



SI-Hidro: Um Sistema de Informação para o Sistema Hidrotérmico Brasileiro

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de
Campinas, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia Elétrica.

por

Walcir Fontanini

Bacharel em Ciência da Computação - UNICAMP - SP
Bacharel em Matemática Aplicada - UNICAMP - SP

Campinas, 13 de março de 1995

Secundino Soares Filho - Orientador
Benedito Pinto Ferreira Braga - USP
Takaaki Ohishi - FEE/UNICAMP

Este exemplar foi depositado na biblioteca da tese
defendida por **Walcir Fontanini**
em 13/03/95
Julgadora em **Secundino Soares Filho**

9504823

Agradecimentos

à minha família pelo incentivo contínuo

aos meus amigos Marcius, Fran, Gelson e Cássio pela leitura minuciosa de partes deste trabalho

à Inácio Szabó pelo inestimável suporte computacional

ao meu orientador Secundino Soares Filho pela confiança depositada na minha pessoa

à todos os amigos e colegas de trabalho que não foram mencionados explicitamente, mas que contribuíram para o sucesso deste trabalho

RESUMO

Este trabalho descreve os passos para o desenvolvimento de um Sistema de Informação para o Sistema Hidrotérmico Brasileiro (SI-Hidro). Estes passos incluem técnicas e metodologias de projeto de banco de dados relacionais e interface homem-máquina. Também é discutido os conceitos de suporte à decisão e sua relação com sistemas de informação. O Sistema Hidrotérmico Brasileiro é apresentado e os seus blocos básicos são introduzidos de forma descritiva. O objetivo principal do SI-Hidro é fornecer dados detalhados sobre usinas hidroelétricas e termoelétricas, na forma textual e gráfica, para uma faixa bem ampla de usuários. As classes possíveis de usuários são: alunos do curso de engenharia elétrica, estudantes de mestrado e doutorado, equipes de planejamento das concessionárias de energia elétrica e o gerenciamento estratégico destas empresas.

ABSTRACT

This work describes the steps toward a development of an Information System for the Brazilian Hydrothermal System (SI-Hidro). These steps include techniques and methodologies of relational databases and man-machine interface design. The decision support concepts are discussed as well as their relationship to information systems. The Brazilian Hydrothermal System is presented introducing its basic building blocks from a descriptive point of view. The main objective of SI-Hidro is to furnish detailed data about hydroelectric and thermoelectric plants, in both textual and graphical format, for a wide range of possible users. The possible classes of users are: undergraduated students of eletriccal engineering, master and doctorate students, the planning staff of utilities and their decision-makers.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - Introdução	1-1
CAPÍTULO 2 - Sistemas de Informação	2-2
1 Introdução aos Sistemas de Informação	2-2
1.1 Níveis de Gerenciamento	2-3
2 Banco de Dados	2-4
2.1 Características de um Sistema de Arquivos	2-4
2.2 Abstração de Dados	2-6
2.3 Modelo de Dados	2-7
2.3.1 Modelos Lógicos Baseados em Objetos	2-8
2.3.2 Modelos Lógicos Baseados em Registros	2-9
2.3.3 Modelos Físicos de Dados	2-11
2.4 Instâncias e Esquemas	2-11
2.5 Independência dos Dados	2-11
2.6 Dicionário de Dados	2-12
2.7 Linguagem de Manipulação de Dados	2-12
2.7.1 Comando SELECT	2-13
2.7.2 Comando UPDATE	2-14
2.7.3 Comando DELETE	2-15
2.7.4 Comando INSERT	2-16
2.7.5 CONDIÇÕES DE BUSCA	2-16
2.7.6 FUNÇÕES AGREGADAS	2-21
2.8 O Gerenciador de Base de Dados	2-22
2.9 Usuários de Banco de Dados	2-22
2.10 Estrutura do Banco de Dados	2-23
3 Interface Homem-Máquina	2-24
3.1 Estilos de Interação Homem-Máquina	2-26
3.2 Projeto da Interface Homem-Máquina	2-27
3.3 Sugestões para o Projeto da Interface Homem-Máquina	2-30
CAPÍTULO 3 - Descrição do Sistema Hidrotérmico Brasileiro	3-2
1 Usinas Hidroelétricas	3-2
1.1 Vertedouro	3-3
1.2 Barragem	3-3
1.3 Reservatório	3-4
1.4 Restrições de Operação	3-6
1.5 Balanço Hidráulico	3-6

1.6	Altura de Queda	3-7
1.7	Produção de Energia	3-9
1.8	Conjunto Turbina-Gerador	3-10
1.9	Vazões Afluentes	3-14
2	Termoelétricas	3-16
CAPÍTULO 4	-Projeto do SI-Hidro	4-2
1	Projeto da Interface Homem-Máquina	4-2
2	Projeto da Base de Dados	4-16
3	Descrição do Windows4GL	4-19
3.1	Termos e Conceitos de W4GL	4-19
3.2	Exemplo de Aplicação do Windows4GL	4-22
CAPÍTULO 5	- Resultados	5-1
CAPÍTULO 6	- Conclusões	6-1
APÊNDICE A	- Usina Hidroelétrica Típica	A-1
APÊNDICE B	- Lista de Termoelétricas	B-1
APÊNDICE C	- Vazões Históricas	C-1
APÊNDICE D	- Tabelas do Banco de Dados	D-1
Referências Bibliográficas	

Capítulo 1

Introdução

O objetivo desta dissertação de mestrado é apresentar um sistema de informação para o sistema hidrotérmico brasileiro, que será denominado SI-Hidro. Este sistema de informações fornecerá dados sobre o parque hidroelétrico e termoeletrico, que poderá ser usado para conhecimento destes elementos e para planejamento e gerenciamento do sistema como um todo.

