armazenam todas as informações cadastrais e elétricas pertinentes aos elementos envolvidos.

Os dados que descrevem a configuração da rede de distribuição devem ser inseridos e alterados através do módulo ATUALIZAÇÃO, ou recebidos de outros sistemas, desde que venham formatados nas condições descritas neste capítulo.

5.4. Os Componentes da Base de Dados

A BD é formada por uma série de informações lógicas. A seguir enumera-se as principais:

. Informações referentes aos **CIRCUITOS DE DISTRIBUIÇÃO**: Os dados que compõem a descrição destes circuitos estarão distribuídos nos seguintes campos:

- **Atributos do circuito.** Pode conter um conjunto de informações sobre o circuito de distribuição, o campo reservado indica o TIPO de circuito;
- **Nome do circuito.** Contém a informação do nome do circuito de distribuição, p.ex. BOQ-63, GUA-65. Informação disponível nos mapas unifilares utilizados pelas concessionárias;
- **Tensão nominal.** Traz o valor da tensão nominal do circuito expressa em kV;
- **Potência instalada.** Contém o valor da potência instalada do circuito, que corresponde à somatória da potência nominal de todos os trechos que pertencem ao circuito;
- **Curva de carga.** Contém o valor máximo da demanda do circuito, conforme leitura mensal da operação, e uma curva de carga descrita pelos pares de valores: **início do período e porcentagem da carga**. Normalmente obtida da base de dados das concessionárias;

- **Nome da ETD.** Indica o nome da ETD ao qual o circuito está conectado, por exemplo, Boqueirão, Jabaquara;

- **Informação do circuito.** Contém informações complementares sobre o circuito de distribuição. Tais informações compreendem: **Data da última atualização:** data da última atualização do circuito, na forma DD.MM.AA/hh.mm, que deve ser fornecida pelo operador. **Nome do responsável:** identificação do responsável pela realização da última atualização do circuito, informação a ser fornecida pelo operador. **Alteração feita:** comentário sobre a última alteração realizada.

. **Informações referentes às CHAVES:** Os dados que compõem a descrição das chaves estão distribuídos nos seguintes campos:

- **Atributos da chave.** Pode conter um conjunto de informações sobre as chaves do circuito, os campos reservados indicam, entre outros, o **TIPO** (delimitador de trecho, jumper, chave faca, chave fusível, disjuntor, religador, seccionalizador, chave a óleo etc.), no caso de chave do tipo interligação há necessidade da indicação do **nome do outro circuito**; a **FUNÇÃO** (manobra, proteção, delimitação, interligação, de saída, mudança de bitola, nula); a **ABERTURA** (em carga, em vazio); o **FLUXO** (reversível, não reversível); a **DELIMITAÇÃO** (circuito, bloco, trecho e nula); a **LOCALIZAÇÃO** (subestação, circuito, nula); a **OPERAÇÃO**; e a **CONFIGURAÇÃO** (trifásica, monofásica, outra);

- **Nome da chave.** Contém o identificador da chave, por exemplo "5154";

- **Estado estático da chave.** Indica o estado normal da chave, aberto ou fechado conforme definido pelo projeto de origem do circuito;

- **Estado dinâmico da chave.** Indica o estado de simulação da chave, aberto ou fechado, conforme definido pelas operações de simulação do despachante;

- **Estado de execução da chave.** Indica o estado real da chave, aberto ou fechado, de acordo com as manobras executadas no campo;

- **Capacidade nominal da chave.** Contém a capacidade nominal da chave expressa em Amperes;

- **Coordenadas da chave.** Traz o par de coordenadas UTM que permite posicionar a chave;
- **Informação da chave.** Contém o endereço da chave (Rua, Número, Bairro e outros referenciais).

.Informações referentes aos TRECHOS: Os dados que compõem a descrição dos trechos estarão distribuídos nos campos abaixo relacionados:

- **Atributos do trecho.** Pode conter um conjunto de informações sobre os trechos do circuito, os campos reservados indicam, entre outros, o TIPO (ETD, normal, vis-a-vis, outro); a TOPOLOGIA (tronco, ramal, subramal, outro); a INSTALAÇÃO (aéreo ou subterrâneo); a CONFIGURAÇÃO (trifásico, bifásico, monofásico); a LOCALIZAÇÃO (urbano, rural, outro); a BITOLA-FASE e a BITOLA-NEUTRO;
- **Número do bloco.** Contém a indicação do número do bloco a que o trecho pertence;
- **Carga nominal do trecho.** Indica a carga nominal do trecho, a partir da somatória das potências nominais dos transformadores que pertencem ao trecho;
- **Prioridade do trecho.** Indica o nível de prioridade do trecho numa escala de 0 a 100. Valores normalizados a serem inseridos pelo operador do módulo ATUALIZAÇÃO;
- **Curva de carga do trecho.** Contém o valor máximo da demanda do trecho e uma curva de carga descrita pelos pares de valores: início do período e porcentagem da carga;
- **Comprimento do trecho.** Indica o comprimento do trecho em metros;
- **Coordenadas delimitadoras do trecho.** Campo composto por um conjunto de coordenadas UTM, que indicam os pontos delimitadores do trecho;
- **Informação do trecho.** Este campo pode conter informações complementares sobre o trecho em questão.

.Informações referentes aos EQUIPAMENTOS: Os dados que compõem a descrição dos equipamentos estão distribuídos nos campos abaixo relacionados:

- **Atributos do equipamento.** Pode conter um conjunto de informações sobre os equipamentos do trecho, os campos reservados indicam, entre outros, o **TIPO** (transformador, capacitor, regulador de tensão, reator, câmara transformadora, etc.); a **FUNÇÃO** (força, aterramento, serviço auxiliar, proteção, potência, corrente, correção, iluminação, outra); o **COMANDO** (automático, direto, nulo); a **LIGAÇÃO** (D\Y, D\D, D\Ya, outra, nula); a **CONFIGURAÇÃO** (trifásico, bifásico, monofásico, nula); o **FLUXO** (reversível, não-reversível, nulo); o **PROPRIETÁRIO** (empresa ou particular); a **MONTAGEM**; a **ENTRADA-PRIMÁRIA** (aérea, subterrânea, nula); e as **FASES DE LIGAÇÃO**;

- **Nome do equipamento.** Contém o identificador do equipamento, por exemplo, 149IP, 5031 etc.;

- **Capacidade do equipamento.** Indica a capacidade nominal do equipamento em unidades que são função do seu tipo;

- **Coordenadas do equipamento.** Traz as coordenadas UTM do equipamento;

- **Informações do equipamento.** Contém o endereço do equipamento.

. Informações referentes aos **CONSUMIDORES PRIORITÁRIOS**: Os dados que compõem a descrição dos consumidores prioritários estarão distribuídos nos campos abaixo relacionados:

- **Atributos do consumidor.** Pode conter um conjunto de informações sobre o consumidor prioritário, os campos reservados indicam, entre outros, o **TIPO** (industrial, comercial, residencial, órgão público, serviços, outros); a **CLASSE DE RENDA**; e as **FASES DE LIGAÇÃO** (A, B, C, AB, BC, CA);

- **Nome do consumidor.** Contém a identificação do consumidor prioritário, p. ex. Eldorado, Verde Mar etc.;

- **Número.** Contém o número do consumidor prioritário;

- **Prioridade.** Indica o nível de prioridade do consumidor numa escala de 0 a 100. Valores normalizados a serem inseridos pelo operador do módulo **ATUALIZAÇÃO**;

- **Capacidade do transformador.** Indica a somatória da potência nominal do(s) transformador(es) que alimentam o consumidor prioritário;

- **Informação.** Contém o endereço do consumidor prioritário, o telefone e o detalhamento do conjunto de transformação de energia utilizado, p. ex. 1x3F75, 1x3F100 + 1x3F60, 3x1F25 indicando respectivamente: um transformador trifásico de 75 kVA, um conjunto formado por dois transformadores trifásicos, sendo um de 100 e outro de 60 kVA e outro conjunto formado por três transformadores monofásicos de 25kVA.

5.5. Arquitetura Lógica da Base de Dados

A Base de dados compõe-se de quatro componentes para os circuitos que constituem a rede elétrica: descritor de Estações Transformadoras ETDs, descritor geral do circuito, descritor das chaves do circuito e descritores de trechos. Eles são detalhados nas figuras dos itens que se seguem.

5.5.1. Descritores de ETD

A descrição da Estação Transformadora de Distribuição ETD utiliza a arquitetura da (Fig. 5.5.1).

5.5.2. Descritores geral de um circuito

Estes descritores definem a característica do circuito (p.ex. número de chaves normais, número de vis-à-vis, curva de carga). Ver Fig.5.5.2.

5.5.3. Descritores das chaves do circuito

Cada chave do circuito é descrita conforme esquematizado na Fig.5.5.3.

5.5.4. Descritores dos trechos do circuito

Os trechos são descritos pela geometria, pelos estados de simulação e de projeto, e pelos elementos que compõem os circuitos (como equipamentos e consumidores). Ver Fig.5.5.4.

5.5.5. Descritores geométricos gerais

Descreve como os dados geométricos de qualquer elemento da rede é armazenada. Ver Fig.5.5.5.

DESCRIÇÃO DA ETD

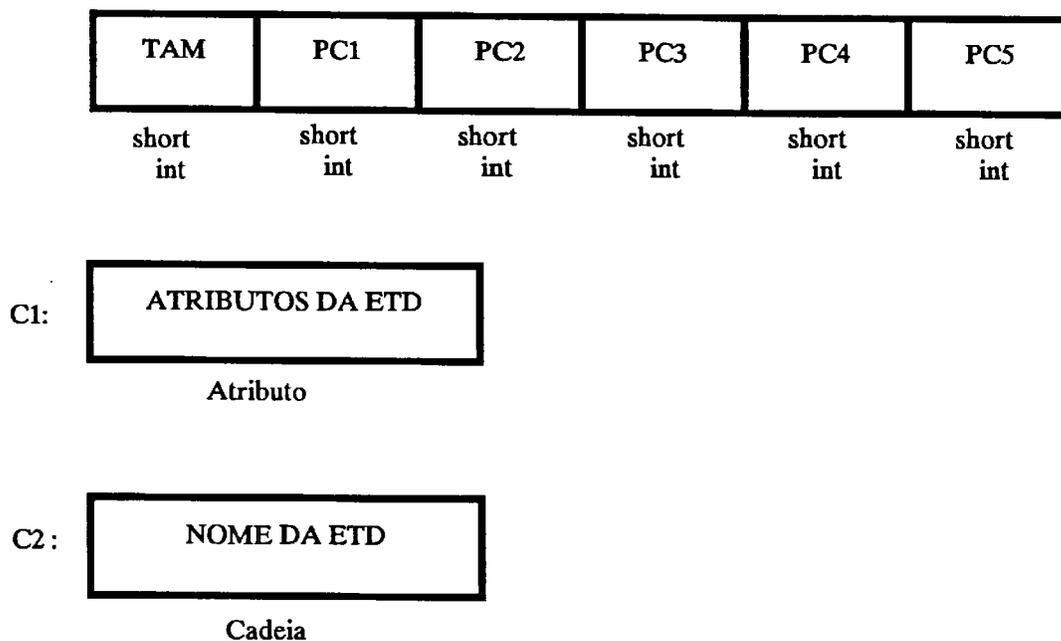


Fig.5.5.1. a) ETD - Descritores gerais.

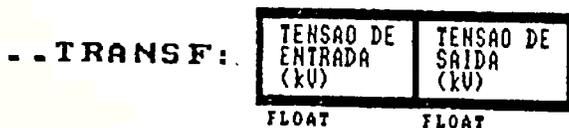
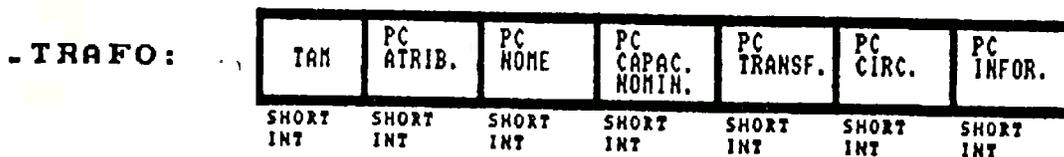
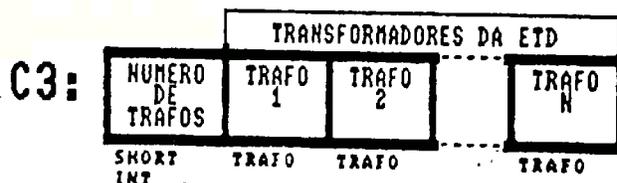
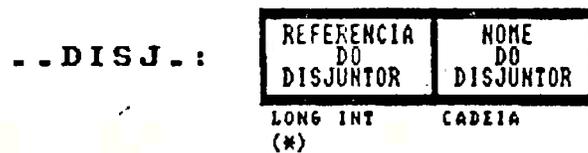
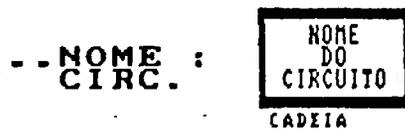
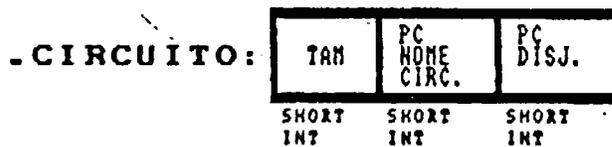
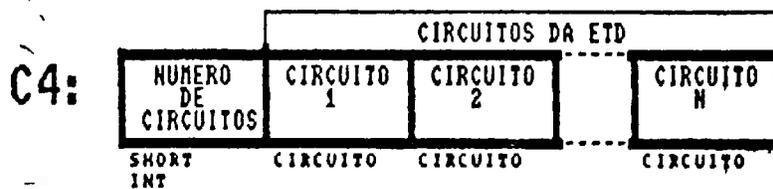


Fig.5.5.1. b) Descrição dos transformadores da ETD.



(*)- DEVE SER ATUALIZADO A CADA OFICIALIZAÇÃO DO CIRCUITO.



Fig.5.5.1. c) Dados sobre os circuitos da ETD.

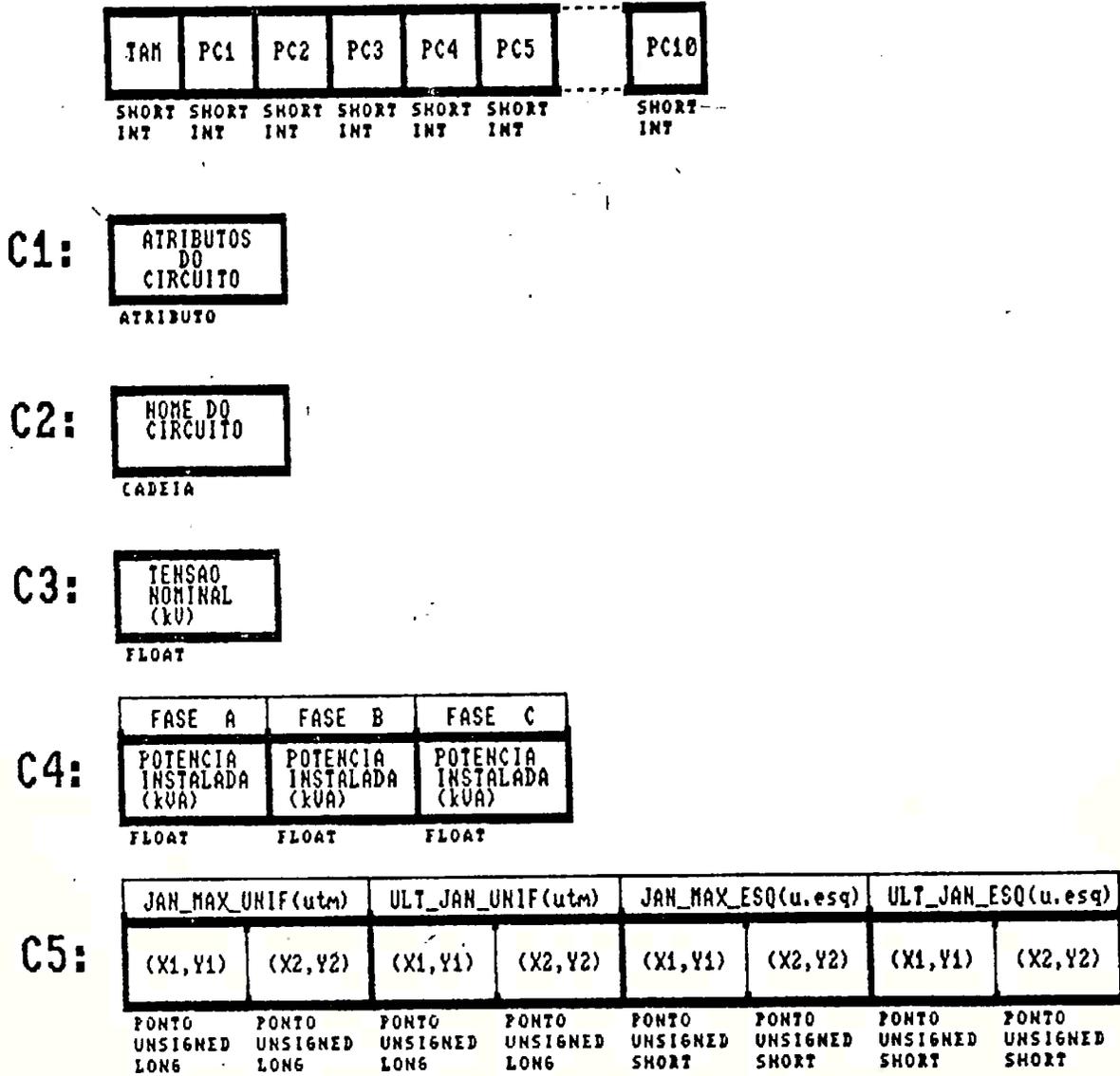


Fig.5.5.2. a) Dados gerais sobre o circuito.

C6:

PERIODOS		FASE A			FASE B			FASE C	
NUMERO DE MEDIDAS	HORA INICIO 1	HORA INICIO N	VALOR MAXIMO	FATOR 1 (%)	FATOR N (%)	VALOR MAXIMO	FATOR 1 (%)	VALOR MAXIMO	FATOR N (%)
SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT	FLOAT	SHORT INT	SHORT INT	FLOAT	SHORT INT	FLOAT	SHORT INT

C7:

No. CHAVES MANOBRADAS (DINAMICO)	No. CHAVES MANOBRADAS (SIMULACAO)
SHORT INT (*)	SHORT INT (*)

(*) - DEVE SER ATUALIZADO PELA FUNCAO QUE OPERA CHAVE.

C8:

NUMERO DE CHAVES UAU NO CIRCUITO	REFERENCIA CHAVE UAU 1	REFERENCIA CHAVE UAU N
SHORT INT	LONG INT	LONG INT

C9:

NOME DA SUBESTACAO (ETD)
CADEIA

C10:

INFORMACAO DO CIRCUITO
INFORMACAO

Fig.5.5.2. b) Configuração do circuito e curva de carga.

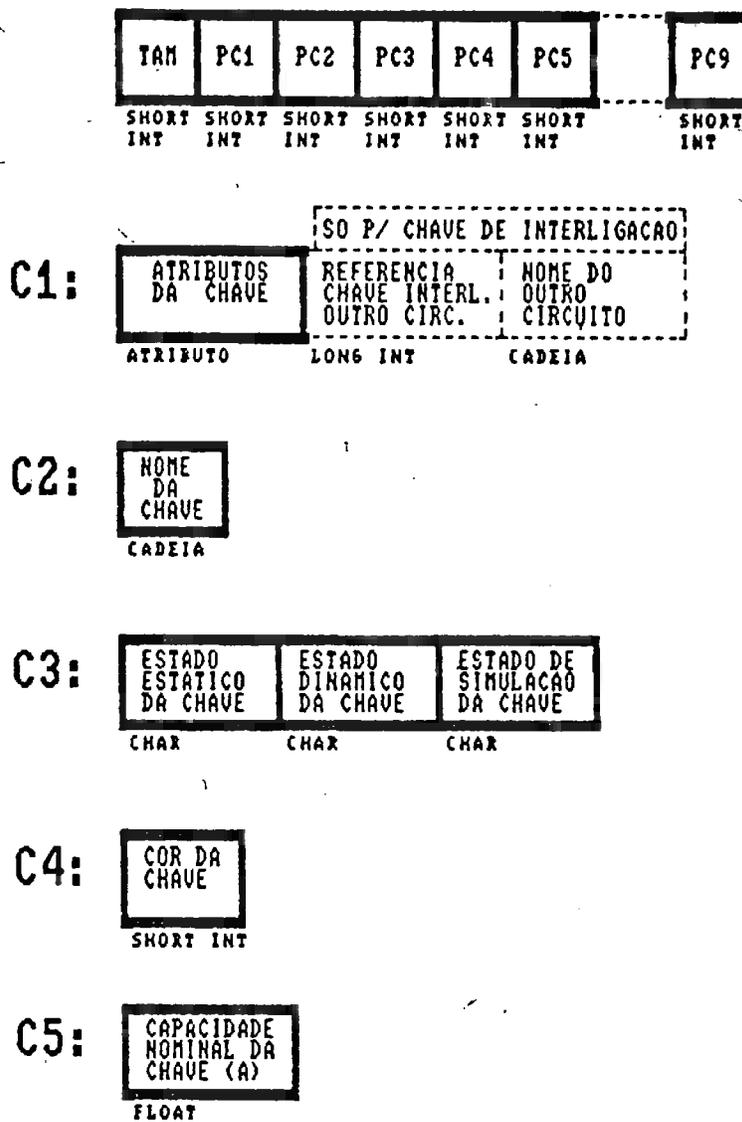


Fig.5.5.3. a) Dados gerais e de estados da chave.

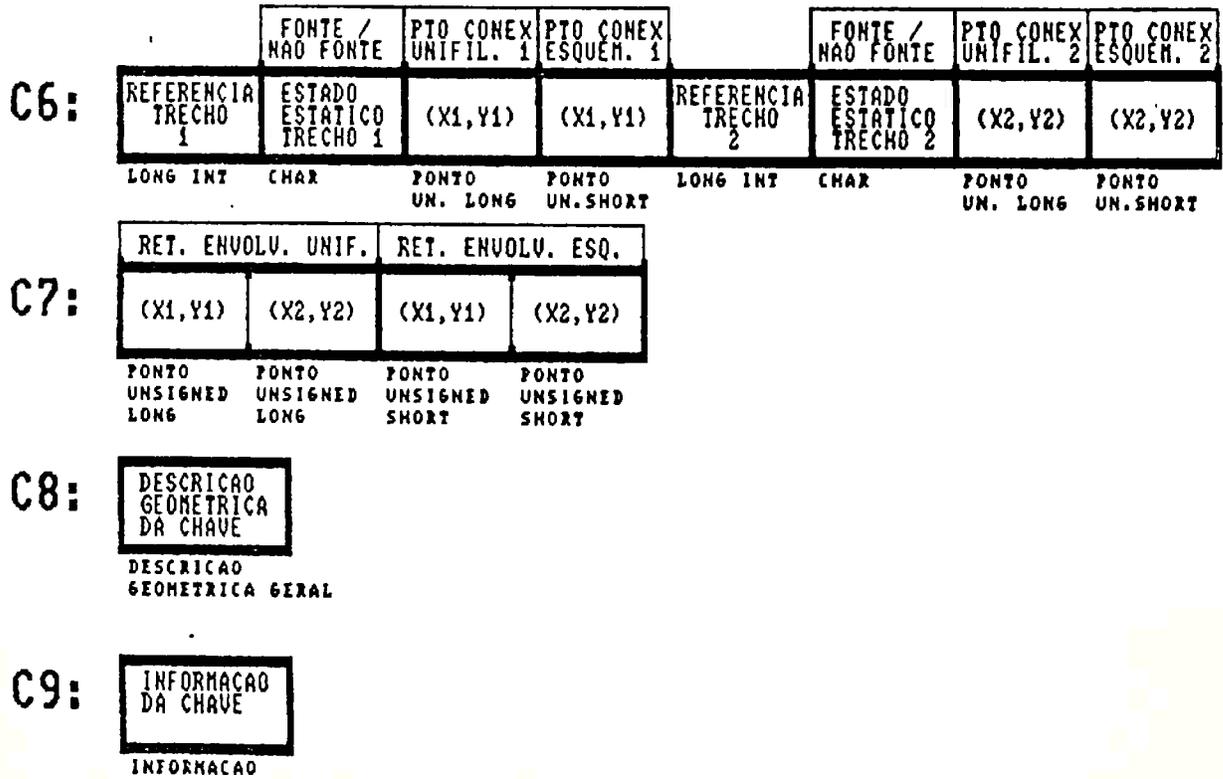
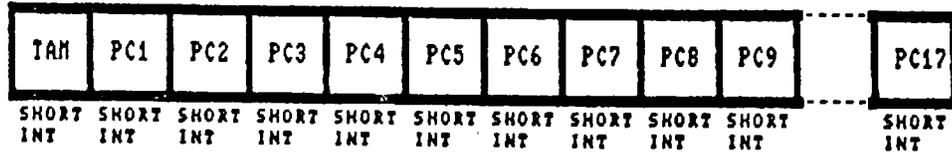


Fig.5.5.3. b) Descr. geométrica e conexão elétrica da chave.



C1:

ATRIBUTOS DO TRECHO

ATRIBUTO

C2:

NUMERO DO BLOCO

SHORT INT

C3:

ESTADO DINAMICO DO TRECHO	ESTADO SIMULACAO DO TRECHO
---------------------------	----------------------------

CHAR CHAR

C4:

COR DO TRECHO

SHORT INT

C5:

PRIORIDADE DO TRECHO

SHORT INT

Fig.5.5.4. a) Dados gerais e de estados do trecho.

C6:

COMPRIMENTO DO TRECHO (km)

SHORT INT

C7:

FATOR DE POTENCIA

FLOAT

C8:

FASE A			FASE B			FASE C			DEMANDA (KVA _s) DIURNA			DEMANDA (KVA _s) NOTURNA		
CARGA NOMINAL DO TRECHO (kVA)			CARGA NOMINAL DO TRECHO (kVA)			CARGA NOMINAL DO TRECHO (kVA)			FASE A	FASE B	FASE C	FASE A	FASE B	FASE C
FLOAT			FLOAT			FLOAT			FLOAT	FLOAT	FLOAT	FLOAT	FLOAT	FLOAT

C9:

FASE A		FASE B		FASE C	
VALOR MAXIMO	FATOR 1 (%)	FATOR N (%)	VALOR MAXIMO	FATOR 1 (%)	FATOR N (%)
FLOAT	SHORT INT	SHORT INT	FLOAT	SHORT INT	SHORT INT

C10:

REFERENCIA CHAVE FONTE EST. BLOCO

LONG INT

Fig.5.5.4. b) Curva de carga do trecho.

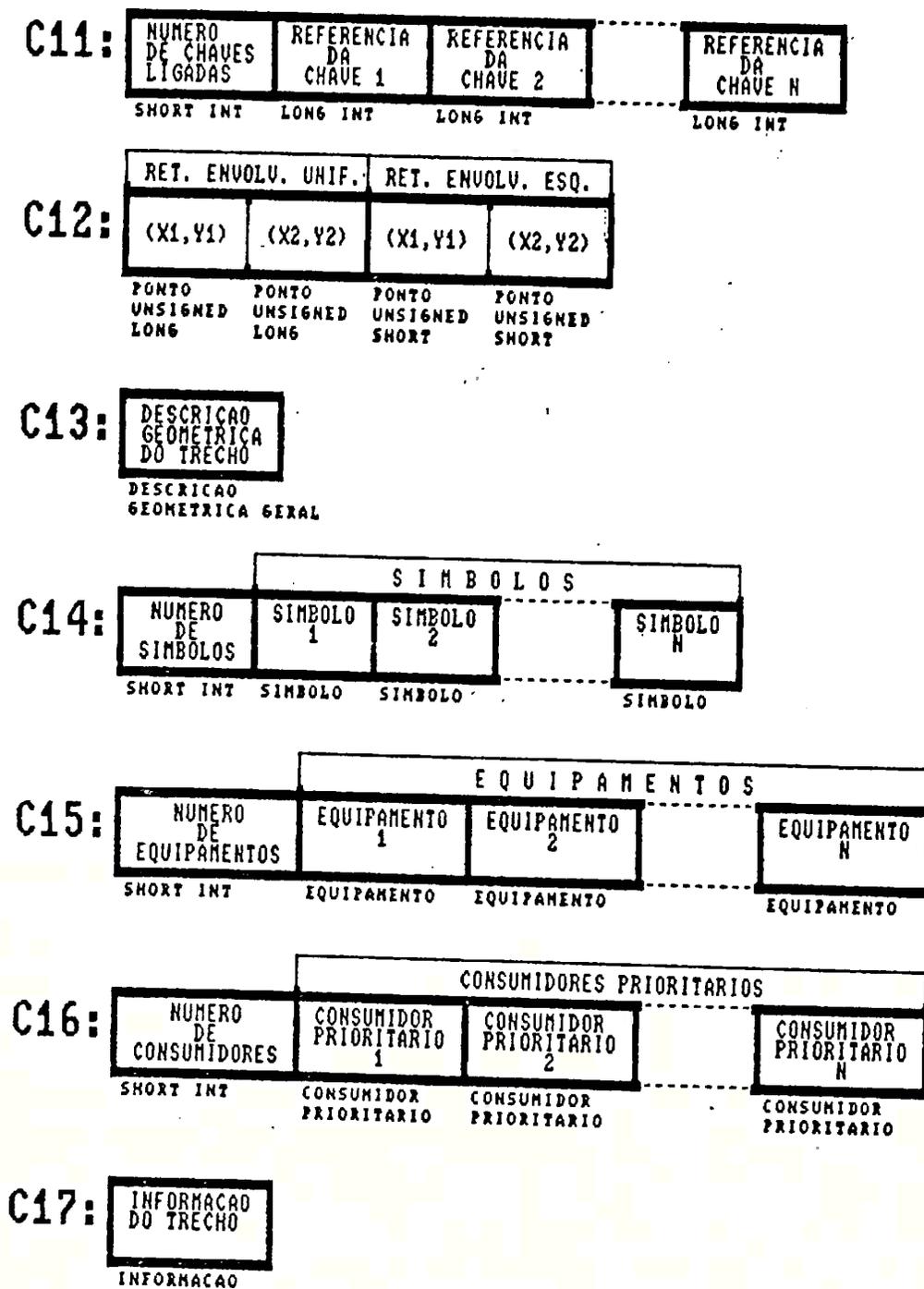


Fig.5.5.4. c) Componentes do trecho.

.EQUIPAMENTO

TAM	PC ATRIB.	PC NOME	PC TENSÃO PRIM.	PC CAPAC. NOMIN.	PC DEMAN.	PC RETAN. ENVOL.	PC DESCR. GEOM.	PC INFOR.
SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT

- ATRIB. :

ATRIBUTOS DO EQUIPAMENTO

ATRIBUTO

- NOME:

NOME DO EQUIPAMENTO

CADEIA

- TENSÃO: PRIM.:

TENSÃO PRIMÁRIA ENTR. EQP.

FLOAT

- CAPAC. NOMIN.:

	ELEMENTO 1			ELEMENTO N	
NUMERO DE ELEMENTOS	FASE (S) ENVOLVIDA(S)	CAPACIDADE NOMINAL (kVA, kVAR)		FASE (S) ENVOLVIDA(S)	CAPACIDADE NOMINAL (kVA, kVAR)
SHORT INT	CHAR	FLOAT		CHAR	FLOAT

- DEMAN.:

DEMANDA (kVA _s) DIURNA			DEMANDA (kVA _s) NOTURNA		
FASE A	FASE B	FASE C	FASE A	FASE B	FASE C
FLOAT	FLOAT	FLOAT	FLOAT	FLOAT	FLOAT

- RETAN. ENVOL.:

RET. ENVOLU. UNIF.		RET. ENVOLU. ESQ.	
(X1, Y1)	(X2, Y2)	(X1, Y1)	(X2, Y2)
PONTO UNSIGNED LONG	PONTO UNSIGNED LONG	PONTO UNSIGNED SHORT	PONTO UNSIGNED SHORT

- DESCR. GEOM.:

DESCRICAO GEOMETRICA DO EQUIPAMENTO

DESCRICAO GEOMETRICA GERAL

- INFOR.:

INFORMACAO DO EQUIPAMENTO

INFORMACAO

Fig.5.5.4. d) Equipamentos do trecho.

.CONSUMIDOR PRIORITARIO

TAM	PC ATRIB.	PC NOME	PC NUMERO	PC CAPAC. EQUIP.	PC DEMAN.	PC RETAN. ENVOL.	PC DESCR. GEOM.	PC INFOR.
SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT				

- ATRIB. :

ATRIBUTOS DO CONSUMIDOR

ATRIBUTO

- NOME :

NOME DO CONSUMIDOR PRIORITARIO

CADEIA

- NUMERO :

NUMERO DO CONSUMIDOR PRIORITARIO

SHORT INT

- CAPAC. EQUIP. :

NUMERO DE EQUIPAMENTOS	EQUIPAMENTO 1		EQUIPAMENTO N	
	FASE (S)	POTENCIA ASSOCIADA	FASE (S)	POTENCIA ASSOCIADA
SHORT INT	CHAR	FLOAT	CHAR	FLOAT

- DEMAN. :

DEMANDA (KVA _s) DIURNA			DEMANDA (KVA _s) NOTURNA		
FASE A	FASE B	FASE C	FASE A	FASE B	FASE C
FLOAT	FLOAT	FLOAT	FLOAT	FLOAT	FLOAT

- RETAN. ENVOL. :

RET. ENVOLV. UNIF.		RET. ENVOLV. ESQ.	
(X1, Y1)	(X2, Y2)	(X1, Y1)	(X2, Y2)
PONTO UNSIGNED LONG	PONTO UNSIGNED LONG	PONTO UNSIGNED SHORT	PONTO UNSIGNED SHORT

- DESCR. GEOM. :

DESCRICAÇÃO GEOMETRICA DO CONSUMIDOR

DESCRICAÇÃO GEOMETRICA GERAL

- INFOR. :

INFORMAÇÃO DO CONSUMIDOR

INFORMAÇÃO

Fig.5.5.4. e) Consumidores prioritários do trecho.

.SINBOLO

TAM	PC ATRIB.	PC RETAN. ENVOL.	PC DESCR. GEOM.	PC INFOR.
SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT

- ATRIB. :

ATRIBUTOS DO SINBOLO

ATRIBUTO

- RETAN. ENVOL. :

RET. ENVOLV. UNIF.		RET. ENVOLV. ESQ.	
(X1, Y1)	(X2, Y2)	(X1, Y1)	(X2, Y2)
PONTO UNSIGNED LONG	PONTO UNSIGNED LONG	PONTO UNSIGNED SHORT	PONTO UNSIGNED SHORT

- DESCR. GEOM. :

DESCRICAÇÃO GEOMÉTRICA DO SINBOLO

DESCRICAÇÃO GEOMÉTRICA GERAL

- INFOR. :

INFORMAÇÃO DO SINBOLO

INFORMAÇÃO

Fig.5.5.4. f) Descrição de um símbolo elétrico.