O SI-Hidro foi realizado no âmbito de um Projeto Temático, financiado pela FAPESP, e que tem como objetivo o desenvolvimento de diversas metodologias de planejamento de operação de sistemas hidrotérmicos. Diversos alunos de mestrado e doutorado e vários professores especialmente do Departamento de Engenharia de Sistemas (DENSIS) da Faculdade de Engenharia Elétrica da UNICAMP estão atualmente vinculados à este Projeto Temático. Algumas teses já foram concluídas dentro deste Projeto Temático, envolvendo a implementação de algoritmos matemáticos para planejamento de curto, médio e longo prazo da operação de sistemas de energia elétrica, e também teses ligadas à Sistemas de Apoio à Decisão para planejamento.

Este trabalho usa metodologias de engenharia de software e de banco de dados para concepção do SI-Hidro. Para sua implementação foi utilizado o produto INGRES sobre o ambiente UNIX/X-Windows, que forneceu recursos tanto para acesso ao banco de dados como para a interface homem-máquina através da sua linguagem de quarta geração Windows4GL.

O texto está organizado da seguinte maneira: o capítulo 2 descreve os conceitos de sistemas de informação, seus relacionamentos com os níveis diretivos de uma organização, as implicações para o planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos de curto, médio e longo prazo. Este capítulo também apresenta a motivação e metodologias para projeto da interface homem-máquina e banco de dados.

O capítulo 3 descreve o domínio do problema ao qual serão aplicadas as técnicas apresentadas no capítulo anterior. Neste capítulo, a usina hidroelétrica e termoeletrica são mostradas em detalhes de funcionamento e operação, através da definição de termos técnicos e equacionamentos matemáticos dos processos físicos que ocorrem em uma usina típica.

O capítulo 4 mostra como as metodologias de desenvolvimento de banco de dados e interface homem-máquina apresentadas no capítulo 2 foram aplicadas no projeto do SI-Hidro.

O capítulo 5 apresenta alguns resultados do SI-Hidro através de telas da interface homem-máquina para uma usina típica do sistema hidroelétrico brasileiro.

Finalmente o capítulo 6 apresenta as conclusões deste trabalho e também sugestões de extensões futuras. Os apêndices contêm dados extraídos de arquivos da ELETROBRÁS sobre hidroelétricas, termoeletricas e vazões históricas.

Sistemas de Informação

Este capítulo apresenta a conceituação e metodologias de projeto de sistemas de informação usando recursos de banco de dados e interface homem-máquina como base para a implementação do sistema de informação.

1 Introdução aos Sistemas de Informação

Os termos Sistemas de Informação, Serviços de Informação ou Sistemas de Processamento de Informação se referem a um sistema baseado em computador que suporta processamento de transações e funções de tomada de decisão.

Segundo [AWAD] um sistema de informação (SI), é um sistema integrado, baseado em computador, com interface homem-máquina que fornece informações para suporte às funções de operação e tomada de decisão. Suas principais características são:

- (1) Sistema integrado para atender vários usuários.
- (2) Suporte às funções de operação e tomada de decisão.
- (3) Disponibilidade de informações para todos os níveis gerenciais.
- (4) Sistema baseado em computador que integra várias outras aplicações através de um banco de dados.
- (5) Interface homem-máquina amigável com resposta instantânea.

Estes elementos tornam o SI um importante meio organizacional, criando novas dimensões para o gerenciamento do negócio.

Este trabalho se preocupa em descrever um SI que seja adequado ao Sistema Hidroelétrico Brasileiro.

A estrutura de um SI, segundo [SPRAGUE], pode ser descrita em termos de:

- (1) Componentes Físicos;
- (2) Níveis de Gerenciamento;
- (3) Suporte à Tomada de Decisão.

Os componentes físicos que compõe um SI são hardware, software, manuais de usuário e de operação.

O hardware é composto de equipamentos e dispositivos e têm as seguintes finalidades:

- (1) Entrada de Dados. Dados devem ser fornecidos ao computador antes do processamento. Normalmente isto é feito por um grupo de pessoas com a tarefa de digitar toda a massa de dados para o sistema, através de sistemas de digitalização automática ou leitura ótica, ou mesmo aquisição automática de dados.

(2) Processamento. Processar uma transação significa transformar o dado de entrada em outra entidade, atualizar um arquivo, preparar um relatório, etc. Analistas de sistemas e programadores são responsáveis por esta tarefa.

(3) Saída. A saída pode ser na forma de telas, cópia em papel (relatórios), sons, etc. É o que o usuário final deseja do sistema. Os relatórios pré-definidos são aqueles relatórios tradicionais que descrevem dados históricos, resumem atividades de transação ou mostram dados de performance. Em contraste, os relatórios ad-hoc têm seu formato de impressão e conteúdo especificado pelo usuário. A tela é o local conveniente para o usuário visualizar a informação e interagir com o sistema. O papel do sistema de informação é responder às perguntas do usuário em um tempo em que as informações ainda sejam úteis.

(4) Armazenamento. É a memória central do computador mais secundária como disco e fita magnética.

O software é um conjunto de instruções que podem ser executadas no computador. Pode ser classificado como software de sistema como um sistema operacional por exemplo, ou software de aplicação que resolve um problema específico. Dentro da categoria software de sistema está o Sistema Gerenciador de Base de Dados (SGDB) que contém os dados que serão processados pelo software de aplicação.

Os manuais documentam os procedimentos ou especificações de um SI. O manual de usuário descreve como usar o sistema, ou seja, como carregar a aplicação, imprimir relatórios, etc. O manual de operação contém instruções e especificações da manutenção do sistema.

1.1 Níveis de Gerenciamento

Outra forma de ver o SI é através dos níveis de gerenciamento para o qual será empregado, [TURBAN] e [MITRA]. A estrutura do SI pode ser descrita em termos de três categorias de informação e níveis de tomada de decisão, ou seja, estratégico, tático e operacional.

A informação estratégica é dirigida ao futuro e envolve grande incerteza. Normalmente está relacionada com a política de planejamento de longo prazo, e é uma tarefa para o gerenciamento de alto nível da empresa. O horizonte de tempo é medido em termos de meses ou anos dependendo do tipo de decisão.

A informação tática é realizada pelo gerenciamento de médio nível, que se preocupa com o planejamento tático e implementação de políticas. O horizonte de tempo aqui é de semanas ou meses.

A informação operacional é a informação de curto prazo, ou do dia-à-dia, usada na operação do negócio. Normalmente é bem estruturada e bastante conhecida de antemão.

A natureza da informação e os níveis gerenciais estão relacionados com três categorias de decisão: estruturada, semi-estruturada e não-estruturada. O gerenciamento de baixo nível trabalha com a informação operacional e normalmente toma decisões rotineiras e de forma estruturada. Por outro lado, o gerenciamento de alto nível trabalha com informações estratégicas e não segue uma abordagem estruturada para planejamento de políticas. As decisões devem ser tomadas através de julgamento e portanto de forma não-estruturada.

No processo de desenvolvimento de um SI deve ser dada atenção especial aos objetivos da organização ou empresa para os quais se está construindo um SI, e determinar qual tipo de informação será necessária, em que nível será utilizada (operacional, tático ou estratégico) e como deve ser estruturado. Os SI têm tido muito sucesso quando aplicados aos níveis operacional e tático, e já bem menos no nível estratégico.

A natureza da informação e os níveis gerenciais estão relacionados à três tipos de decisão: estruturada, semi-estruturada e não-estruturada. No planejamento estratégico as decisões não podem seguir regras pré-estabelecidas, por isso as decisões são ditas não programáveis. Este nível envolve raciocínio indutivo e subjetivo, e está muito mais relacionado com o ambiente externo à empresa.

O SI se torna uma ferramenta importante para planejar, organizar, coordenar e controlar atividades. Para realizar estas práticas o tomador de decisão assume diversos papéis diante da empresa. Estes papéis são influenciados pelo SI conforme a figura 2.1 adaptado de [AWAD].

Estes papéis podem ser classificados em três categorias: interpessoal, dirigido pela informação e dirigido pela decisão. Os papéis interpessoais estão relacionados com a busca de informação. O primeiro é o *figurehead*, que é uma pessoa de alta posição na hierarquia da empresa, mas sem autoridade. Outro papel interpessoal é o de líder, que estabele relacionamentos com seus subordinados. O terceiro papel interpessoal é o de interlocutor entre grupos, sejam estes de pessoas internas da própria empresa ou com outras pessoas de fora da organização.

Os papéis dirigidos pela informação são aqueles no qual se procura e recebe um conjunto especial de informações e as envia para as pessoas dentro e fora da organização.

Os papéis dirigidos pela decisão são aqueles relacionados com o planejamento estratégico. No papel de empresário, o tomador de decisão aloca recursos organizacionais, já no papel de negociador o tomador de decisão pode usar a informação para firmar um contrato.

2 Banco de Dados

Um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) é um conjunto de dados interrelacionados e um conjunto de programas que acessam estes dados. A coleção de dados tem o nome de base de dados. O objetivo principal do SGBD é fornecer um ambiente que seja conveniente e eficiente para armazenar e recuperar informação da base de dados. Os bancos de dados são projetados para gerenciar grandes quantidades de informação. O gerenciamento dos dados envolve a definição de estruturas para armazenamento da informação e meios para manipulação da informação. Além disso deve fornecer mecanismos de segurança para prevenir contra falhas do sistema de computação e acesso de usuários não autorizados. Se os dados forem compartilhados entre vários usuários é preciso garantir sua consistência.

2.1 Características de um Sistema de Arquivos

Para explicar os conceitos de bancos de dados, considere como exemplo o sistema de informação acadêmico, que contem dados sobre alunos e cursos armazenados em arquivos. Para acessar estes dados foram feitos alguns