DESCRICAÇÃO GEOMÉTRICA GERAL

PC DESC. GEOM. UNIFILAR	PC DESC. GEOM. ESQUEMÁTICA	DESCRICAÇÃO GEOMÉTRICA UNIFILAR	DESCRICAÇÃO GEOMÉTRICA ESQUEMÁTICA
SHORT INT (*)	SHORT INT (*)	DESCRICAÇÃO GEOMÉTRICA	DESCRICAÇÃO GEOMÉTRICA

DESCRICAÇÃO GEOMÉTRICA

TAM	PC POLILINHA	PC ARCO	PC TEXTO	DESCRICAÇÃO DAS POLILINHAS	DESCRICAÇÃO DOS ARCOS	DESCRICAÇÃO DOS TEXTOS
SHORT INT	SHORT INT (*)	SHORT INT (*)	SHORT INT (*)	POLILINHA	ARCO	TEXTO

.. POLILINHA

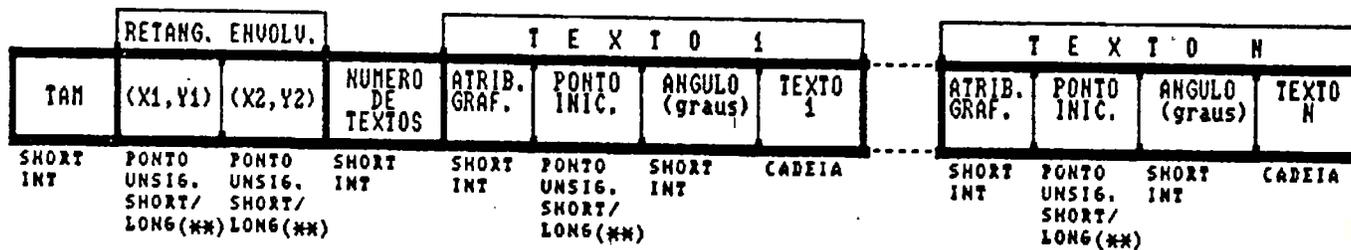
RETANG. ENVOLV.			POLILINHA 1					POLILINHA N					
TAM	(X1, Y1)	(X2, Y2)	NUMERO DE POLILIN.	ATRIB. GRAF.	NUMERO DE PONTOS	(X1, Y1)	(XN, YN)	ATRIB. GRAF.	NUMERO DE PONTOS	(X1, Y1)	(XN, Y)
SHORT INT	PONTO UNS16. SHORT/ LONG(**)	PONTO UNS16. SHORT/ LONG(**)	SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT	PONTO UNS16. SHORT/ LONG(**)		PONTO UNS16. SHORT/ LONG(**)	SHORT INT	SHORT INT	PONTO UNS16. SHORT/ LONG(**)		PONTO UNS16 SHORT LONG(

.. ARCO

RETANG. ENVOLV.			A R C O 1					A R C O N					
TAM	(X1, Y1)	(X2, Y2)	NUMERO DE ARCOS	ATRIB. GRAF.	CENTRO (X, Y)	RAIO d _{mm}	ANGULO INICIAL (graus)	ANGULO FINAL (graus)	ATRIB. GRAF.	CENTRO (X, Y)	RAIO d _{mm}	ANGULO INICIAL (graus)	ANGULO FINAL (graus)
SHORT INT	PONTO UNS16. SHORT/ LONG(**)	PONTO UNS16. SHORT/ LONG(**)	SHORT INT	SHORT INT	PONTO UNS16. SHORT/ LONG(**)	UNS. SHOR INT	SHORT INT	SHORT INT	SHORT INT	PONTO UNS16. SHOR INT	UNS. SHOR INT	SHORT INT	SHORT INT

Fig.5.5.5. a) Polilinhas e arcos.

.. TEXTO



... PONTO UNSIGNED SHORT

... PONTO UNSIGNED LONG



UNSIGNED SHORT INT UNSIGNED SHORT INT



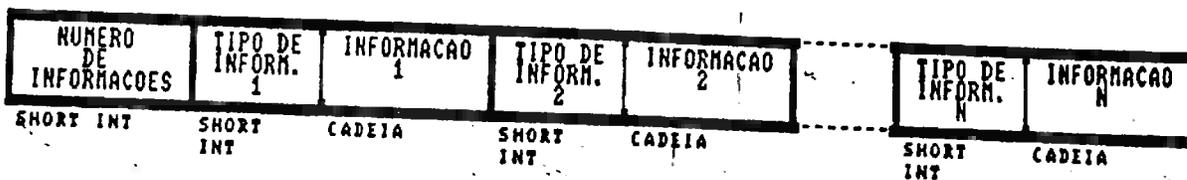
UNSIGNED LONG INT UNSIGNED LONG INT

(*) - PONTEIRO IGUAL A ZERO SE NAO HOUVER A DESCRICAO.

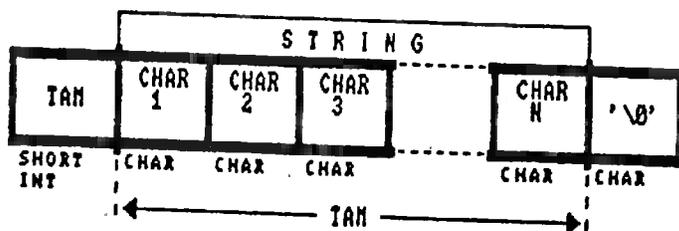
(**)- DESCRICAO GEOMETRICA UNIFILAR (PONTO UNSIGNED LONG).
DESCRICAO GEOMETRICA ESQUEMATICA (PONTO UNSIGNED SHORT)

Fig.5.5.5. b) Textos.

.INFORMACAO



.CADEIA



.ATRIBUTO



Fig.5.5.5. c) Dados gerais.

5.5.6. Atributos de ETD

A seguir, e também nos demais sub-itens, define-se os valores e as constantes válidas para os vários campos de informação.

Atributos de ETD (NMAX_AE_ETD = 0)

Atributos de Transformador de ETD

(NMAX_AE_TRAFO_ETD = 0)

5.5.7. Atributos de circuitos

Atributos de CIRCUITO (NMAX_AE_CIRC = 2)

- TIPO (AECIR_TIPO = 1)

- | | | |
|----------------|---|---------------|
| a) alimentação | 1 | AE_TPCIR_ALIM |
| b) manobra | 2 | AE_TPCIR_MANO |

- TAP DO RELÉ DO NEUTRO DO DISJUNTOR (AECIR_TAP_RE_DISJ = 2)

- Informações de CIRCUITO (NMAXTIP_IE_CIRC = 5)

- | | | |
|--|---|---------------------|
| a) Versão dos dados do circuito | 1 | IE_CIR_VERSAO |
| b) Data da última atualização | 2 | IE_CIR_DATA_ULT_ATU |
| c) Nome do responsável pela última atualização | | |
| | 3 | IE_CIR_RESP_ULT_ATU |
| d) Alteração feita | 4 | IE_CIR_ALTER_FEITA |
| e) Data da entrada em operação | 5 | IE_CIR_DATA_ENTR_OP |

5.5.8. Atributos de chaves

Atributos de CHAVE (dispositivo de seccionamento, proteção ou delimitação) (NMAX_AE_CH = 8)

- TIPO (AECH_TIPO = 1)

- | | | |
|--------------------------|---|----------------|
| a) delimitador de trecho | 1 | AE_TPCH_DELIM |
| b) jumper | 2 | AE_TPCH_JUMPER |
| c) chave-faca | 3 | AE_TPCH_FACA |

d) chave-faca com LB	4	AE_TPCH_FACA_LB
e) chave-faca-fusível	5	AE_TPCH_FACA_FUS
f) chave-fusível	6	AE_TPCH_FUS
g) chave-fusível com LB	7	AE_TPCH_FUS_LB
h) disjuntor	8	AE_TPCH_DISJ
i) religador	9	AE_TPCH_RELIG
j) seccionalizador	10	AE_TPCH_SECCION
k) chave-óleo	11	AE_TPCH_CH_OLEO
- FUNÇÃO (AECH_FUNCAO = 2)		
a) interligação	1	AE_FNCH_INTERL
b) manobra	2	AE_FNCH_MANO
c) proteção	3	AE_FNCH_PROT
d) delimitação	4	AE_FNCH_DELIM
e) de saída (pot-head)	5	AE_FNCH_SAIDA
f) mudança de bitola	6	AE_FNCH_MUD_BIT
- ABERTURA (AECH_ABERT = 3)		
a) em carga	1	AE_ABRCH_CARGA
b) em vazio	2	AE_ABRCH_VAZIO
- FLUXO (AECH_FLUXO = 4)		
a) reversível	1	AE_FXCH_REVERS
b) nao reversível	2	AE_FXCH_NAO_REVERS
- DELIMITAÇÃO (AECH_DELIM = 5)		
a) circuito	1	AE_DELCH_CIRC
b) bloco	2	AE_DELCH_BLOCO
c) trecho	3	AE_DELCH_TRECHO
- LOCALIZAÇÃO (AECH_LOCAL = 6)		
a) subestação	1	AE_LOCCH_SUBEST
b) circuito	2	AE_LOCCH_CIRC
- OPERAÇÃO (AECH_OPER = 7)		
a) manobrável	1	AE_OPRCH_MANO
b) nao manobrável	2	AE_OPRCH_NAO_MANO
- CONFIGURAÇÃO (AECH_CONFIG = 8)		
a) monofásico	1	AE_CNFCH_MONOFAS
b) bifásico	2	AE_CNFCH_BIFAS

c) trifásico 3 AE_CNFCH_TRIFAS

Informações de CHAVE (dispositivo de seccionamento, proteção ou delimitação) (NMAXTIP_IE_CH = 9):

a) Localização da chave (rua, nº mais próximo)	1	IE_CH_LOCAL
b) Número do poste	2	IE_CH_NUM_POSTE
c) Data da instalação	3	IE_CH_DATA_INSTAL

Somente para tipo de atributo 1e (faca-fusível), 1f(fusível) e 1g(fusível com LB):

d) Tipo de elo fusível 11 I_CH_FU_TIP_ELO

Somente para tipo de atributo 1i (religador):

e) Tipo de religador	21	IE_CH_RL_TIP
f) Sequência de operação	22	IE_CH_RL_SEQ_OPR
g) Corrente de disparo	23	IE_CH_RL_COR_DISP
h) Nº de operações do religador	24	IE_CH_RL_NUM_OPR
i) Disparo do sensor terra	25	IE_CH_RL_DISP_SENS

5.5.9. Atributos de trechos

Atributos de TRECHO (NMAX_AE_TCH = 7):

- TIPO (AETCH_TIPO = 1)

a) ETD	1	AE_TPTCH_ETD
b) normal	2	AE_TPTCH_NORMAL
c) vis-a-vis	3	AE_TPTCH_VAV

- TOPOLOGIA (AETCH_TOPOLOGIA = 2)

a) tronco	1	AE_TOPTCH_TRONCO
b) ramal	2	AE_TOPTCH_RAMAL
c) subramal-1	3	AE_TOPTCH_SUBR_1
d) subramal-2	4	AE_TOPTCH_SUBR_2
d) subramal-3	5	AE_TOPTCH_SUBR_3
d) subramal-4	6	AE_TOPTCH_SUBR_4
d) subramal-5	7	AE_TOPTCH_SUBR_5

- INSTALAÇÃO (AETCH_INSTAL = 3)

a) aéreo	1	AE_INSTCH_AEREO
b) subterrâneo	2	AE_INSTCH_SUBTER
c) misto	3	AE_INSTCH_MISTO

- CONFIGURAÇÃO (AETCH_CONFIG = 4)

a) monofásico	1	AE_CFGTCH_MONOFAS
b) bifásico	2	AE_CFGTCH_BIFAS
c) trifásico	3	AE_CFGTCH_TRIFAS

- LOCALIZAÇÃO (AETCH_LOCAL = 5)

a) urbano	1	AE_LOCTCH_URBANO
c) rural	2	AE_LOCTCH_RURAL

- BITOLA-FASE (AETCH_BIT_FASE = 6)

- BITOLA-NEUTRO (AETCH_BIT_NEUTRO = 7)

a) AE_BTLTCH_CA_4	1
b) AE_BTLTCH_CA_2	2
c) AE_BTLTCH_CA_1/0	3
d) AE_BTLTCH_CA_3/0	4
e) AE_BTLTCH_CA_4/0	5
f) AE_BTLTCH_CA_336,4	6
g) AE_BTLTCH_CAA_6	7
h) AE_BTLTCH_CAA_4	8
i) AE_BTLTCH_CAA_2	9
j) AE_BTLTCH_CAA_1/0	10
k) AE_BTLTCH_CAA_3/0	11
l) AE_BTLTCH_CAA_4/0	12
m) AE_BTLTCH_CAA_336,4	13
n) AE_BTLTCH_CUMD_8	14
o) AE_BTLTCH_CUMD_6	15
p) AE_BTLTCH_CUMD_4	16
q) AE_BTLTCH_CUMD_2	17
r) AE_BTLTCH_CUMD_1/0	18
s) AE_BTLTCH_CUMD_2/0	19

OBS: .CA : condutor de alumínio.

CAA : condutor de alumínio com alma de aço.

CUMD: condutor de cobre meio-duro.

- Informações de EQUIPAMENTO (NMAXTIP_IE_EQP = 13):

- a) Número do poste: 1 IE_EQP_NUM_POSTE
- b) Localização do equipamento
(rua, nº mais próximo): 2 IQP_LOCAL
- Somente para tipo de atributo 1a (inst. transf. - ET):
- c) Nome do cons. sec. prior. 11 IE_EQP_ET_NOME_CS
- d) Atividade do cons. sec. prior. 12 IE_EQP_ET_ATIV_CS
- e) Endereço do cons. sec. prior.(rua, nº, bairro)
13 IE_EQP_ET_END_CS
- f) Telefone do cons. sec. prior. 14 IE_EQP_ET_TELE_CS
- g) Fase(s) de lig.cons.sec.prior. 15 IE_EQP_ET_FASE_CS
- Somente para tipo de atributo 1c (regulador de tensão):
- h) Identificação 21 IE_EQP_RT_IDENT
- i) Capacidade (A) 22 IE_EQP_RT_CAPAC
- j) Resistência 23 IE_EQP_RT_RESIST
- k) Reatância 24 IE_EQP_RT_REATAN
- l) Largura da faixa de tensao 25 IE_EQP_RT_FAIXA_V
- m) Regulagem temporização 26 IE_EQP_RT_REG_TEMP

5.5.9.1. Equipamentos

Atributos de EQUIPAMENTO (NMAX_AE_EQP = 13):

- TIPO (AEEQP_TIPO = 1)

- a) inst. transformadora 1 AE_TPEQP_INST_TRANSF
- b) capacitor 2 AE_TPEQP_CAPAC
- c) regulador de tensao 3 AE_TPEQP_REGUL_V
- d) detetor 4 AE_TPEQP_DETETOR
- e) reator 5 AE_TPEQP_REATOR
- f) relé 6 AE_TPEQP_RELE
- g) condensador síncrono 7 AE_TPEQP_COND_SINC
- h) cabine 8 AE_TPEQP_CABINE
- i) ponto de carga 9 AE_TPEQP_PTO_CGA
- j) mufla 10 AE_TPEQP_MUFLA

- FUNÇÃO (AEEQP_FUNCAO = 2)

- a) força 1 AE_FNEQP_FORCA

- | | | |
|------------------------|---|-------------------|
| b) aterramento | 2 | AE_FNEQP_ATERR |
| c) serviço auxiliar | 3 | AE_FNEQP_AUX |
| d) proteção | 4 | AE_FNEQP_PROT |
| e) medicao de potencia | 5 | AE_FNEQP_MED_POT |
| f) medicao de corrente | 6 | AE_FNEQP_MED_COR |
| g) correção | 7 | AE_FNEQP_CORRECAO |
| h) iluminação | 8 | AE_FNEQP_ILUMIN |
- COMANDO (AEEQP_COMANDO = 3)**
- | | | |
|---------------|---|------------------|
| a) automático | 1 | AE_CMDEQP_AUTOM |
| b) direto | 2 | AE_CMDEQP_DIRETO |
- LIGAÇÃO (AEEQP_LIGACAO = 4)**
- | | | |
|--------------------|---|--------------------|
| a) Delta/Delta | 1 | AE_LIGEQP_DEL_DEL |
| b) Delta/Y | 2 | AE_LIGEQP_DEL_Y |
| c) Delta/Yaterrado | 3 | AE_LIGEQP_DEL_Y_AT |
| d) Luz | 4 | AE_LIGEQP_LUZ |
| e) Delta aberto | 5 | AE_LIGEQP_DEL_AB |
| f) Delta fechado | 6 | AE_LIGEQP_DEL_FE |
- CONFIGURAÇÃO (AEEQP_CONFIG = 5)**
- | | | |
|---------------|---|-------------------|
| a) monofásico | 1 | AE_CFGEQP_MONOFAS |
| b) bifásico | 2 | AE_CFGEQP_BIFAS |
| c) trifásico | 3 | AE_CFGEQP_TRIFAS |
- FLUXO (AEEQP_FLUXO = 6)**
- | | | |
|-------------------|---|---------------------|
| a) reversível | 1 | AE_FXEQP_REVERS |
| b) nao reversível | 2 | AE_FXEQP_NAO_REVERS |
- PROPRIETÁRIO (AEEQP_PROPR = 7)**
- | | | |
|---------------|---|-------------------|
| a) empresa | 1 | AE_PRPEQP_EMPRESA |
| b) particular | 2 | AE_PRPEQP_PARTIC |
- MONTAGEM (AEEQP_MONT = 8)**
- | | | |
|---------------|---|------------------|
| a) cruzeta | 1 | AE_MONEQP_CRUZ |
| b) adaptador | 2 | AE_MONEQP_ADAPT |
| c) plataforma | 3 | AE_MONEQP_PLATAF |
| d) câmara | 4 | AE_MONEQP_CAMARA |
- ENTRADA PRIMÁRIA (AEEQP_ENTR_PRIM = 9)**
- | | | |
|----------|---|----------------|
| a) aérea | 1 | AE_EPEQP_AEREA |
|----------|---|----------------|