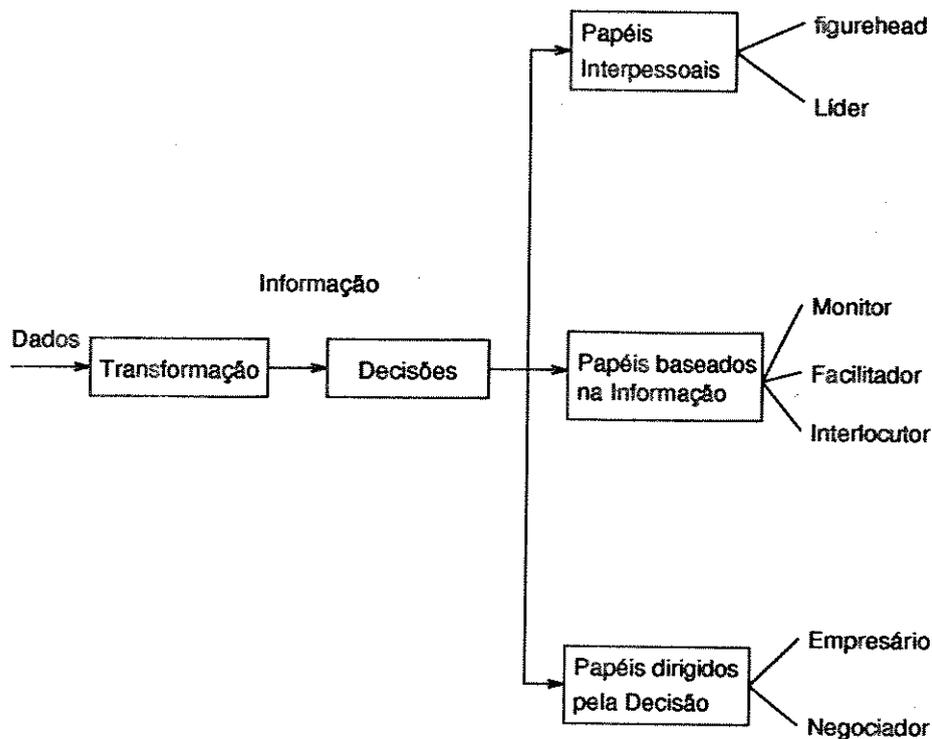


Figura 2.1 - Papéis do Gerenciamento

programas: programa que cadastra um novo aluno, programa que cadastra um novo curso, programa que aloca um aluno em um determinado curso se certas condições forem satisfeitas, programa que gera um relatório sobre a situação dos alunos, etc. Esta maneira de organizar alguns programas em torno de um conjunto de arquivos é o que chamamos um Sistema de Arquivos. Normalmente é suportado por um sistema operacional convencional. A informação é armazenada em registros permanentes colocados em vários arquivos. Programas são escritos para extrair ou adicionar dados nestes arquivos.

A grande vantagem de se organizar a informação em um Sistema de Arquivos é que pode-se escrever programas bastante eficientes para realizar as funções desejadas. Porém segundo [KORTH], também existem grandes desvantagens:

(1) Redundância e Inconsistência de Dados. Os arquivos e programas normalmente são criados por diversos programadores ao longo de um tempo muito grande, e a tendência será que os arquivos tenham formatos diferentes e que os programas sejam codificados em linguagens diferentes. A mesma informação pode estar duplicada em outros arquivos. Esta redundância tem custo de armazenagem e acesso. Além disso a redundância pode produzir inconsistências, onde várias cópias da mesma informação não combinam.

(2) Dificuldade de Acesso aos Dados. Suponha que seja necessário obter uma lista com os alunos

matriculados em um curso específico. Como esta função não havia sido pensada desde o início, então é necessário pedir que se faça um programa específico para atender esta função ou então imprimir a lista de todos os alunos e buscar manualmente aqueles que interessam. Nenhuma destas soluções é aceitável. Este problema ocorre porque o Sistema de Arquivos não tem flexibilidade para acomodar novas funções rapidamente. Ao contrário o Banco de Dados possui esta característica de uso genérico.

(3) Isolação dos Dados. Como os dados estarão espalhados em diversos arquivos e formatos será difícil definir como novas aplicações poderiam ser escritas.

(4) Anomalias no Acesso Concorrente. Para se ter um aproveitamento melhor do sistema computacional, permite-se que várias pessoas acessem simultaneamente o sistema de informação. Suponha que um aluno é alocado a um curso por um certo programa. Enquanto que este mesmo aluno é removido do arquivo de alunos por um funcionário da Diretoria Acadêmica. Então um aluno está inscrito em um curso, mas não faz mais parte do corpo discente, porque foi retirado do arquivo de alunos. Para prevenir-se contra este tipo de situação é preciso algum tipo de supervisão centralizada. Como os programas têm liberdade para acessar qualquer arquivo e também não foram previamente projetados para realizar este acesso coordenado, será difícil obter consistência neste sistema de informação.

(5) Problemas de Segurança. Nem todos os usuários devem ter o mesmo direito de acesso. Um aluno poderia acessar o sistema de informação para saber sua nota, mas não poderia alterá-la. Se o programador puder escrever o programa que quiser, não será possível garantir que não haverá falhas na segurança.

(6) Problemas de Integridade. Os dados armazenados no banco de dados devem satisfazer certas restrições de consistência. Por exemplo, é necessário que cada aluno tenha se matriculado entre um número mínimo e um máximo de créditos. Para garantir isto, é preciso que todo programa de aplicação faça esta verificação. Se novas restrições forem adicionadas depois que os programas de aplicação estiverem prontos, será difícil que as novas restrições sejam incorporadas. O problema pode ser ainda mais difícil se a restrição envolver outros arquivos.

A abordagem do Banco de Dados tenta resolver estes problemas principalmente através da centralização do acesso aos dados, impondo regras tanto para construção de aplicações, como para acesso concorrente de usuários.

2.2 Abstração de Dados

Normalmente uma aplicação de banco de dados é feita para um grande número de usuários que têm objetivos e interesses diferentes com relação à informação ali contida. No processo de desenvolvimento do banco de dados será necessário entrevistar estes usuários para fazer um levantamento da informação requerida. Como usualmente estes usuários não são especialistas em computação, seria muito difícil tentar conversar com eles usando terminologia de computação. Para facilitar a interação existe uma representação dos dados em três níveis segundo

[CODASYL]:

(1) Nível Físico. É o mais baixo nível de abstração que descreve como o dado será efetivamente armazenado. Neste nível, estruturas de dados complexas são descritas em detalhes. Normalmente é de interesse apenas do implementador de banco de dados.

(2) Nível Conceitual. É o nível seguinte na escala de abstração e descreve quais dados serão armazenados e os relacionamentos que existem entre os dados. Neste nível os dados são descritos em formas simples, apesar de sua implementação física poder ser complexa. Mas não é necessário compreender os detalhes de implementação para compreender o modelo conceitual.

(3) Nível de Visão. É o mais alto nível na escala de abstração. Descreve como uma classe de usuários vê o banco de dados, por isso só contém informação que seja do seu interesse. É uma visão particular destes usuários. Desta maneira um banco de dados pode ter muitas visões, cada uma adequada à uma finalidade ou grupo de interesse. A figura 2.2 a seguir mostra o interrelacionamento entre estes três níveis.

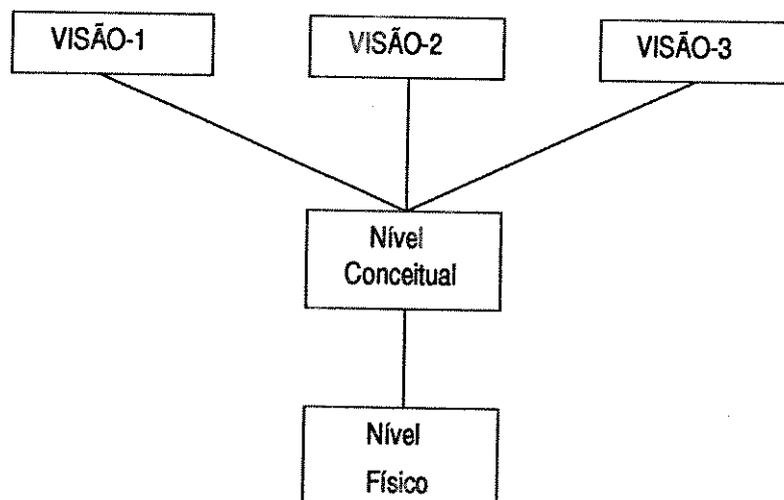


Figura 2.2 - Níveis de Abstração

No desenvolvimento do banco de dados primeiro se cria as diversas visões de cada classe de usuários. Depois num processo de consolidação as visões são agrupadas em uma única visão que é o modelo conceitual. Com este modelo conceitual mapeia-se cada estrutura simples deste modelo em representações de baixo nível criando o modelo físico.

2.3 Modelo de Dados

A estrutura de um banco de dados está baseada em um conjunto de ferramentas conceituais que descrevem os dados, os relacionamentos entre os dados, a semântica dos dados e restrições de consistência. Estas ferramentas são chamadas Modelos de Dados.

Os modelos de dados podem ser classificados segundo [KORTH] como: modelos lógicos baseados em objetos, modelos lógicos baseados em registros e modelos físicos de dados.

2.3.1 Modelos Lógicos Baseados em Objetos

São usados para descrever os dados nos níveis conceitual e de visão. Possuem uma capacidade de estruturação razoável e permitem que as restrições de consistência sejam colocadas explicitamente. Entre os diversos modelos existentes podemos citar: modelo entidade-relacionamento, modelo orientado à objeto, modelo binário, modelo semântico de dados, modelo infológico e modelo funcional de dados. Dentre estes os mais importantes e mais usados em produtos comerciais são os modelos entidade-relacionamento e orientado à objeto.

O modelo entidade-relacionamento (E-R), proposto por [CHEN], é baseado na percepção de que o mundo real é composto de objetos básicos chamados entidades e relacionamentos entre estes objetos básicos.

Uma entidade é um objeto que se distingue de outro objeto por um conjunto de atributos. Por exemplo, *nome* e *curso* podem ser os atributos de uma entidade *aluno*. O relacionamento é uma associação entre várias entidades. Por exemplo, o relacionamento *Aluno-Disciplina* associa um aluno específico com uma disciplina que esteja cursando. Uma entidade é dita fraca quando sua existência é condicionada pela existência de outra entidade. As entidades que não são fracas são chamadas entidades regulares. Um relacionamento é dito fraco quando conecta pelo menos uma entidade fraca à outra entidade qualquer. O modelo E-R representa também certas restrições que os dados devem satisfazer. Uma restrição importante é o mapeamento de cardinalidades, que expressa o número de entidades que certa entidade pode estar associada através de um relacionamento.

O modelo E-R pode ser expresso na forma de um diagrama E-R, que consiste dos seguintes elementos:

- (1) Retângulo, que representa as entidades.
- (2) Circunferência, que representa os atributos.
- (3) Losango, que representa relacionamentos entre entidades.
- (4) Linhas, que ligam atributos às entidades, e entidades à relacionamentos.
- (5) Retângulo com borda dupla, que representa entidades fracas.

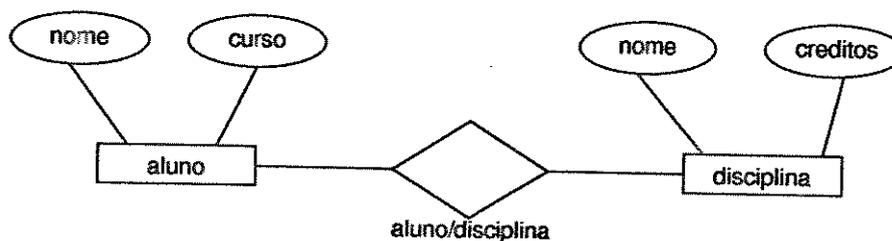


Figura 2.3 - Exemplo de Diagrama E-R

A figura 2.3 mostra um exemplo de um diagrama E-R para o modelo de informações acadêmicas.