- b) subterrânea 2 AE_EPEQP_SUBTER
- c) uso em EP 3 AE_EPEQP_USO_EP

Somente para tipo 1-a (instalação transformadora):

- TIPO DE INSTALAÇÃO (AEEQP_TIP_INST = 101)

- a) Câmara transf. (CT) 1 AE_TPINST_EQP_CT
- b) Entrada Prim. (EP) 2 AE_TPINST_EQP_EP
- c) Estação Transf. (ET) 3 AE_TPINST_EQP_ET
- d) Iluminação Públ. (IP) 4 AE_TPINST_EQP_IP

- CONSUMIDORES SECUNDÁRIOS

(AEEQP_CSM_SECUND = 102)

- a) prioritários 1 AE_CSM_EQP_PRIOR
- b) comum 2 AE_CSM_EQP_COMUM

- TAP (AEEQP_TAP = 103)

Somente para tipo 1-c (regulador de tensão):

- TIPO DE REGULADOR (AEEQP_TIP_REG_V = 301)

- a) L 1 AE_TIP_REG_V_L
- b) R 2 AE_TIP_REG_V_R
- c) RV 3 AE_TIP_REG_V_RV
- d) GH 4 AE_TIP_REG_V_GH
- e) KF 5 AE_TIP_REG_V_KF
- f) OYT 6 AE_TIP_REG_V_OYT
- g) SEV 7 AE_TIP_REG_V_SEV

5.5.9.2. Consumidores

Atributos de CONSUMIDOR PRIMÁRIO (NMAX_AE_CP = 3):

- TIPO (AECF_TIPO = 1)

- a) industrial 1 AE_TPCP_INDUS
- b) comercial 2 AE_TPCP_COMER
- c) residencial 3 AE_TPCP_RESID
- d) órgão público 4 AE_TPCP_ORGAO_PUBL
- e) serviços 5 AE_TPCP_SERV

- **PRIORIDADE** (AECF_PRIOR = 2)
- **CLASSE DE RENDA** (AECF_CLASSE_RENDA = 3)
- **Informações de CONSUMIDOR PRIMÁRIO**
(NMAXTIP_IE_CP = 4)
 - a) Chave associada aos equip. 1 IE_CP_CH
 - b) Capacidade da chave 2 IE_CP_CAPAC_CH
 - c) Endereço do consumidor
 (rua, nº, bairro) 3 IE_CP_END
 - d) Telefone 4 IE_CP_TELE
- **Informações de SÍMBOLO** (NMAXTIP_IE_SIMB = 0)

5.5.9.3. Símbolos

Atributos de SÍMBOLO (NMAX_AE_SIMB = 1)

- **TIPO** (AESMB_TIPO = 1)
 - a) cruzamento 1 AE_TPSMB_CRUZA
 - b) cruzamento c/ Fly-Tap 2 AE_TPSMB_CRUZA_FLY
 - c) final de circuito 3 AE_TPSMB_FINAL_CIRC
 - d) aterramento 4 AE_TPSMB_ATERR
 - e) pára-raios 5 AE_TPSMB_PARA_RAIO
 - f) ETD 6 AE_TPSMB_ETD
 - g) ETT 7 AE_TPSMB_ETT
 - h) vis-a-vis 8 AE_TPSMB_VAV
 - i) encabeçamento 9 AE_TPSMB_ENCABEC

5.5.9.4. Gerais

Atributos GERAIS

- a) atributo não preenchido 0
- b) atributo irrelevante 9998
- c) atributo não cadastrado 9999

5.6. As Principais Funções da Base de Dados (ED)

A Base de Dados do sistema é acessada via funções como as relacionadas neste item. Cada descrição está em um sub-item, e os parâmetros classificados em Entrada (E), Saída (S) ou Entrada e Saída (E/S) e o código de retorno e de erro quando existirem. A propagação de energia e o acionamento de uma chave são exemplos de acessos à BD. As funções analisam a topologia do circuito e realizam a simulação. Observar que todo o acesso à BD é efetuado através destas funções, isto é, qualquer módulo, que queira acessar uma informação da rede, deve recorrer a estas funções.

5.6.1. ED_AL_AQ_CH_TCH (REF_CH_P, REF_TCH_P, NOME_CIRC_P[], MODO_P, NUM_ELEM_P, VET_REF_P)

Esta função obtém uma lista de referências de chaves e trechos, além ou aquém, de um dispositivo de seccionamento. O dispositivo e um de seus extremos devem ser fornecidos à rotina.

- PARÂMETROS:

- (E) .REF_CH_P: Referência do dispositivo de seccionamento.
- (E) .REF_TCH_P: Referência de trecho de direção .
- (E) .NOME_CIRC_P: Nome do circuito .
- (E) .MODO_P: Simulação/Execução .
- (S) .NUM_ELEM_P: Número de elementos coletados .
- (S) .VET_REF_P[]: Vetor de referência de elementos retornados .

- RETORNO:

Nenhum.

5.6.2. ED_ATIVA_CIRC (NOME_CIRC_P, TIPO_CIRC_P)

Esta função ativa um circuito elétrico ou uma ETD, carregando suas informações para a estrutura de dados.

- PARÂMETROS:

- (E) .NOME_CIRC_P: Nome do circuito elétrico ou ETD.
- (E) .TIPO_CIRC_P: Tipo de circuito a ser ativado:
 - .0: Circuito elétrico unifilar.

.1: Diagrama ETD.

- RETORNO:

.OK: Operação realizada com sucesso.
 .E_AB_NOME_INV: Nome do arquivo inválido .
 .E_TIPO_CIR: Tipo de circuito inválido.
 .E_EXT_CIRCAT: Não existe circuito ativo .
 .E_ELEM_NLOC: Elemento não localizado .
 .E_PROG_DADO: Erro interno (acesso de dados) .
 .E_AB_ARQCFA: Erro na abertura de arquivo de cartografia .
 .E_AB_ARQETD: Erro na abertura de arquivo de ETD .

5.6.3. ED_ATIVA_DES (NOME_CIRC_P)

Esta função ativa um circuito elétrico auxiliar para visualização.

- PARÂMETROS:

(E) .NOME_CIRC_P: Nome do circuito elétrico .

- RETORNO:

.OK: Operação realizada com sucesso.
 .E_ELEM_NLOC: Elemento não localizado .
 .E_PROG_DADO: Erro interno (acesso de dados) .
 .E_AB_ARQCFA: Erro na abertura de arquivo de cartografia .
 .E_AB_ARQETD: Erro na abertura de arquivo de ETD .

5.6.4. ED_CAM_CHS (REF_CH_P, REF_TCH_P, NOME_CIRC_P[], MODO_P, NUM_ELEM_P, VET_REF_P)

Esta função obtém uma lista de referências de chaves e trechos além ou aquém de um dispositivo de seccionamento. O dispositivo e um de seus extremos devem ser fornecidos à rotina.

- PARÂMETROS:

(E) .REF_CH_P: Referência do dispositivo de seccionamento.
 (E) .REF_TCH_P: Referência de trecho de direção .
 (E) .NOME_CIRC_P: Nome do circuito .
 (E) .MODO_P: Simulação/Execução .

- (S) .NUM_ELEM_P: Número de elementos coletados .
- (S) .VET_REF_P[]: Vetor de referência de elementos retornados.

- RETORNO:

Nenhum.

5.6.5. ED_COD_ERRO (COD_ERRO_P)

Retorna código de erro das rotinas .

- PARÂMETROS:

- (S).COD_ERRO_P: Código de erro das rotinas .

- RETORNO:

Nenhum.

5.6.6. ED_DES_CIRC (NOME_CIRC_P, TIPO_P ,JAN_P, COR_P, MODO_P)

Esta função desenha um circuito no seu nível unifilar ou esquemático, ou uma ETD.

- PARÂMETROS:

- (E) .NOME_CIRC_P: Nome do circuito ou da ETD a ser desenhada.
- (E) .TIPO_P: Tipo de desenho:
 - 0: Circuito elétrico unifilar
 - 1: Cartografia sem texto
 - 2: Circuito elétrico unifilar + cartografia
 - 3: Circuito elétrico esquemático
 - 4: Diagrama ETD
 - 5: Texto da cartografia
 - 6: Circuito elétrico unifilar + cartografia com texto.
- (E) .COR_P: Cor do desenho.
 - .-1: Cor especificada na estrutura de dados.
 - .-1: Cor especificada no parâmetro.
- (E) .MODO_P: .1: Sem xor.
 - . 7: Com xor.

- (E) **.JAN_P** : Janela de visualização do circuito.
(para clipping e para armazenar a janela)

- RETORNO:

- .OK:** Operação realizada com sucesso.
.E_NEXT_CIRCAT: Circuito ou ETD não ativo.
.E_AB_NOME_INV: Nome do circuito inválido.
.E_PROG_DADO: Erro interno (acesso de dados).
.E_ELEM_NLOC: Elemento não localizado.

5.6.7. ED_DES_ELEM (TIPO_ELEM_P, REF_ELEM_P, COR_P, MODO_P)

Desenha um elemento na janela atual.

- PARÂMETROS:

- (E) **.TIPO_ELEM_P:** Tipo de elemento:
.0: Trecho.
.1: Chave.
.2: Marcas.
.3: Eqptos, Consum prio.
- (E) **.REF_ELEM_P:** Referência do elemento no arq. MBIB.
- (E) **.COR_P :** Cor do elemento.
.1: Cor especificado na estrutura de dados.
.7: cor especificado no parâmetro.
- (E) **.MODO_P :** Modo de representação :
.1 : Sem xor.
.7 : Com xor.

- RETORNO:

- .OK:** Operação realizada com sucesso.
.E_ELEM_NLOC: Elemento não localizado.
.E_TIPO_ELEM: Tipo de elemento inválido.
.E_AB_NOME_INV: Nome do arquivo inválido.
.E_PROG_DADO: Erro interno (acesso de dados).

5.6.8. ED_DES_RADAR (NOME_CIRC_P, TIPO_P, COR_P, MODO_P, JAN_P)

Esta função desenha um circuito na área do radar.

- PARÂMETROS:

- (E) .NOME_CIRC_P: Nome do circuito ou ETD a ser desenhado.
- (E) .TIPO_P: Tipo de desenho:
 - 0: Circuito elétrico unifilar
 - 1: Cartografia sem texto
 - 2: Circuito elétrico unifilar + cartografia
 - 3: Circuito elétrico esquemático
 - 4: Diagrama ETD
 - 5: Texto da cartografia
 - 6: Circuito elétrico unifilar + cartografia com texto.
- (E) .COR_P: Cor do desenho.
 - .-1: Cor especificada na estrutura de dados.
 - .-1: Cor especificada no parâmetro.
- (E) .MODO_P: .1: Sem xor.
 - .7: Com xor.
- (E) .JAN_P : Janela de visualização do circuito.
(*clipping* e para armazenar janela)

- RETORNO:

- .OK: Operação realizada com sucesso.
- .E_NEXT_CIRCAT: Circuito ou ETD não ativo.
- .E_AB_NOME_INV: Nome do circuito inválido.
- .E_PROG_DADO: Erro interno (acesso de dados).
- .E_ELEM_NLOC: Elemento não localizado .

5.6.9. ED_DESAT_CIRC (NOME_CIRC_P, TIPO_CIRC_P)

Esta função desativa um circuito elétrico ou uma ETD, liberando o espaço ocupado por suas informações na estrutura de dados.

- PARÂMETROS:

- (E) .NOME_CIRC_P: Nome do circuito elétrico ou ETD.
- (E) .TIPO_CIRC_P: Tipo de circuito a ser desativado:

.0: Circuito elétrico unifilar.

.1: Diagrama ETD.

- RETORNO:

.OK: Operação realizada com sucesso.

.E_TIPO_CIRC: Tipo de circuito inválido.

5.6.10. ED_DESATIVA_DES (NOME_CIRC_P)

Esta função desativa um circuito auxiliar de desenho .

- PARÂMETROS:

(E) .NOME_CIRC_P: Nome do circuito elétrico ou ETD.

- RETORNO:

.OK: Operação realizada com sucesso.

5.6.11. ED_EXT_CIRC (NOME_CIRC_P, TIPO_CIRC_P)

Esta função verifica se um determinado circuito existe.

- PARÂMETROS:

(E) .NOME_CIRC_P: Nome do circuito a ser procurado.

(E) .TIPO_CIRC_P: 0: Circuito unifilar.
1: ETD.

- RETORNO:

.OK: Operação realizada com sucesso.

.E_AB_NOME_INV: Nome do circuito inválido .

.E_ARQ_CH_NEXT: Arquivo de chaves não encontrado.

.E_ARQ_TCH_NEXT: Arquivo de trechos não encontrado.

.E_ELEM_NLOC: Elemento não localizado ..

.E_PROG_DADO: Erro interno (acesso de dados) .

5.6.12. ED_ID_ELEM (PONTO_P, TIPO_ELEM_P)

Esta função identifica uma lista de elementos do circuito especificada pelo TIPO_ELEM cujos retângulos envolventes contêm o ponto dado.

- PARÂMETROS:

- (E) PONTO_P: Coordenadas do ponto.
- (E) TIPO_ELEM_P: Tipo de elemento desejado.
 - .0: Trecho.
 - .1: Chave.
 - .2: Marca.

- RETORNO:

- .OK: Operação realizada com sucesso.
- .E_NIDENT_ELEM: Não identificou nenhum elemento.
- .E_TIPO_ELEM: Tipo de elemento inválido.
- .E_NEXT_CIRCAT: Não há circuito ativo.
- .E_AB_NOME_INV: Nome do circuito inválido .
- .E_ELEM_NLOC: Elemento não localizado .
- .E_PROG_DADO: Erro interno (acesso de dados) .

5.6.13. ED_INIC ()

Esta função inicializa variáveis globais da ED.

- PARÂMETROS:

Nenhum.

- RETORNO:

- .OK: Operação realizada com sucesso.

5.6.14. ED_JAN_CIRC (NOME_CIRC_P, JAN_MAX_GB_P, ULT_JAN_P, JAN_MAX_UTM_P)

Esta função lê a última janela ou a janela máxima do circuito especificado, de acordo com o nível desejado.

- PARÂMETROS:

- (E).NOME_CIRC_P: Nome do circuito elétrico.
(S).JAN_MAX_GB_P: Coordenadas da janela de visualização máxima do circuito.
(S).ULT_JAN_P: Coordenadas da última janela de visualização do circuito.
(S).JAN_MAX_UTM_P: Coord. da janela de visualização máxima do circuito em coord. UTM .

- RETORNO:

- .OK: Operação realizada com sucesso.
.E_NEXT_CIRC_AT: Circuito não foi ativado.
.E_AB_NOME_INV: Nome do circuito inválido.
.E_ELEM_NLOC: Elemento não localizado.
.E_PROG_DADO: Erro interno (acesso de dados).

5.6.15. ED_LE_AL_AQ (REF_CH_P, REF_TCH_P, NOME_CIRC_P, MODO_P, EST_RET_P)

Esta função obtém uma lista de referências de trechos, além ou aquém, de um dispositivo de seccionamento. A carga, além ou aquém, do dispositivo também é fornecido. O dispositivo e um de seus extremos devem ser fornecidos à rotina.

- PARÂMETROS:

- (E).REF_CH_P: Referência do dispositivo de seccionamento.
(E).REF_TCH_P: Referência de trecho de direção.
(E).NOME_CIRC_P: Nome do circuito.
(S).MODO_P: Simulação/Execução.
(S) .EST_RET_P: Vetor de dados de saída.

- RETORNO:

- .OK: Operação realizada com sucesso.
.E_ELEM_NLOC: Elemento não localizado.
.E_AB_NOME_INV: Circuito não localizado.
.E_PROG_DADO: Erro interno (acesso de dados) .

5.6.16. ED_LE_CH (REF_CH_P, NOME_CIRC_P, INFO_P)

Esta função obtém informação de uma chave.

- PARÂMETROS:

- (E) .REF_CH_P: Referência do disp. de seccionamento
- (E) .NOME_CIRC_P: Nome do circuito.

- RETORNO:

- .OK: operação realizada com sucesso.
- .E_ELEM_NLOC: Elemento não localizado.
- .E_AB_NOME_INV: Circuito não localizado.
- .E_PROG_DADO: Erro interno (acesso de dados).

5.6.17. ED_LE_EQP_CSM (CODIGO_P, TIPO_P, CIRC_P, RESP_P)

Esta função obtém as informações de um equipamento ou de um consumidor prioritário.

- PARÂMETROS:

- (E) .CODIGO_P: Código do equipamento ou consumidor prioritário.
- (E) .TIPO_P: Tipo de informação desejada:
 - .0: Equipamento.
 - .1: Consumidor prioritário.
- (E) .CIRC_P: Nome do circuito onde se localiza o elemento desejado.
- (S) .RESP_P: Informação a respeito do elemento desejado.

- RETORNO:

OK: Operação realizada com sucesso.

ERRO:

ED_NACHOU: não achou o elemento.

- CÓDIGOS DE ERRO:

- E_AB_NOME_INV: Nome do circuito inválido .
- E_PROG_DADO: Erro interno (acesso de dados).

5.6.18. ED_LE_REF (NOME_ELEM_P, END_ELEM_P, TIPO_P, NOME_CIRC_P)

Esta função lê a referência(MBIB) de um elemento.

- PARÂMETROS:

- (E) .NOME_ELEM_P: Nome do elemento.
- (E) .TIPO_P : Tipo de elemento .
ED_CHAVE
ED_TRECHO
ED_CAB
- (S).END_ELEM_P : Referência do elemento no MBIB.