O modelo orientado à objeto, segundo [KIM & LOCHOVSKY], também vê o mundo como uma coleção de objetos. Um objeto contém valores armazenados em variáveis de instância que estão dentro do objeto. Estes valores armazenados também podem ser objetos, e portanto objetos contêm objetos em um nível arbitrário de profundidade. O objeto também contém código que sabe como manipular os dados do objeto. Este código é chamado método. Os objetos que têm os mesmos tipos de valores são agrupados em classes, que é uma espécie de definição de tipo para os objetos.

Para acessar os dados de um objeto é preciso enviar uma mensagem ao objeto. Para cada mensagem que um objeto aceita responder existe um método, que sabe como responder à mensagem. A única forma do mundo exterior obter informações do objeto é através deste esquema mensagem/método, porque os dados ficam encerrados dentro do objeto e são invisíveis para o mundo externo.

Como resultado deste esquema tem-se dois níveis de abstração: o modelo interno do objeto e modelo que o mundo externo tem do objeto. Por exemplo, suponha que um objeto *aluno* contenha as variáveis de instância *nome*, *curso* e *total de créditos integralizados*. Suponha que exista um método *aloca* que faz alocação de alunos às disciplinas. Suponha que antigamente era permitido um máximo de 30 créditos semestrais, mas agora o curso de engenharia é permitido até 32 créditos semestrais. No modelo orientado à objetos só é preciso mudar o código do método *aloca* do objeto *aluno* e não sair procurando em todas as aplicações que poderiam fazer uso dos atributos de alunos.

2.3.2 Modelos Lógicos Baseados em Registros

Estes modelos são usados para descrever o banco de dados no nível conceitual e de visão. O resultado da modelagem poderá ser usado tanto como ferramenta conceitual ou como uma implementação de alto nível. Estes modelos são constituídos de registros de formato fixo de vários tipos. Cada registro tem um número fixo de campos ou atributos e cada campo tem um comprimento fixo, que simplifica a implementação no nível físico. Não existe a possibilidade de associar um código aos dados neste modelo, mas existem linguagens especializadas de alto nível (por exemplo, SQL Structured Query Language [SQL/ANSI] e [DATE89]) que permitem realizar buscas e outras manipulações no banco de dados. Os tipos mais comuns desta classe de modelos são: modelo relacional, modelo de rede e modelo hierárquico.

O modelo relacional, proposto por [CODD], é o mais importante dos três e bastante implementado em produtos comerciais. Neste modelo os dados e relacionamentos entre os dados são representados em tabelas bidimensionais. As colunas da tabela têm nomes que são os atributos do dado representado e são todas distintos. As linhas da tabela são distintas umas das outras e representam uma possível ocorrência do dado representado. Uma ou mais colunas da tabela é denominada chave. E através desta chave única é possível recuperar qualquer dado da tabela. A ordem das linhas ou colunas é irrelevante, trocando-se linhas ou colunas a informação representada é a mesma. Uma linguagem de acesso como SQL pode recuperar os dados ordenados segundo certo critério. A implementação física das tabelas normalmente são arquivos simples. Mas é possível criar arquivos de índices que

permitem recuperar rapidamente a informação da tabela. Este modelo é bastante fácil de ser entendido e tem uma implementação mais simples, se comparado com o modelo orientado à objeto, por exemplo.

Uma linha em uma tabela representa um relacionamento entre um conjunto de valores. E a tabela representa um conjunto destes relacionamentos. Existe uma correspondência entre o conceito de tabela e o conceito matemático de relação, daí a origem do nome modelo relacional. Um exemplo de modelo relacional é apresentado à seguir:

Nome	Disciplina	Créditos
João F.	Cálculo I	230
José M.	Métodos Numéricos	125
Maria J.	Cálculo I	50

Disciplina	Créditos
Cálculo I	4
Programação Linear	6
Métodos Numéricos	4

A primeira tabela representa Alunos com os atributos Nome, Disciplina cursada e Total de Créditos integralizados do aluno. A segunda tabela representa Disciplinas com os atributos Nome da Disciplina e Número de Créditos correspondentes.

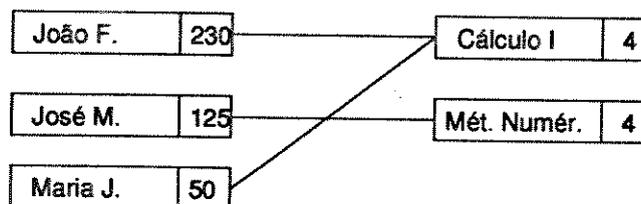


Figura 2.4 - Exemplo de Modelo de Rede

No modelo de rede os dados são representados como uma coleção de registros e o relacionamento entre os dados é representado por links também vistos como apontadores. Os registros no banco de dados pode ser visto como uma coleção de grafos. Um exemplo de modelo de rede é apresentado na figura 2.4.

O modelo hierárquico é bastante parecido com o modelo de rede no sentido em que também é armazenado em termos de registros e links. A diferença é que as informações são armazenadas em forma de árvores e não grafos

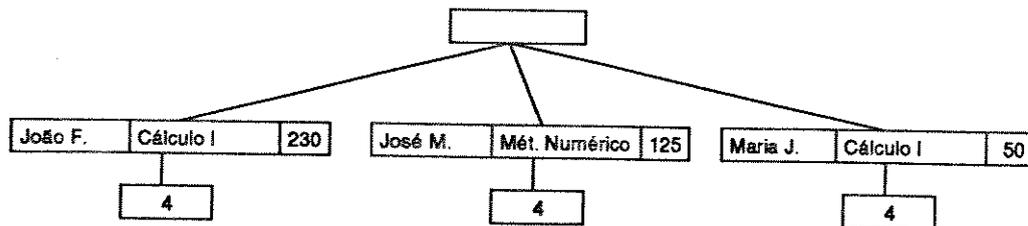


Figura 2.5 - Exemplo de Modelo Hierárquico

arbitrários. Um exemplo de modelo hierárquico é apresentado na figura 2.5.