- RETORNO:

- OK: Operação realizada com sucesso.
- E_ELEM_NLOC: Elemento não localizado.
- E_TIPO_ELEM: Tipo de elemento inválido .
- E_AB_NOME_INV: Nome do circuito inválido .
- E_PROG_DADO: Erro interno (acesso de dados).

5.6.19. ED_LE_TCH (REF_TCH_P, NOME_CIRC_P)

Esta função obtém informações especificadas pelo TIPO_INFO de um trecho.

- PARÂMETROS:

- (E) .REF_TCH_P: Referência do trecho a ser lido.
- (E) .NOME_CIRC_P: Nome do circuito (arq. MBIB) .

- RETORNO:

- .OK: Operação realizada com sucesso.
- .E_ELEM_NLOC: Trecho não localizado.
- .E_AB_NOME_INV: Circuito não localizado.
- .E_PROG_DADO: Erro interno (acesso de dados).

**5.6.20. ED_LISTA_ELEMS (NOME_CIRC_P, BUF_PON_P,
TAM_BUFFER_P, TIPO_ELEM_P)**

Lista elementos de um circuito.

- PARÂMETROS:

- (E) NOME_CIRC_P : Nome de um circuito.
- (S) BUF_PON_P : Buffer de ponteiros das estruturas MBIB
- (E) TAM_BUFFER_P: Tamanho de buffer em numero de ponteiros.
- (E) TIPO_ELEM_P : Tipo de elemento:
 - .1: Chave.
 - .2: Trecho.

- RETORNO:

- .OK:
- .E_AB_NOME_INV: Nome do circuito inválido.
- .E_TIPO_ELEM: Tipo de elemento inválido.

5.6.21. ED_NÍVEL (NÍVEL_P)

Altera o nível de visualização.

- PARÂMETROS:

- (E) NÍVEL_P : Nível desejado.

- RETORNO:

- .OK:

**5.6.22. ED_OPERA_CH (REF_CH_P, OPER_P, TIPO_OPER_P,
NOME_CIRC_P)**

Esta função abre e fecha um dispositivo de seccionamento, atualizando o seu estado dinâmico na Base de Dados e realimenta o estado de energização dos trechos envolvidos (se estiverem contidos na janela de visualização).

- PARÂMETROS:

- (E) **.REF_CH_P:** Referência do dispositivo de seccionamento no arquivo MBIB.
- (E) **.OPER_P:** Operação realizada sobre o dispositivo .
 - .'A':** Abertura do dispositivo.
 - .'F':** Fechamento do dispositivo
- (E) **.TIPO_OPER_P:** Tipo de alteração a ser realizada na Base Dados.
 - .0:** Execução.
 - .1:** Simulação.
- (E) **.NOME_CIRC_P:** Nome do circuito .

- RETORNO:

- .OK:** Operação realizada com sucesso.
- .ERRO**

- CÓDIGOS DE ERRO :

- .E_OPR_REDUN:** Tentativa de abertura de chave aberta ou fechamento de chave fechada.
- .E_ELEM_NLOC:** Chave inexistente.
- .E_TIPO_OPR:** Tipo de operação inválida.
- .E_PROG_DADO:** Erro interno (acesso de dados).
- .E_AB_NOME_INV:** Nome do circuito inválido .

5.7. As Principais Funções Gráficas (GRs)

O módulo GR visa encapsular as funções que (para a execução dos processos de interface com o usuário), interfaceiam com dispositivos gráficos de entrada e saída.

Este módulo é composto de funções de manipulação de janelas, seleção de elementos gráficos, apresentação de textos e mensagens, gerenciamento do cursor e configuração do sistema gráfico.

As funções cujos nomes são iniciados pelo prefixo TX são responsáveis pela apresentação de informações gráficas de Texto no quadro de informação. Apesar do prefixo diferente pertencem ainda a GR.

5.7.1. GR_INIC (NOME)

Esta função inicia as variáveis da GR, inicia o pacote gráfico e desenha a tela do Sistema. Para a iniciação das variáveis é lido um arquivo de configuração com o nome passado.

- PARÂMETROS:

(E) .NOME: Nome do arquivo de configuração.

- RETORNO:

.0: OK.

1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

. O formato do arquivo de Configuração é descrito no próprio arquivo. Os parâmetros estão intimamente ligados aos parâmetros do pacote gráfico utilizado.

5.7.2. GR_DESTELA ()

Desenha a tela do sistema conforme os parâmetros do arquivo de configuração.

- PARÂMETROS:

.NENHUM.

- RETORNO:

.0: OK.

5.7.3. GR_LECFG (NOME)

Lê o arquivo de configuração do sistema e atualiza as variáveis globais. Caso haja algum erro no arquivo, o programa termina e indica qual linha em que ocorreu o erro.

- PARÂMETROS:

(E) .NOME : Nome do arquivo de configuração.

- RETORNO:

- .0: OK.
- .1: ERRO

5.7.4. GR_FINDISPMOV ()

Reconfigura o dispositivo de movimentação com a configuração inicial (*default*).

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

- .0: OK.
- .1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

. Esta rotina existe, porque o dispositivo de movimentação pode ser alterado conforme a função.

5.7.5. GR_INDISPMOV (TECMOV, COR_CURSOR, TIPO_CURSOR)

Inicia o dispositivo gráfico de movimentação (localizador) com os parâmetros dados.

- PARÂMETROS:

- (E) .TECMOV : Tecla de movimentação.
- (E) .COR_CURSOR : Cor do cursor
- (E) .TIPO_CURSOR : Tipo do cursor gráfico
- ATRIB_LIN,ATRIB_TXT,ATRIB_ARC - Estruturas com os atributos gráficos para cada um dos primitivos.

- RETORNO:

- .0: OK.
- .1: ERRO.

5.7.6. GR_AT1 (CAMPO , INFORMAÇÃO)

Atualiza os campos da tabela de informação do sistema.

- PARÂMETROS:

(E) .CAMPO - Identificador do campo

(E) .INFORMAÇÃO - String com a informação relativa ao campo.

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

São três os campos do quadro de informação:

0 - Nome do operador.

1 - Data e Hora.

2 - Circuito ativo.

5.7.7. GR_ESC_MSG (TEXTO, COR)

Apresenta o TEXTO no campo de mensagens do sistema com a cor especificada.

- PARÂMETROS:

(E) .TEXTO : String com a mensagem.

(E) .COR : Cor da mensagem.

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

5.7.8. GR_MSGTMP (MSG, TEMPO)

Apresenta uma mensagem por um tempo determinado.

- PARÂMETROS:

.MSG - Mensagem a ser apresentada.

.TEMPO - Tempo de apresentação em Segundos.

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

5.7.9. GR_LE_ENTRADA (TECLA)

Permanece em *loop* lendo os dispositivos de entrada. Retornado o código da primeira tecla pressionada.

- PARÂMETROS:

.TECLA - Tecla pressionada

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

5.7.10. GR_LE_TEXTO (MSG, MAXCAR, TEXTO, TECLA)

Recebe um texto do usuário, apresentando a mensagem MSG. O texto é lido até que o número de caracteres exceda MAXCAR ou seja pressionada a tecla ENTER ou ESCAPE. Se o TEXTO não for vazio este é apresentado como o texto *default*.

- PARÂMETROS:

.MSG - Mensagem que aparece antes do texto.

.MAXCAR - Número máximo de caracteres.

.TEXTO - Texto lido.

.TECLA - Tecla pressionada.

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

A função espera inicialmente uma resposta dos dispositivos de movimentação, como mesa ou *mouse*. Caso um caracter ASCII seja lido do teclado, a função passa a tratar apenas deste dispositivo. Caso uma tecla seja lida dos dispositivos de movimentação, esta é retornada e a função termina.

5.7.11. GR_INIEDBC ()

Inicia as variáveis da EDBC conforme configuração previamente estabelecida.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

5.7.12. GR_PTO_TCH (X, Y, TRECHO)

Verifica se um ponto (X,Y) pertence ao trecho dado.

- PARÂMETROS:

(E) .X,Y : Ponto a ser testado.

(E) .TRECHO : Trecho a ser testado.

- RETORNO:

.0: Ponto não pertence ao trecho

.2: Ponto pertence ao trecho.

5.7.13. GR_ID_CH (VETOR_X, VETOR_Y, NELEM, CHAVE)

Desenha um retângulo ao redor de cada ponto definido pelos vetores VETOR_X e VETOR_Y e espera que o usuário selecione um dos retângulos. Retorna o índice do ponto selecionado.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

.0: Ok.

.1: Erro.

5.7.14. GR_ID_TCH (TRECHO)

Interage com o usuário e retorna um trecho selecionado.

- PARÂMETROS:

(S).TRECHO : Trecho selecionado

- RETORNO:

0 - Selecionou trecho.

1 - Nao confirmou trecho.

2 - Foi teclado ESC.

5.7.15. GR_VIUORTE (AREA, APAGA)

Define a viuporte corrente especificada pelo parâmetro área. A viuporte pode ser apagada.

- PARÂMETROS:

(E) .AREA : Determina a viuporte a ser definida.

CIRCUITO

MENSAGEM

RADAR

(E) .APAGA : = = 1 - apaga a viuporte atual.

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.7.16. GR_JANELA (CIRCUITO, TIPO, PRIMEIRA)

Define a janela da viuporte ativa.

- PARÂMETROS:

- (E) .CIRCUITO : Nome do circuito de qual a janela vai ser lida
- (E) .TIPO : Tipo de janela - última máxima
- (E) .PRIMEIRA : Indica que é a primeira vez. para que a janela seja lida do arquivo.

- RETORNO:

- 0 - OK
- 1 - ERRO

5.7.17. GR_MDJAN (VALIDA, X, Y, PROPORCAO)

Muda a janela atual, centrada no ponto dado pela proporção relativa à janela máxima. Caso VALIDA seja igual a 1, uma confirmação é pedida ao usuário.

- PARÂMETROS:

- (E) .VALIDA : Define se pede confirmação ao usuário.
- (E) .X,Y: Ponto central.
- (E) .PROPORCAO : Proporcao relativa a janela máxima.

- RETORNO:

- 0 - OK.
- 1 - ERRO.

5.7.18. GR_LE_JANELA ()

Interage com o usuário requisitando uma janela e definindo-a.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

- 0 - OK

1 - ERRO

- DETALHAMENTO:

Esta rotina deveria ser dividida em rotinas de interface com usuário e rotinas de interface com o núcleo gráfico.

5.7.19. GR_DESLOCA ()

Interage com o usuário permitindo o deslocamento da posição da janela através do radar. .

- PARÂMETROS:

. NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.7.20. GR_LEPTO (X, Y, TECLA)

Interage com o usuário e retorna um ponto selecionado.

- PARÂMETROS:

(S).X, Y : Ponto Selecionado

(S).TECLA : Tecla pressionada

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.7.21. GR_LE_RETANG (MODO,X1,Y1,X2,Y2,TECLA)

Interage com o usuário e retorna o retângulo selecionado e a tecla pressionada.

- PARÂMETROS:

(S).X1,Y1,X2,Y2 : Retângulo definido

(S).TECLA : Tecla pressionada.

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.7.22. GR_DES_CIRC (CIRCUITO, TIPO, APAGA)

Interage e desenha o circuito do tipo dado, apagando se for especificado.

- PARÂMETROS:

(E) .CIRCUITO : Nome do circuito

(E) .TIPO : Elementos a desenhar circuito, cartografia, ou texto

(E) .APAGA : Define se o circuito será desenhado com cor de fundo e portanto apagado.

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.7.23. GR_AT_RADAR (DESENHA)

Atualiza a janela atual na área do radar. O circuito pode ser redesenhado ou não.

- PARÂMETROS:

(E) .DESENHA : Define se o circuito deve ser desenhado.

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.7.24. TX_SINAL (SINAL, TIPO)

Atualiza a sinalização do sistema utilizada para indicar a presença de marcas.

- PARÂMETROS:

(E) .SINAL : Cor do sinal : 0 desativado, 1 ativado

(E) .TIPO : Define se é sinal de marca Global ou local

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.7.25. TX_IMP (NLIN, LINHAS)

Apresenta na tela um texto dividido em linhas na área de mensagens do sistema.

- PARÂMETROS:

(E) .NLIN : Número de linhas do texto

(E) .LINHAS: Linhas do texto

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.7.26. TX_ABRE ()

Define os parâmetros internos do quadro de mensagens, calculando as variáveis necessárias, baseando-se na configuração de tela atual.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.7.27. TX_LIMPA ()

Limpa a área de apresentação de informações definida em TX_ABRE.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.7.28. TX_MESMO (TEXTO)

Decompõe um texto em sub-textos, conforme uma formatação pré-determinada.

- PARÂMETROS:

(E) .TEXTO : Texto a ser formatado.

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.8. As Principais Funções Interativas (FIs)

O módulo FI é composto das funções que interfaceiam diretamente com o usuário, chamando as funções de acesso a estrutura de dados (ED) e as rotinas de controle gráfico (GR).

O módulo FI é dividido em três partes: A primeira, é composta de funções chamadas diretamente pelo usuário através do menu; A segunda, são as funções utilitárias que executam tarefas auxiliares para execução das funções da primeira parte; A terceira, é composta das funções de controle e gerenciamento de *menus* que implementam a interface direta com o usuário. Para maiores detalhes ver [11].

5.8.1. MAIN ()

Esta é a função principal do sistema. Chama os procedimentos de iniciação, permanecendo em *loop*, à espera da seleção de uma função pelo usuário, executando-a até que seja chamada a função de fim, quando, então, os procedimentos de finalização são executados e o controle do computador volta ao sistema operacional.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

5.8.2. FI_ABRE_PO ()

Interfaceia com o usuário para ativar um PO. Pode criar um novo ou carregar um já existente. Na tela alfanumérica o PO é apresentado no estado em que foi fechado. Caso alguns comandos devam ser simulados, estes são realimentados na tela gráfica.

- PARÂMETROS:

.NENHUM.

- RETORNO:

.0: OK.

.1 ERRO

- DETALHAMENTO:

Caso já exista um PO no sistema, este será substituído pelo novo, mediante confirmação.

5.8.3. FI_FECHA_PO ()

Interfaceia com o usuário e permite, mediante confirmação, fechar, ou desativar o PO presente no sistema. No momento do fechamento o PO, é salvo em disco.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

- .0: OK.
- .1: ERRO

5.8.4. FI_APAGA_PO ()

Esta função apresenta os POs presentes no diretório atual e permite ao usuário selecioná-los para que sejam apagados.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

- .0: OK.
- .1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

- Caso o PO selecionado seja o PO ativo este não é apagado.
- Caso o PO selecionado possua pelo menos um comando confirmado (veja EDPO) este não pode ser apagado.

5.8.5. FI_EDITA_PO ()

Esta função permite a edição de um PO aberto. As funções possíveis são:

- . Posicionamento do cursor de escrita e leitura, que realimenta os comandos na tela gráfica.
- . Inserção de comentários de linhas.
- . Eliminação de comentários de linhas.
- . Inserção de comentários de comandos.
- . Eliminação de comandos.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

- .0: OK.
- .1: ERRO.

5.8.6. FI_ABRE_CH ()

Esta função permite ao usuário, interativamente, a abertura de chaves no estado de simulação. Esta operação é automaticamente inserida no PO na posição do cursor de escrita e leitura.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

- .0: OK.
- .1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

- . O sistema não permite a abertura de uma chave que já se encontre aberta, emitindo um sinal sonoro de erro.
- . Imediatamente após a operação, o usuário verá a realimentação gráfica da abertura no estado de energização da Rede.

5.8.7. FI_FECHA_CH ()

Esta função permite ao usuário, interativamente, o fechamento de chaves no estado de simulação. Esta operação é automaticamente inserida no PO, na posição do cursor de escrita e leitura.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

- .0: OK.
- .1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

- . O sistema não permite o fechamento de uma chave que já se encontre fechada, emitindo um sinal sonoro de erro.
- . Imediatamente após a operação, o usuário verá a realimentação gráfica do fechamento no estado de energização da Rede.

5.8.8. FI_IMPRIME_PO ()

Esta função imprime o PO ativo ou permite a impressão de um PO não ativo que esteja no disco. A impressora deve estar ativada, caso contrário, o sistema ficará travado.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

- . A função de impressão quando para imprimir um PO não-ativo é um programa chamado POIMPR.EXE, que deve estar presente no diretório atual. Este esquema permite que os PO possam ser impressos sem que o sistema esteja ativado.

5.8.9. FI_CANCELA ()

Esta função permite que uma abertura ou fechamento de chave, em simulação, possa ser cancelada, isto é, a operação é revertida e eliminada do PO.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

. O cancelamento só pode ocorrer quando nenhuma outra operação sobre o PO tenha sido executada.

5.8.10. FI_CONF_PO

Esta função interage com o usuário permitindo-lhe selecionar comandos de um PO ativo e não simulado, para serem confirmados, quando então, o usuário entrará com informações sobre este comando. O tela gráfica será realimentada na medida em que a alteração e o comando forem inseridos no BHO. A partir deste instante, o comando não poderá ser eliminado, nem o PO que o contém.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

. Caso haja algum comando em simulação, o sistema emite um sinal sonoro e a função é terminada.

5.8.11. FI_CAB_PO ()

Esta função interage com o usuário e permite a edição do cabeçalho do PO ativo. O usuário seleciona o campo do cabeçalho a ser alterado e o edita.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

5.8.12. FI_visualiza ()

Esta função permite ao usuário a ativação de um circuito, digitando o seu nome ou selecionando-o de uma lista de circuitos existente. Se já houver um circuito ativo, este é desativado e substituído pelo selecionado.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

. Quando a lista de circuitos auxiliares não estiver vazia, esta função limpa, pois não é possível supor que os circuitos auxiliares ativos tenham relação com o novo circuito ativado.