2.3.3 Modelos Físicos de Dados

Os modelos físicos de dados são usados para descrever dados em mais baixo nível ou nível de implementação. Em contraste aos modelos lógicos de dados existem poucos modelos físicos de dados. Os mais usados são o modelo de unificação e o modelo de frame memory.

2.4 Instâncias e Esquemas

O banco de dados muda ao longo do tempo quando as informações são inseridas e deletadas. Ao conjunto de informações armazenadas em um dado instante de tempo no banco de dados chamamos instância do banco de dados. A estrutura geral ou projeto do banco não muda ao longo do tempo ou no máximo muda muito pouco. Esta estrutura é chamada de esquema do banco de dados.

Um banco de dados pode ter vários esquemas, um para cada nível de abstração, ou seja, esquema físico, esquema conceitual e no mais alto nível vários subsquemas correspondendo aos vários níveis de visão.

2.5 Independência dos Dados

A possibilidade para modificar a definição de um esquema em um nível sem afetar a definição do esquema de nível superior é chamado independência dos dados. A independência física dos dados é a possibilidade de modificar o nível físico (nível de implementação) sem ser necessário reescrever as aplicações que acessem o banco de dados. Normalmente estas modificações ocorrem para melhorar a performance do sistema. A independência lógica dos dados é a possibilidade de modificar o esquema conceitual. Estas modificações são necessárias sempre que houver mudanças no mundo que está sendo representado no banco de dados. A independência lógica dos dados é

mais difícil de garantir do que a independência física dos dados, porque os programas de aplicação são construídos sobre a estrutura lógica dos dados.

2.6 Dicionário de Dados

O esquema do banco de dados é especificado através de um conjunto de definições que são expressos em uma linguagem especial chamada Linguagem de Definição de Dados. O resultado da compilação dos comandos desta linguagem é um conjunto de tabelas que são armazenados em um arquivo especial chamado Dicionário de Dados. Este dicionário de dados contém metadados, ou seja, dados sobre dados. Este arquivo é consultado sempre que for requerida uma leitura ou escrita no banco de dados. Os programadores também podem consultar e interagir através de um programa especial com este dicionário de dados, que sempre conterá o formato dos dados armazenados.

2.7 Linguagem de Manipulação de Dados

Por manipulação de dados entende-se: recuperação de um dado armazenado no banco de dados, inserção de uma nova informação, eliminação de informação e modificação de alguma informação. Uma linguagem de manipulação de dados deverá ter uma implementação que acesse eficientemente aos dados e também que seja fácil de usar. Uma linguagem de manipulação de dados é uma linguagem que permite aos usuários acessar e manipular dados segundo um modelo de dados específico. Esta linguagem poderia ser do tipo procedural, onde o usuário especifica qual dado é desejado e como é recuperado. Ou a linguagem poderia ser não-procedural, onde o usuário especifica apenas qual dado é desejado. A linguagem SQL (structured query language), que é um exemplo de linguagem não-procedural, é um padrão usado em muitos produtos comerciais e que tem recursos para manipulação de dados, além de servir como linguagem de definição de dados. O banco de dados relacional INGRES permite a manipulação de dados na linguagem SQL.

Comparando com outras linguagens de programação, como FORTRAN e C, SQL pode ser definida como uma linguagem na qual os comandos solicitam ao gerenciador de dados o que o usuário quer que seja feito, e não como será feito.

Os comandos SQL são divididos basicamente em dois grupos:

- (1) Comandos da Linguagem de Definição de Dados, através dos quais são criadas ou definidas as estruturas de dados, como tabelas e índices.
- (2) Comandos de Manipulação de Dados, que permitem o acesso as informações já cadastradas.

Os comandos SQL podem ser inseridos através do terminal, de forma interativa, ou no código fonte de linguagens procedurais como C, isto é, o usuário pode incluir em seus programas comandos da biblioteca SQL, que permitem o acesso às tabelas do INGRES. Esta forma de utilização é conhecida como ESQL (do inglês Embedded SQL, ou SQL inserido). Também pode ser inserido no Windows4GL que será discutido no capítulo 4.

Existem quatro comandos básicos na linguagem SQL que são usados como comandos de manipulação de

dados, e que iniciam com as seguintes palavras:

```
SELECT
UPDATE
DELETE
INSERT
```

Estes comandos são usados respectivamente para a seleção , a atualização , a eliminação e a inserção de dados. Os exemplos de comandos SQL desta seção usam variáveis do banco de dados descritos no apêndice D.

2.7.1 Comando SELECT

O comando SELECT tem como função realizar buscas em uma determinada tabela de uma base de dados.

Exemplo 1:

```
1      select *
2      from hidroeletricas ;
```

Este exemplo exibirá todos os atributos e todas as linhas da tabela hidroelétricas . O asterisco é necessário para exibir todos os atributos.

O nome da tabela sobre a qual será feita a busca é colocado na linha 2 . Os números à esquerda das linhas foram colocados apenas para simplificar a leitura dos comandos , e não fazem parte dos mesmos.