5.8.13. FI_ATUALIZA ()

Esta função redesenha o circuito ativo, incluindo a área de radar.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.8.14. FI_ENQUADRA ()

Esta função redesenha o circuito, redefinindo a janela, para que todo o circuito seja visualizável na tela gráfica.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

.0: Ok.

.1: Erro.

- DETALHAMENTO:

. A nova janela é mostrada no radar como um retângulo vermelho.

5.8.15. FI APROXIMA ()

Esta função interage com o usuário, solicitando uma janela retangular na área de circuito, redefinindo a nova janela para a área definida. A função redesenha a tela na nova janela.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.8.16. FI_VAV ()

Esta função requisita ao usuário a seleção de uma chave vis-a-vis e ativa o circuito que está ligado à ela. O novo circuito apresentado na tela possui a chave vis-a-vis selecionada no centro da tela.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

- DETALHAMENTO:

. Caso existam circuitos auxiliares ativos, relacionados com o circuito atual, e o novo circuito a ser ativado é um deles, há uma troca. O antigo circuito auxiliar é ativado e o antigo permanece

como auxiliar do novo. Os demais circuitos auxiliares ativos permanecem ativos.

5.8.17. FI_DESLOCA ()

Esta função interage com o usuário através da área de radar, possibilitando o deslocamento da janela atual pela área total. Quando um nova posição é definida a área de circuito é atualizada.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.8.18. FI_ATIVA_DES ()

Esta função permite a ativação de um ou vários circuitos como circuitos auxiliares do circuito ativo. Os circuitos auxiliares são desenhados em cores mais fracas seguindo a representação de cores do circuito ativo.

- PARÂMETROS:

.NENHUMA

- RETORNO:

0 - OK.

1 - ERRO.

5.8.19. FI_DESAT_DES ()

Esta função interage com o usuário apresentando os circuitos auxiliares ativos a serem desativados.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

- DETALHAMENTO:

. Quando não houver mais circuitos auxiliares para serem eliminados, a função termina.

5.8.20. FI_TEXTO ()

Esta função ativa/desativa o desenho dos textos da cartografia.

- PARÂMETROS:

. NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

- DETALHAMENTO:

. A função alterna o estado do texto de cartografia, isto é, ativa se estiver desativada e desativa se estiver ativada.

5.8.21. FI_CARTOGRAFIA()

Esta função ativa/desativa o desenho da cartografia.

- PARÂMETROS:

. NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

- DETALHAMENTO:

. A função alterna o estado da cartografia, isto é, ativa se estiver desativada e desativa se estiver ativada.

5.8.22. FI_MD_NIVEL ()

Esta função interage com o usuário e muda o nível de visualização, passando do nível unifilar para o nível esquemático e vice-versa. A função solicita a seleção de uma chave, sobre a qual será centrada a atenção quando do chaveamento de nível

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.8.23. FI_CONS_INST ()

Esta função interage com o usuário, solicitando a seleção de um elemento gráfico que represente uma instalação (chave, equipamento etc), apresentando as informações relativas a esta instalação na área de informações.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.8.24. FI_CONSUMIDOR ()

Esta função recebe do usuário o nome de um consumidor, cadastrado na base de dados do circuito ativo, e centraliza a área de circuito em torno do elemento gráfico que o representa.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.8.25. FI_EQUIPAMENTO ()

Esta função recebe do usuário o nome de um equipamento cadastrado na base de dados do circuito ativo e centraliza a área de circuito em torno do elemento gráfico que o representa.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.8.26. FI_TCH_CGA ()

Esta função interage com o usuário requisitando a seleção de um trecho, do qual será mostrada a carga.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.8.27. FI_ALAQ_CGA ()

Esta função interage com o usuário requisitando a seleção de uma chave e de um trecho indicativo de direção, a partir das quais será apresentada a carga além-aquém.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.8.28. FI_TCH_EQP ()

Esta função interage com o usuário requisitando a seleção de um trecho, do qual será mostrado os equipamentos.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.8.29. TERMINA ()

Esta função termina o sistema, mediante confirmação do usuário, fechando um eventual PO que esteja aberto.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

0 - OK

1 - ERRO

5.8.30. FI_UT_BURO ()

Esta função interage com o usuário requisitando informações para a entrada no sistema, como nome do operador e a senha para a operação.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

- 0 - OK
- 1 - ERRO

5.8.31. FI_UT_DES (RADAR)

Esta função utilitária desenha o circuito e atualiza o radar se for definido pelo parâmetro

- PARÂMETROS:

- .(E) RADAR 0 : não atualiza o radar
- 1 : atualiza o radar

- RETORNO:

- 0 - OK
- 1 - ERRO

5.8.32. FI_UT_EC (TIPO)

Esta função utilitária, requisita do usuário o nome de um equipamento ou consumidor e apresenta o mesmo centrado na tela gráfica.

- PARÂMETROS:

- .(E) TIPO - 0 : equipamento
- 1 : consumidor

- RETORNO:

- 0 - OK
- 1 - ERRO

5.8.33. FI_UT_HORA ()

Esta função atualiza o campo de hora do sistema.

- PARÂMETROS:

- .NENHUM

- RETORNO:

- 0 - OK
- 1 - ERRO

5.8.34. FI_UT_LELISTA (TEXTO_LIDO , TECLA)

Esta função apresenta uma lista ao usuário para que este selecione um nome. A lista é formada pelos arquivos que correspondem à máscara fornecida inicialmente no parâmetro TEXTO_LIDO.

- PARÂMETROS:

- (E/S) .TEXTO_LIDO : (E) - Máscara para seleção .
(S) - Texto lido
- (S) .TECLA : Tecla pressionada.

- RETORNO:

- 0 - OK
- 1 - ERRO

- DETALHAMENTO:

- . A lista é apresentada na área de menus.

5.8.35. FI_UT_MONTADIR (RESTRIÇÃO , LISTA)

Esta função retorna uma lista com arquivos do diretório corrente que possuam a restrição dada.

- PARÂMETROS:

- (E).RESTRIÇÃO : Máscara para seleção.
- (S).LISTA : Lista com os arquivos que possuem a restrição.

- RETORNO:

- Número de elementos na lista.

5.8.36. FI_UT_PEDNOME (MENSAGEM , NOME)

Esta função interage com o usuário para requisitar um nome, apresentando a mensagem. Caso o usuário digite uma máscara ou tecla diretamente, a função apresenta uma lista para que o nome seja selecionado da mesma.

- PARÂMETROS:

(E).MENSAGEM : Mensagem inicial.
(S).NOME : Nome selecionado.

- RETORNO:

0 - OK
1 - ERRO

5.8.37. FI_UT_QUADRO ()

Esta função atualiza o quadro de informações que contém o nome do operador, a hora atual e o nome do circuito ativo.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

NENHUM

5.8.38. FI_UT_SEL_CHV (NTIPO, TIPOS , CHAVE)

Esta função realça as chaves dos tipos passados do circuito atual para que o usuário selecione alguma através do cursor gráfico.

- PARÂMETROS:

(E).NTIPO : Número de tipos para a seleção.
(E).TIPOS : Lista com os tipos passíveis de seleção.
(S) .CHAVE : Chave selecionada.

- RETORNO :

0 - OK
1 - ERRO

5.8.39. FI_ABRE_CH_BHO ()

Esta função permite ao usuário, interativamente, a abertura de chaves no estado de execução. Esta operação é automaticamente inserida no BHO (Boletim Histórico de Ocorrências). É requisitado ao usuário os dados relativos ao comando executado.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

. O sistema não permite a abertura de uma chave que já se encontre aberta, emitindo um sinal sonoro de erro.

. Imediatamente após a operação, o usuário verá a realimentação gráfica da abertura, no estado de energização da Rede.

. Esta operação não pode ser cancelada após a confirmação

5.8.40. FI_FECHA_CH_BHO ()

Esta função permite ao usuário, interativamente, o fechamento de chaves no estado de execução. Esta operação é automaticamente inserida no BHO. É requisitado ao usuário os dados relativos ao comando executado.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

. O sistema não permite o fechamento de uma chave que já se encontre fechada, emitindo um sinal sonoro de erro.

- . Imediatamente após a operação, o usuário verá a realimentação gráfica do fechamento no estado de energização da Rede.
- . Esta operação, após confirmada, não pode ser cancelada.

5.8.41. FI_IMPRIME_BHO ()

Esta função permite ao usuário imprimir o BHO do dia corrente.

- PARÂMETROS:

.NENHUM

- RETORNO:

.0: OK.

.1: ERRO.

- DETALHAMENTO:

. A impressora deve estar ativa para a execução desta função, caso contrário, o sistema permanecerá à espera, até que a impressora esteja pronta.

Termos e Conceitos Importantes do Capítulo

- Base de dados do Sistema - Módulo de software responsável pelo armazenamento e gerenciamento de acesso (leitura e escrita) à descrição da rede elétrica, formada pelo conjunto de circuitos elétricos.
- Arquitetura Lógica da base de dados - Estruturação lógica da base a nível de informações, atributos e organização de dados. Ver Cap. 4.
- Funções da base de dados - Estas funções centralizam o acesso a base de dados. Elas permitem ler ou escrever informações da B.D. respeitando a sua arquitetura lógica. São ativadas por programas. Ver. Cap. 4.

- **Funções gráficas (GR)** - São funções, ativadas por programas que implementam a interface gráfica de interação e visualização gráfica de circuitos do sistema implementado no Cap. 4.
- **Funções interativas (FI)** - São funções acionadas por programas que implementam os comandos disponíveis aos despachantes, de acordo com a especificação funcional.
- **Protótipo de função** - É uma descrição de uma função do ponto de vista "caixa preta", isto é, a sua finalidade, os parâmetros que recebe e devolve, e o valor retornado após a sua execução. Os itens 5.6, 5.7 e 5.8 apresentam os protótipos das funções da ED, GR e FI respectivamente. Mais detalhes ver [11].

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

OBJETIVOS DO CAPÍTULO

- *Descrever os sistemas finais desenvolvidos;*
- *Os resultados obtidos do ponto de vista de tecnologia; e*
- *Desenvolver algumas linhas de raciocínio para estimar custos e benefícios relacionados com o sistema desenvolvido.*

CONTEÚDO

- **Características Gerais do Sistema Desenvolvido**
 - **Tecnologias Desenvolvidas**
 - **Estimativas de Custos e Benefícios**
-

6.1. Características Gerais do Sistema Desenvolvido

O módulo de edição de símbolos (EDS), na sua versão implementada no computador, tornou-se um programa interativo que exige pelo menos um microcomputador do tipo PC/XT dotado de placa gráfica 640x200 a 2 cores (monocromática), utilizando o teclado de setas como meio de interação gráfica. Com ele, foram produzidos, pelos técnicos do próprio LSD/EPUSP, três bibliotecas totalizando 80 símbolos de chaves, transformadores, banco de capacitores, consumidores e outros. O tempo estimado para a criação desta biblioteca foi da ordem de 24 horas (três dias). Maiores detalhes podem ser vistos em [10] e [11].

A implementação do módulo de edição de circuitos (ATUALIZAÇÃO) produziu um programa interativo (ver [11]) que utiliza a estação de trabalho baseada em um microcomputador PC/AT ou PC/386 com um monitor alfanumérico e um monitor gráfico de alta resolução DATANAV de 1024 x768 píxeis de 16 cores, uma mesa digitalizadora tamanho A1, traçador gráfico de desenhos (ou *plotter*) tamanho A1 com 14 penas e uma impressora gráfica.

As funções do módulo ATUALIZAÇÃO permitem digitalizar, alterar ou importar dados de circuitos ou de cartografia de outros sistemas de automação gráfica. A principal característica do sistema é permitir que, durante o processo de digitalização de um circuito, este último seja interpretado segundo o modelo elétrico previsto. Por exemplo, ele analisa um circuito desenhado e verifica se existe apenas uma estação transformadora ETD, se cada extremidade da chave está conectada a dois trechos, se as chaves de interligação se referem a circuitos existentes. Cada equipamento de rede incorporado no desenho, como chaves, capacitores, banco de capacitores, transformadores e inclusive conexões (fios), deve ser complementado com informações alfanuméricas, correspondentes aos dados cadastrais e elétricos, que permita a realização de cálculos e simulação de propagação de energia no módulo OPERAÇÃO.

Neste módulo, experimentalmente, obteve-se os seguintes dados de utilização: para circuitos de tamanho médios com 30 chaves e 10 consumidores prioritários, a digitalização total demorou 10 horas para os circuitos e 3 horas para cartografia, o que poderia demandar um tempo enorme para digitalizar todos os circuitos (Da ordem da 150 circuitos para cidades de médio porte). Cada circuito consome, em média, 40 a 50 Kbytes de armazenamento em disco.

Este processo pode ser feito mais rapidamente através de importação de dados. A cartografia normalmente pode ser importada de outros sistemas específicos de CAD para digitalização cartográfica, que

utilizam o processo de levantamentos aerofotogramétricos (Ver [11]). Também para circuitos, as próprias empresas concessionárias de energia normalmente dispõem de banco de dados dos circuitos, contendo informações cadastrais, elétricas e de posicionamento geográfico dos equipamentos da rede elétrica.

A implementação do módulo OPERAÇÃO gerou um programa cuja principal característica é a facilidade de manuseio gráfico de circuitos. Ele permite estudar um circuito manipulando independentemente ou simultaneamente, outros circuitos (o que facilita visualizar a interdependência física dos elementos elétricos que os compõem). Do ponto de vista de operação, indicando graficamente o elemento ou fornecendo o seu código através do teclado, o usuário - no caso o despachante - tem facilidade de consultar informações cadastrais e elétricas dos equipamentos, dos consumidores e especificamente das chaves de seccionamento.

A estação de trabalho do despachante é composta de:

- . um microcomputador do tipo PC/386 com monitor alfanumérico de 80 colunas por 25 linhas (para apresentar as tabelas de comandos do plano de manobras);
- . um monitor gráfico colorido de 20", com 1024x768 píxeis de 16 cores (para visualizar a cartografia, os circuitos e equipamentos);
- . um *mouse* (para indicar, através de um cursor gráfico, os elementos dos circuitos); e
- . uma impressora (para imprimir os planos de manobras).

Para ilustrar a operação deste módulo, imagine um trecho problemático de um circuito. O despachante atua com o sistema da seguinte maneira: primeiro ele ativa o circuito, com ou sem o cenário cartográfico, de acordo com a conveniência, e o circuito é apresentado colorido na tela. A convenção de cores define o vermelho para indicar trechos energizados (ou fechados no caso de chaves) e verde para indicar isolado (Ou chave aberta); em seguida, ele localiza a região problemática de circuitos através da funções de consulta e de visualização gráfica (*zoom in*, *zoom out*); uma vez localizado, planeja o isolamento da área (procedimento em casos normais) da região problemática do circuito usando comandos de abertura de chaves utilizando o dispositivo *mouse*.

O despachante deve considerar, ainda, uma condição essencial na condução deste procedimento: as manobras devem influir e envolver o mínimo de consumidores, no menor tempo possível. Para isto, os comandos de consulta fornecem subsídios para descobrir alternativas de manobras, explorando a topologia interconectada dos circuitos, para energizar trechos com

consumidores prioritários, através de outros circuitos, por meio de chaves de interconexão (denominadas *vis-à-vis*).

Sempre lembrando que existe um compromisso entre a necessidade de maximizar o tempo de energização e a disponibilidade energética, os comandos de consulta de cargas indicam e orientam os despachantes quanto às capacidades de carregamento elétrico dos circuitos. Problemas de faltas de capacidade energética podem ser resolvidas, por exemplo, através da divisão de uma porção de um circuito em dois ou mais e conectá-los separadamente a circuitos-socorro distintos, de acordo com as capacidade de auxílio energético de cada um deles. Ver [6] e [11]. Ao final, a sequência de manobras escolhida é armazenada na forma de tabela de comandos denominada plano de operações (PO).

A análise do PO deve ser destacada por ser um grande diferencial do sistema em relação ao processo tradicional (para melhor). Os comandos de uma manobra armazenada em um PO podem ser submetidos a uma análise pelo próprio sistema e dele obter uma verificação básica, muitas vezes difícil de ser realizada manualmente com base em mapas em papéis e extensas listagens de relatórios cadastrais. O sistema verifica se não há problemas de laços (*curto-circuito*), de estouro de capacidades elétricas, de sobrecargas em função de bitolas de fios e relaciona os consumidores prioritários envolvidos que ficarão sem energia. Portanto, é um grande subsídio para que o despachante otimize, decida e aprove o plano para a sua execução física no campo.

Após a utilização experimental do sistema, chegou-se a um tempo estimado de 5 minutos para manobras rápidas (aquelas não precedidas de consultas, devido à experiência dos despachantes) e 15 minutos para manobras mais cuidadosas, com o acionamento intenso das funções de consulta. É um tempo bastante aceitável uma vez que os tempos médios envolvidos desde o planejamento até o deslocamento dos caminhões das turmas de emergência para o local afetado é da ordem de 0.5 a 1.5 hora, com um tempo médio médio de consertos de 2 horas. Para obtenção destes dados considerou-se um PO de tamanho de 10 operações (considerado de tamanho médio para grande), com os respectivos comentários em cada linha do plano, que gasta em média 0.5 Kbytes de armazenamento.

O treinamento para utilização do sistema é uma outra característica importante e deve ser comparado com o processo manual. Constatou-se que um desenhista, com conhecimento e experiência em técnicas básicas de desenhos, é capaz de assimilar as funções de desenho (símbolos, cartografia e circuitos) em três dias em tempo integral (24 horas) de conceituação mais 24 horas de treinamento prático. A parte mais difícil de assimilação é aquela em que se explica que os dados de um circuito ficam armazenados no computador e que a saída de papel é apenas uma consequência do acionamento de um

comando do sistema, isto é, no processo de atualização não se usa mais refazer todo o desenho ou "raspar" com estilete um pedaço no papel - basta alterar através do vídeo colorido e depois mandar desenhar o todo, ou uma porção, no papel através do traçador gráfico. Comparativamente, o tempo de desenho ou de alteração pelo sistema é um décimo do tempo utilizado na prancheta tradicional.

O treinamento é ainda mais fácil para os despachantes mais experientes. O manuseio do *mouse*, para simular a abertura ou o fechamento de uma chave, se tornou algo como um "jogo eletrônico", de alta responsabilidade. Bastam três dias em tempo integral (24 horas) de treinamento teórico e prático. A maior dificuldade de assimilação está em perceber que, além do desenho, o circuito está modelado eletricamente no computador, e que o sistema é capaz de indicar as regiões energizadas, isoladas e demonstrar como a energia se propaga em função das operações sobre as chaves. Outra possível dificuldade é fazê-lo entender a separação de contextos dos estados energéticos mantidos pelo sistema: em modo estático (de projeto), dinâmico (de simulação) e de execução (situação real do circuito físico).

No processo tradicional, um despachante fica pronto para exercer as suas atividades após 5 anos de treinamento e aprendizado. Estima-se que o sistema possa reduzir este tempo para até 20%, uma vez que, muito dos cálculos e verificações necessárias estão incorporadas como funções do sistema, e podem ser facilmente solicitadas através dos comandos interativos.

6.2. Tecnologias Desenvolvidas

O desenvolvimento do sistema proporcionou o surgimento de sub-produtos e tecnologias que devem ser citadas, por estarem diretamente relacionadas com a evolução de pesquisas e de aplicações futuras. Os principais são:

. Digitalização Cartográfica: Utilizando uma ferramenta desenvolvida para digitalização cartográfica de outras aplicações, ou aproveitando a descrição de cartografia importada de outros sistemas comerciais como o AUTOCAD da Autodesk Inc. e o MAXCAD da MAXDATA, foi desenvolvido um núcleo de digitalização e modelamento lógico de circuitos sobre uma base de dados própria adequada às características de interação destes tipos de sistemas. Os dados gráficos são digitalizados de forma compatível com o sistema de coordenadas adotadas pelo nível cartográfico. Este núcleo de digitalização, desenvolvido em linguagem C,

está em forma de biblioteca de funções que pode ser utilizada por outros programas aplicativos;

. **Arquivo Público:** Foi desenvolvido um arquivo público para o recebimento de dados obtidos de outros sistemas e também funções para interpretar o próprio formato do sistema AUTOCAD (denominado .DXF - *Drawing Exchange File*);

. **Módulo Gerenciador de Bibliotecas de Dados:** Para atender o requisito de velocidade, necessário às aplicações interativas, principalmente deste porte, utilizando equipamentos de baixo custo, foi utilizado um núcleo de manipulação de biblioteca de dados, com o qual se desenvolveu a base de dados do sistema (Ver [19]). Ele permitiu uma manipulação de informações em arquivos físicos de dados de forma flexível e com velocidade superior aos módulos semelhantes disponíveis comercialmente.

. **Base de Dados para Redes:** O projeto forçou o desenvolvimento de uma estrutura capaz de modelar os circuitos elétricos e redes. O resultado foi um sub-produto. Esta base de dados permite modelar sistemas de redes com características semelhantes às da rede elétrica. Isto é, circuitos com controle de fluxos através de chaves. Assim, este módulo poderá ser utilizado em aplicações de redes de água, óleo e outros. Os algoritmos de propagação dos fluxos são idênticos, variando apenas a especificação das grandezas envolvidas e os algoritmos de cálculos específicos.

. **Módulo Gráfico para Redes:** A interação gráfica e as funções de visualização de redes, utilizando cenários cartográficos ou não, estão confinadas em bibliotecas de funções que poderão ser utilizadas por outros aplicativos. São funções que permitem implementar, entre outros, comandos de aproximação ou afastamento visual (*zoom*) e panorâmicas (*panning*) sobre redes modeladas de acordo com a base de dados citada.

. **Desenvolvimento de Aplicativos:** O desenvolvimento de novos aplicativos utilizando estes tipos de estruturação de redes poderá ser implementado com os módulos GR e ED apresentados no Cap. 5. O que deve mudar em cada novo aplicativo, é o módulo de funções interativas FI, que definem diretamente o contexto da aplicação e os comandos que compõem a linguagem de interação.

6.3. Estimativas de Custos e Benefícios

Após o desenvolvimento de um sistema deste porte, que envolveu altos custos de investimentos em homens x hora de analistas e técnicos e também uma parte em equipamentos, fica uma dúvida (ou preocupação) quanto aos benefícios que um sistema deste tipo pode produzir dentro de um setor como o apresentado neste contexto.

As estimativas de custos de desenvolvimento podem ser realizadas a partir dos seguintes dados:

- . Número de Professores Pesquisadores: 2;
- . Número de Engenheiros: 6;
- . Número de Técnicos/Despachantes: 3;
- . Número de Estagiários: 5;
- . Homens x Hora de Especificação: 7.000;
- . Homens x Hora de Implementação: 23.000;
- . Homens x Hora de Implantação: 2.400 (Incompleta);
- . Número estimado de linhas de códigos C do EDS: 20.000
- . Número estimado de linhas de código C do ATUALIZAÇÃO: 80.000
- . Número estimado de linhas de código C do OPERAÇÃO: 100.000

Os benefícios podem ser estimados através da comparação entre o procedimento automatizado e procedimento tradicional. É bom lembrar que estes benefícios podem ser traduzidos em valores desde puramente financeiros até sociais não quantificáveis:

- . Sobre as atividades de desenho:
 - Um décimo do tempo (0.1 t) para menos, o tempo de desenho e alterações que o processo tradicional;
 - Não usa papéis especiais caros (Como o *cronaflex*. Ver [11]) para manter os originais dos mapas e desenhos. Podem ser armazenados em disquetes, e tiradas quantas cópias forem

necessárias em papéis simples, através de acionamentos diretos de comandos;

- utiliza equipamentos de baixo custo;

- Uniformidade de representação obtida com o uso de bibliotecas de símbolos padronizadas;

- Atualização mais rápida;

- O tempo de geração dos desenhos pode ser mais otimizado com a interligação do sistema à base de dados cartográficos, gráficos e cadastrais dos circuitos, caso disponíveis.

. Sobre as atividades de operação:

- Otimização de percursos das turmas de emergência quanto aos deslocamentos, e quanto ao gerenciamento da distribuição dos referidos veículos das turmas pela região geográfica supervisionada;

- Confiabilidade dos planos de manobras elaborados com o sistema é maior que o tradicional, por basear-se em cálculos e consultas mais precisas;

- Minimização de tempos de desligamentos e de consumidores prioritários (são de alto impacto em termos socio-econômicos).

- As manobras podem mais otimizadas, isto é, diminuem-se os tempos de desligamentos com implicação direta em setores como indústrias, saúde, educação e outros socio-econômicos. Os valores não mensuráveis financeiramente. Se uma indústria ou um hospital deixa de operar por algumas horas tem-se grandes prejuízos;

- Os despachantes podem ficar aptos a operarem a rede elétrica, com a ajuda do sistema, em menos tempo que o necessário na atualidade (Estima-se uma redução de pelo menos 50%, podendo chegar até 20%, do tempo necessário no processo tradicional);

- Podem ser desenvolvidos sistemas estatísticos capazes de fornecer subsídios para, com base no histórico de operação dos circuitos, identificar pontos críticos da rede, prevenir acidentes e evitar prejuízos maiores. Estes dados servem, ainda, para subsidiar o planejamento de circuitos para obter uma distribuição mais equilibrada de cargas.

Conceitos e Termos Importantes do Capítulo

- **ATUALIZAÇÃO** - Módulo gráfico para edição e alteração de mapas de circuitos elétricos da rede de distribuição. Ver Cap. 4.
- **base de dados para redes elétrica ED** - Base de dados que armazena e gerencia o acesso de uma rede elétrica através do seu conjunto de circuitos.
- **desenvolvimento de aplicações** - Utilizando ferramentas de software disponíveis (ou não), desenvolver programas de aplicações específicas. Por exemplo, neste caso, as ED e GR seriam exemplos de ferramentas para implementar programas aplicados especificamente na automação da distribuição de energia elétrica.
- **digitalização cartográfica** - Entrada no computador da descrição geográfica de uma região, através de algum processo de digitalização como, por exemplo, por meio de fotografias especiais, *scanners* [1] ou mesas de digitalização.
- **EDS** - Editor gráfico de símbolos e criador de bibliotecas. Ver Cap.4.
- **importação de dados** - é o processo em que um determinado sistema computacional recebe dados gerados ou manipulados em outros sistemas.
- **OPERAÇÃO** - Módulo gráfico para análises, estudos e planejamento de manobras de chaves de seccionamento elétrico, em circuitos de rede elétricas modelados pelo ATUALIZAÇÃO. Ver Cap. 4.
- **modelo elétrico** - Termo utilizado no texto para referenciar o modelo de um elemento elétrico definido e incorporado pelo sistema de automação .
- **módulo gráfico para redes GR** - Conjunto de funções gráficas, acessíveis por programas de computador, de visualização e interação gráfica de redes armazenadas na base de dados de rede elétrica.

CAPÍTULO 7

TENDÊNCIAS E EVOLUÇÕES

OBJETIVOS DO CAPÍTULO

- *Descrever os próximos passos de desenvolvimento do sistema apresentado nos Caps. 4 e 5; e*
- *As aplicações possíveis, utilizando a mesma estrutura computacional.*

CONTEÚDO

- **Evolução em Hardware**
 - **Evolução em Software**
 - **Tendência das Aplicações**
-

7.1. Evolução em Hardware

A nível de microcomputadores, o sistema desenvolvido pode funcionar em equipamentos do tipo PC/XT,AT ou 386, com um mínimo de 640 Kbytes de memória principal e capacidade de armazenamento mínimo de 40 Mbytes. A característica interessante desta implementação é a sua versatilidade quanto a utilização de periféricos de Computação Gráfica - o sistema pode utilizar outras placas gráficas, necessitando apenas de ajustes da interação nas funções do módulo GR onde estão confinadas as funções gráficas de entrada e saída.

A utilização de estações de trabalhos (*workstations*) de 32 bits utilizando sistema operacional UNIX [21] conectados em redes locais será o próximo passo da pesquisa. Estes tipos de equipamentos são mais adequados para centros urbanos maiores, a região elétrica é dividida por regiões. Cada estação de trabalho cuidará de uma região e, todas, conectadas, formarão a rede elétrica completa. Para tanto, a base de dados deverá ser distribuída entre as estações e, o *software*, deverá suportar tal evolução - pode acontecer de uma manobra provocar a propagação de energia entre circuitos de estações diferentes. O sistema deverá resolver este caso processando o algoritmo de propagação entre os circuitos (de estações diferentes) de forma transparente ao usuário.

Um ponto crítico do sistema é quanto à garantia de funcionamento contínuo, mediante a panes, como falta de energia ou problema no acesso à base de dados. Além de "no-breaks" [11], as redes de estações podem aumentar a confiabilidade, através da técnica de "espelhamento de dados", armazenando as informações de operação e do estado da rede elétrica em duas ou mais unidades de armazenamento de estações distintas - Se houver problemas com alguma estação, uma outra poderá ser ativada para dar continuidade às tarefas.

7.2. Evolução em Software

Para migrar o sistema para estações de trabalho de 32 bits (*workstations*) com alta capacidade de processamento gráfico e com sistemas operacionais tipo UNIX (Ver [21]), as seguintes alterações deverão ser efetuadas:

- . Módulo ED: adaptações para implementar mecanismos de acesso e bloqueio da base de dados, para suportar o multi-acesso de modo organizado. Há que se considerar que cada operação sobre uma chave

produz uma propagação de energia que deve ser totalmente simulada, antes de permitir a realização de outras operações que porventura possam ser acionadas ao mesmo tempo, fato comum em sistemas distribuídos.

. Módulo GR: A principal alteração será utilizar os recursos gráficos disponíveis nas novas plataformas de *hardware*, alterando, basicamente, a implementação interna das funções do módulo, sem alterar os seus protótipos para não afetar a estrutura básica dos outros módulos do sistema.

Características de janelamentos (*x-Windows* [21]) poderão ser acrescentadas, principalmente para implementar algum comando de supervisão de operação, permitindo visualizar e acompanhar as operações que estão sendo realizadas nas outras estações de trabalhos;

. Módulo FI: Deve ser apenas migrado. Não há necessidade de criação de novas funções, pelo menos na primeira etapa de utilização.

Uma linha de pesquisa que deverá ser implementada sobre o sistema será a utilização de técnicas de inteligência artificial. Com a atual versão, o despachante consulta, estuda e decide todas as manobras com a ajuda do sistema. Porém, esta base de dados foi projetada de tal maneira que possa fornecer muito mais subsídios. A evolução será o desenvolvimento de funções inteligentes capazes de analisar um problema e propor soluções. Poderão ser implementados algoritmos específicos sobre a atual base de dados, utilizando a linguagem C++ e Prolog (ver [21], [22] e [26]).

Uma outra evolução, ainda na linha de inteligência artificial, é criar uma base de dados de conhecimentos, onde seriam inseridas as experiências de manobras importantes já ocorridas, na forma de regras - o sistema se tornaria cada vez mais "inteligente", à medida que fossem armazenadas novas regras. Com base nestes conhecimentos, o sistema poderá intuir soluções de problemas semelhantes aos ocorridos.

7.3. Tendências das Aplicações

O gerenciamento e operação de distribuição de água, gás e telefone e outros são bastante semelhantes. Este sistema poderia ser utilizado para estas aplicações, com uma vantagem: ele pode ser adaptado às características locais de operação de cada região.

É oportuno dizer que este sistema poderá ser utilizado com grandes vantagens em relação aos equivalentes importados, nas aplicações citadas. Primeiro, porque os importados são relativamente bem mais caros, em ordens de grandeza. Em segundo lugar, é o fato da adequação do ponto de vista operacional - os sistemas importados se enquadram em automação de processos de parques industriais bastante diferentes do nosso, desde a formação cultural de técnicos até o próprio processo em si. Portanto, a implantação pode ser muito custosa, com poucos benefícios. Para exemplificar, tome-se a área de distribuição de energia, quanto às características operacionais e observe os seguintes números: aqui em São Paulo, o centro de operações pode receber, em dias chuvosos, até 8.000 chamadas telefônicas por dia, enquanto que nos centros dimensões equivalentes, dos EUA e Japão chegam de 50 a 100 ligações [11].

A versão do sistema, em microcomputadores, pode ser bastante utilizada na área de eletricidade, como ferramenta de estudo e treinamento de operação, para os despachantes, e de desenho para os técnicos desenhistas. Mais que isso, em cidades de até 400.000 habitantes, com 100 alimentadores em média, podem ser utilizados nos CODs como ferramentas efetivas de análise e auxílio à operação.

Outra importante aplicação seria a de telesupervisão e telecomando. O sistema serviria como elemento de monitoração gráfica do estado de operação da rede elétrica à distância, e também de acionamentos remotos de dispositivos de manobras. Neste caso, os estados reais seriam atualizados instantaneamente pelo sistema de telesupervisão. Salienta-se que experiências forma conduzidas durante o desenvolvimento, para a cidade de Guarujá, área de concessão de CESP.

Ainda, do ponto de vista acadêmico, os módulos, que compõem o sistema, poderão servir de exemplos-práticos a serem estudados e aprimorados por alunos em cursos de Laboratório de Computação Gráfica e CAD/CAM. Considerando que estes módulos incorporam os principais recursos de sistemas de automação, do ponto de vista de interação gráfica e estruturação de base de dados.

Conceitos e Termos Importantes do Capítulo

- **Base de dados distribuída** - Base de dados implementado para operar em arquitetura de *hardware* distribuída. Por exemplo, uma base de dados distribuída sobre um conjunto de *workstations* conectadas através de redes locais.
- **Inteligência Artificial** - Descrição superficial: conjunto de técnicas de modelamento e desenvolvimento de sistemas que utilizam base de dados de conhecimentos, que lhes conferem a capacidade de processar e decidir ("raciocinar"). A "inteligência" destes sistemas é função das dimensões e conteúdo das referidas base de dados. Mais detalhes, ver em [22] e [27].
- **Migração de Software** - Processo de implantar um sistema de *software* de um tipo de plataforma de *hardware* para outra de características diferentes, do ponto de vista de porte, sistema operacional, dispositivos periféricos etc. Ver [1], [2], [20] e [21].
- **Telesupervisão** - Técnica utilizada por sistemas computacionais de tempo real, para o acompanhamento, gerenciamento, supervisão e operação de processos físicos à distância. Ver [28].
- **X-Windows** - Ferramenta de desenvolvimento e gerenciamento, por janelas gráficas, de sistemas em multi-processamento. Ver [21].

CAPÍTULO 8

CONCLUSÕES - CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

OBJETIVOS DO CAPÍTULO

- *Apresentar as principais contribuições do trabalho, do ponto de vista de recursos humanos, técnicos e de produção acadêmica.*

CONTEÚDO

- Recursos Humanos
 - Processo de Informatização
 - Produções Bibliográficas
 - Campos de Pesquisas
 - Aplicabilidade da Metodologia
 - Desenvolvimento de Cursos
 - Produções Acadêmicas
-

8.1. Recursos Humanos

As pesquisas citadas nesta dissertação contribuíram para a formação de especialistas em desenvolvimento e implantação de sistemas CAE/CAD/CAM, proporcionaram trabalhos acadêmicos de graduação, mestrado e doutorado (ver item 8.7), além de treinamentos profissionais a engenheiros, técnicos especializados e estagiários.

Os trabalhos desenvolvidos, mesmo sendo de pesquisa, foram encaminhados de forma bastante profissional, empresarial, com objetivos práticos. O pessoal envolvido, aproveitando a vivência na implementação de sistemas de automação, adquiriu experiências fundamentais para a sua formação técnica - estando sempre com o compromisso de cumprir cronogramas pré-estabelecidos e adequar a aplicabilidade prática com os conceitos e resultados das pesquisas teóricas.

Os módulos resultantes do desenvolvimento, poderão servir como potentes ferramentas de *software* a serem utilizadas didaticamente para a formação de técnicos, estagiários, engenheiros e pós-graduandos no aprimoramento da Engenharia de Computação, na qual o Brasil é bastante carente de mão-de-obra especializada - principalmente no uso de tecnologias de Computação Gráfica, CAD/CAM e de geoprocessamento [1].

8.2. Processos de Informatização

Hoje, o que se verifica no mercado são empresas oferecendo produtos de automação, normalmente adaptados às realidades de primeiro mundo, para automatizar processos de países de segundo e terceiro mundo como é o caso do Brasil. Estes sistemas podem encarecer bastante a fase de implantação, e ainda produzir resultados desastrosos, pela falta de conhecimentos dos usuários e principalmente dos fornecedores, que no nosso caso, na sua grande maioria, são vendedores com pouca prática nos referidos produtos.

As empresas que desejam a automação devem, antes de tudo, procurar respaldos técnicos nos sistemas oferecidos, do ponto de vista de incorporação dentro de um processo produtivo, de evolução e suporte e treinamento para obter uma implantação segura e eficiente (Ver Caps. 3 e 4).

Mais uma vez foi constatado, na prática, que o processo de automação deve ser realizada de forma gradual, por etapas, pois deve

considerar que, implicitamente, o usuário deve ter o seu tempo de adaptação e assimilação das novas tecnologias. Aqui vale: "nem sempre o mais sofisticado é o mais útil". O correto é evoluir do prático até o mais sofisticado, de acordo com as necessidades e possibilidades do usuário e do processo sendo automatizado. Portanto, é válido investir inicialmente pouco, do ponto de vista de equipamentos e sistemas de *software* e evoluir à medida que o usuário assimile e sinta novas necessidades.

8.3. Produções Bibliográficas

Foram produzidos artigos, livros e palestras, durante o período de pesquisa e desenvolvimento de aplicações de sistemas de automação. Ver as referências citadas na bibliografia da dissertação. Cita-se duas publicações importantes realizadas:

. Livro *Fundamentos de Computação Gráfica*, editado pela LTC em 1987 e 1990: Foi um dos primeiros livros de Computação Gráfica nacional. Cobre conceitos básicos da Computação Gráfica Interativa como equipamentos compugráficos, sistema de mapeamento de coordenadas, visualização gráfica, modelamento de dados gráficos e desenvolvimento de sistemas gráficos interativos. Ver [1].

. Livro *Fundamentos de Programação C*, editado pela LTC em 1989 e 1990. Apresenta a linguagem C como sendo ideal para o desenvolvimento de sistemas CAM/CAM em equipamentos de pequeno e médio porte. Cobre os conceitos básicos apresentando a estrutura e os comandos da linguagem. Nos tópicos avançados, descreve como utilizá-la no desenvolvimento de sistemas profissionais explorando os recursos de ponteiros, estruturas e alocação dinâmica. Ao final, apresenta um sistema-exemplo gráfico desenvolvido em C. Ver [22].

8.4. Campos de Pesquisas

Agora, uma avaliação geral do campo da pesquisa em automação gráfica. As tecnologias em Computação Gráfica, Banco de Dados, Inteligência Artificial estão evoluindo muito rapidamente. Têm contribuído para isto, os equipamentos e sistemas operacionais que estão sendo oferecidos pelos fabricantes: estão aumentando de forma quase geométrica (com a evolução de

tecnologias de projetos de chips) as capacidades de processamento, processamento gráfico, comunicação de dados e armazenamento e, felizmente, a custos cada vez menores.

Este panorama cria condições, principalmente no Brasil, para uma alavancagem tecnológica no sentido de se dispor de recursos computacionais para os pesquisadores. Vejamos os principais fatos históricos na área:

. O primeiro grande fato de informatização das nossas universidades foi o acesso a computadores de grande porte *main-frames*, bastante potentes em termos de *hardware* e *software*, porém de uso bastante restrito em termos de disponibilidade, ou por falta de recursos ou pela própria burocracia inerente a um CPD (Centro de Processamento de Dados) de grande porte. Foi na década de 70. Ver [1];

. O segundo foi a disseminação de microcomputadores para os professores, alunos e pesquisadores. O acesso aos equipamentos foi excelente, sem burocracias. Porém, estes equipamentos apresentaram recursos técnicos bastante limitados, do ponto de vista de capacidade de processamento, de armazenamento e, principalmente, da falta de ferramentas adequadas de *software*. Foi na década de 80.

. O último, é o que está acontecendo nesta década de 90. A disseminação de Estações de Trabalhos (*workstations*), baratas, e potentes no *hardware*. E o grande diferencial (fundamental e impactante): As ferramentas de *software* altamente profissionais, alcançando e ultrapassando os atuais equivalentes, disponíveis em equipamentos de grande porte.

Especificamente no Grupo de Computação Gráfica e CAD/CAM do PCS/EPUSP as principais linhas de desenvolvimento e pesquisas, utilizando as referidas *workstations*, serão:

- . Computação Gráfica Interativa, utilizando recursos como X-Windows;
- . Desenvolvimento de Base de Dados gráficos;
- . Utilização de técnicas de Inteligência Artificial, através de linguagens como C++ e Prolog;
- . CASE - *Computer Aided Software Engineering*;
- . CAI - *Computer Aided Instruction*.

8.5. Aplicabilidade da Metodologia

Esta metodologia de desenvolvimento e implantação de sistemas de automação poderá ser aplicada em sistemas fornecidos comercialmente, com a seguinte condição: devem ser abertos (*open systems*), possibilitando a adaptação de funções, criação de novas, e a comunicação com outros sistemas. Normalmente, oferecem alguma linguagem de programação que permita as referidas adaptações.

8.6. Desenvolvimento de Cursos

Além das publicações citadas em 8.3, os desenvolvimentos deste sistema e de outros citados no Cap.1, proporcionaram a criação de cursos de especialização, ministrados na FDTE/EPUSP/IPT, das quais citamos:

- . Fundamentos de Computação Gráfica - Curso teórico que abrange conceitos básicos sobre equipamentos, modelamentos gráficos, visualização e técnicas de programação;
- . Laboratório de Computação Gráfica - Curso Prático de programação de sistemas gráficos interativos (tendo como pré-requisito o curso teórico), utilizando microcomputadores e linguagem C;
- . Linguagem C (Básico e Avançado) - Curso prático, onde a linguagem é apresentada através de programas implementados pelos alunos em microcomputadores do tipo PC/XT/AT.

8.7. Produções Acadêmicas

As pesquisas encaminhadas pelo grupo de Computação Gráfica e CAD/CAM do LSD/EPUSP estão produzindo trabalhos acadêmicos. Valem as seguintes estatísticas:

- . Contribuições para professor titular: 1;
- . Doutorado: (1 em andamento);
- . Mestrado: ~ 15 (concluídos e em andamentos);

- . Engenheiros: (diretamente) pelo menos sete trabalhos de formatura;
- . Estagiários e Engenheiros em trabalhos profissionais: ~ 30.

BIBLIOGRAFIA

- [1] - Tori, R.; Arakaki, R.; Massola, A. M. A.; Filgueiras, L. V. L., *Fundamentos de Computação Gráfica*, 2a ed., LTC, 1990.
- [2] - Foley, J. D.; Van Dam, A., *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*, Addison-Wesley Publishing Company, 1982.
- [3] - Newman, W. M.; Sproll, R. F., *Principles of Interactive Computer Graphics*, McGraw Hill, 1979.
- [4] - Pressman, S. R., *Software Engineering: a Practitioner's Approach*
- [5] - Meehan, W. J., *Modeling the Electric Utility System*, Transmission & Distribution, November, 1986, p. 32-36.
- [6] - Bresenham, J. E., *Fundamental Algorithms for Computer Graphics*, Spring Verlag, Berlin, 1985.
- [7] - Eastman, C. M., *The Concise Structuring of Geometric Data for Computer Aided Design*, Data Structures, Computer Graphics and Pattern Recognition Academic Inc., 1977.
- [8] - Giloi, W. K., *Interactive Computer Graphics - Data Structures, Algorithms & Languages*, Prentice Hall, 1978.
- [9] - Yen, E.; et al, *A Graphics Glossary*, Computer Graphics, Vol. 15, No 2, July, 1981, p. 208-229.
- [10] - Arakaki R., *Sistema 3E - Editor de Esquemas Elétricos*, documento interno, Itautec Informática S. A., 1985.
- [11] - Arakaki R.; et al, *Sistema OPERA - Documentação de sistema e de utilização*, documento interno, FDTE/ELETROPAULO, 1990.
- [12] - Tori, R.; et al, *Sistema DigiCAD - Documentação de sistema e de utilização*, documento interno, FDTE/DOCEGEO, 1989.
- [13] - Hodder, R., *Radio Control of Primaries Enchanges Reliability*, Transmission & Distribution, March, 1987, p. 40-47.
- [14] - Tori, R.; et al, *Sistema Micropac - Documentação de sistema e de utilização*, documento interno, FDTE/ALCAN, 1988.
- [15] - Arakaki, R.; Naritomi, L. T.; Gondo, M., *SIE - Sistema de Informações Estratégicas - Documento de utilização e de implementação*, FDTE/SEADE, 1991.

- [16] -Tori, R., *Sistema microPAC: Metodologia e Ferramentas para Desenvolvimento de CAD em microcomputadores de 16 bits*, Dissertação apresentada na EPUSP, 1988.
- [17] -Arakaki, R., *Desenvolvimento e Implantação de sistemas CAD/CAM sob medida*, Palestra ministrada para o GT/CAE/CAD/CAM da SOBRACON, junho, 1990.
- [18] -SoftCAD Informática LTDA, *Manual de Usuário da CLBC*, SoftCAD, 1989.
- [19] -SoftCAD Informática LTDA, *Manual de Usuário do manipulador de bibliotecas*, SoftCAD, 1989.
- [20] -Barkakati, N., *The Wait Group's Essencial Guide to ANSI C*, Howard W. Sams & Company, 1989.
- [21] -Deitel, H. M., *An Introduction to Operating Systems*, Addison Wesley, 1984.
- [22] -Arakaki, R.; Aoki, O. L.; Angerami, P.; Salles, D. S.; Arakaki, J., *Fundamentos de Programação C*, LTC, 2 ed., 1989, 1990.
- [23] -Arakaki, R., *Introdução à Computação Gráfica*, aula introdutória ministrada no curso *CAD/CAM aplicada a vestuários*, SOBRACON, maio, 1991.
- [24] -Bunch, J. B; Tengdin, J. T., *Reliability Considerations for Distribution Automation Equipment*, IEEE Transactions on Power Apparats and Systems, Vol. PAS-102, No 8, August, 1983, p. 2656-2664.
- [25] -Wiederhold, G., *Database Design*, McGraw Hill, 2 ed., 1983.
- [26] -Borland International Inc., *Turbo C + + User's Guide*, Borland, 1990.
- [27] -Date, C. J., *An Introduction to Database Systems*, Addison Wesley, 1981.
- [28] -Groover, M. P., *CAD/CAM Systems*, Prentice Hall, 1984.
- [29] -Cunha, G. I.; Arakaki R., *Aplicações CAE/CAD/CAM em microcomputadores*, Anais do XIX Congresso Nacional de Informática, Rio de Janeiro, 1986.
- [30] -Filgueiras, L. V. L.; Arakaki, R.; Tori, R.; Massola, A. M. A., *COMPO - Núcleo de Composição de Desenhos*, Anais do IV Simpósio Brasileiro de Microeletrônica, 1984.

- [31] - Cunha, G. I.; Arakaki, R., *Análise da Viabilidade de Sistemas CAD baseados em Microcomputadores*, Itaotec Notícias, 1986.
- [32] - Arakaki, R., *CAD para VLSI: Um núcleo de simulação lógica de circuitos MOS - SIMLOG*, Anais do XVIII Congresso Nacional de Informática, 1985.
- [33] - Arakaki, R.; Noije, W., V., *ChipCAE: Captura Esquemática Hierárquica para projetos de Circuitos Integrados*, Anais do II Simpósio Brasileiro de Microeletrônica, 1987.
- [34] - Arakaki, R.; Massola, A. M. A., *Desenvolvimento de um Sistema de Testes de Placas de Circuito Impresso sem componentes*, Anais do II Congresso Nacional de Automação Industrial, 1985.
- [35] - Arakaki, R., *Introdução a Sistemas CAD/CAM*, palestra ministrada na ABACE, 1985.
- [36] - Arakaki, R., *Desenvolvimento de Sistema CAD/CAM*, Anais do IV Simpósio de CAE/CAD/CAM, SOBRACON, 1989.
- [37] - Arakaki, R., *Automação de COD'S - Experiência da FDTE/EPUSP*, Palestra proferida no Simpósio IEEE Salvador/BA, 1989.
- [38] - Massola, A. M. A., *Automação de Projetos de Sistemas Digitais - Arquivo Central*, Tese de Livre Docência, Epusp, 1975.
- [39] - Massola, A. M. A.; Filgueiras, L. V. L., *An Interactive System for Detailing of Steel Frames*, CAD/CAM as a Basis for the Development of Technology in Developing Nations, IFIP North Holland, 1981.
- [40] - Tori, R.; Pacheco, U. P.; Arakaki, R.; Massola, A. M. A., *MicroPAC - Sistema básico para CAD em microcomputadores*, Anais do XX Congresso Nacional de Informática, São Paulo, 1987.
- [41] - Tori, R.; Massola, A. M. A.; Arakaki, R.; Filgueiras, L. V. L., *Sistema COMPO - Um Editor de Desenhos Nacional*, Anais do XVIII Congresso Nacional de Informática, 1985.
- [42] - Arakaki, R.; Arakaki, J., *Turbo DICAS: Turbo C 2.0*, LTC, 1990.
- [43] - SoftCAD Informática, *Turbo DICAS: Clipper com Gráficos*, LTC, 1991.
- [44] - Thornton-Bryar, I. C. M., *A Practical Approach to Workstation Cost Justification*, Computer Aided Design, Vol. 17, Number 3, 1985, p. 125-129.

- [45] -Ko, C.-D.; Trager, B. J., Kischefsky, J. A., *Economic Analysis of Automatic Distribution Feeder Sectionalizing*, IEEE Transaction on Power Apparats and Systems, Vol. PAS-104, January, 1985, p. 67-74.
- [46] -Turner, R., *CAE Database Plays Key Role in Integration*, Computer Design, 1985, p. 131-137.
- [47] -Hays, G. G., *Computer Aided Schematics*, XI Design Automation Conference, Vol. 1, p. 143-148.
- [48] -Denneu, M.; Kronstadt, E.; Pfister, G., *Design and Implementation of a Software Simulation Engine*, Computer Aided Design, Vol. 15, Number 3, p. 123-130.
- [49] -Turner M., *Design Software for Personal Computers*, Electronic Engineering, September, 1985, p. 141-148.
- [50] -Goering, R., *Design Tool Vendors move toward Integrated Systems*, Computer Design, June, 1985, p. 103-122.
- [51] -Sapiro, S., *Engineering Workstation: Tools or Toys?*, 20th Design Automation Conference, Vol. 6, p. 79-80.
- [52] -Cardinal, D. J., *File Server Offers Transparent Access to Design Tools*, Computer Design, June, 1985, p. 147-154.
- [53] -Bono, P. R.; Encarnação, J. L.; Hopgood, F. R. A.; Hagen, P. J. W. T., *GKS - The First Graphics Standard*, Computer Graphics Applications, IEEE, July, 1982, p. 9-23.
- [54] -McPhater, N. S.; Strachan, C., *Hardware and Software Compatibility of Computer Aided Engineering Workstations*, Computer Aided Design, Vol. 17, Number 3, 1985, p. 117-121.
- [55] -Prasad, R., *Personal-Computer-based Software helps you to limit CAE cost*, EDN, September, 1984, p. 207-212.
- [56] -Clinard, K. N., *Distribution Automation: Research and the Emergence of Reality*, IEEE Transaction on Power APPArats and Systems, Vol. PAS-103, no 8, August, 1984, p. 2071-2075.
- [57] -Leath, L. C.; Ollamik, S. J., *Software Architecture for the Implementation of a Computer Aided Engineering System*, 20th Design Automation Conference, 1983, p. 137-142.

- [58] -Naltrass, H. L.; Okita, G. K., *Some Computer Aided Engineering Design Principles*, 20th Design Automation Conference, 1983, p.511-577.
- [59] -McCall, L. V.; Chambers, B. J., *Scarborough Distribution Automation Project Implementation and Preliminary Performance experience*, IEEE Transactions on Power Apparats and Systems, Vol. PAS-104, no. 10, October, 1985, p. 2759-2763.
- [60] -Scoth, J.E., *Introduction to Interactive Computer Graphics*, John Wiley & Sons, 1982.
- [61] -Smith, B.M., *IGES: A Key to CAD/CAM Systems Interactive*, Computer Graphics & Applications, Nov, 1983, p.78-83.
- [62] -Bono, P.R., *Graphics Standards*, Computer Graphics & Applications, IEEE, Aug, 1986.
- [63] -McConnell, B. W.; Reddoch, T. W.; Purucker, S. L.; Monteen, L. D., *Distribution Energy Control Center Experiment*, IEEE Transactions on Power Apparats and Systems, Vol. PAS-102, No 6, June, 1983, p. 1582-1589.