Exemplo 2:

```
1      select h_id_apr
2      from hidroeletricas
3      where h_id_cod = 1 ;
```

Este exemplo fornece as usinas da tabela hidroelétricas cujo h_id_cod(código) é igual à 1.

Exemplo 3:

```
1      select h_id_apr , h_id_emp
2      from hidroeletricas
3      where h_vo_vmn > 17000;
```

Seleciona todas as usinas da tabela hidroelétricas cujo h_vo_vmn(volume máximo normal) é maior que 17000, então imprime h_id_apr(nome da hidroelétrica) e h_id_emp(nome da empresa) que satisfazem esta condição.

Exemplo 4:

```
1      select h_id_apr as usina , h_id_emp
2      from hidroeletricas
3      where h_vo_vmn > 17000
4      order by 1 ;
```

Este exemplo seleciona todas as usinas da tabela hidroelétricas cujo h_vo_vmn(volume máximo normal) seja maior que 17000. Serão mostrados na tela apenas os atributos h_id_apr e h_id_emp da usina selecionada. O

atributo `h_id_apr` será impresso com o título `usina` e o atributo `h_id_emp` com o próprio título `h_id_emp`. As linhas serão ordenadas alfabeticamente pelo atributo `h_id_apr`.

A sintaxe geral de `SELECT` é :

```
SELECT <atributo> [AS <título_resultante>] , <atributo> [AS <título_resultante>] ...
FROM <tabela>
[ WHERE <condição_busca> ]
[ ORDER BY <num_coluna> ] ;
```

Onde `<atributo>` é o nome da coluna da `<tabela>` que será mostrada. É permitida a exibição de mais de um atributo, neste caso eles devem ser separados por vírgulas. A cláusula `AS <título_resultante>` é opcional (os colchetes indicam que a cláusula é opcional) e permite que o nome do campo `<atributo>` seja exibido na tela com o nome `<título_resultante>`. Use asterisco, no lugar de `<atributo>`, para visualizar todos os atributos.

A cláusula `<tabela>` deverá conter o nome da tabela na qual queremos efetuar a busca.

`WHERE <condição_busca>` é opcional e é onde entramos com as condições a partir das quais será baseada a busca.

`ORDER BY <num_coluna>` é opcional, e permite que as linhas resultantes da busca sejam exibidas em ordem (alfabética, se for um campo string, ou crescente, se for um campo numérico).

2.7.2 Comando UPDATE

O comando `UPDATE` tem como função a atualização dos atributos de uma tabela.

Exemplo 1:

```
1      update conjunto_maquinas
2      set cm_tu_tip = 2 ;
```

Este exemplo faz com que o atributo `cm_tu_tip` (tipo de turbina) de cada linha da tabela `conjunto_máquinas` tenha o valor 2.

Exemplo 2:

```
1      update conjunto_maquinas
2      set  cm_tu_tip = 2
3      where cm_tu_apr = 'ITAIPU' ;
```

Este exemplo faz com que o atributo `cm_tu_tip` (tipo de turbina) de cada linha da tabela `conjunto_máquinas` tenha o valor 2 para a linha da tabela `conjunto_máquinas` onde `cm_tu_apr` (hidroelétrica) seja ITAIPU.

Exemplo 3:

```
1      update conjunto_maquinas
2      set  cm_tu_tip = 2 , cm_tu_nug = 3
```

```
3      where cm_tu_apr = 'ITAIPU' ;
```

Este exemplo faz com que o atributo `cm_tu_tip` (tipo de turbina) tenha valor 2 e o atributo `cm_tu_nug` (número de máquinas) tenha valor 3 para a linha da tabela `conjunto_máquinas` onde `cm_tu_apr` (hidroelétrica) seja ITAIPU.

A sintaxe geral do UPDATE é :

```
UPDATE <tabela>
SET <atributo> = <expressão>
[ WHERE <condição_busca> ] ;
```

As cláusulas `<tabela>`, `<atributo>` e `<condição_busca>` são idênticos aos do comando SELECT. A cláusula `<expressão>` contém o novo valor do atributo que estamos atualizando, que pode ser um valor simples ou uma expressão aritmética envolvendo outros atributos e constantes.

2.7.3 Comando DELETE

O comando DELETE permite eliminar uma ou mais linhas de uma determinada tabela.

Exemplo 1:

```
1      delete
2      from conjunto_maquinas
3      where cm_tu_tip = 2 ;
```

Elimina todas as linhas da tabela `conjunto_máquinas` cujo atributo `cm_tu_tip` (tipo de turbina) tenha o valor igual a 2.

Exemplo 2:

```
1      delete
2      from hidroeletricas
3      where h_id_emp = 22 and h_vo_vmn < 16000 ;
```

Neste exemplo, queremos eliminar todas as linhas da tabela `hidroelétricas` tal que o atributo `h_id_emp` (empresa) é igual a 22 e o `h_vo_vmn` (volume máximo normal) é menor que 16000. Note que utilizamos uma condição de busca composta por duas expressões, ligadas por um `and` lógico.

Exemplo 3:

```
1      delete
2      from conjunto_maquinas;
```

Este exemplo elimina todas as linhas de uma tabela incondicionalmente.

A sintaxe geral de DELETE é :

```
DELETE
FROM <tabela>
[ WHERE <condição_busca> ] ;
```

2.7.4 Comando INSERT

A função do comando INSERT é possibilitar a inserção de uma nova linha em uma dada tabela.

Exemplo 1:

```
1      insert
2      into hidroeletricas (h_id_apr,h_id_cod)
3      values ('CAMARGOS' , 1) ;
```

Inserir uma linha na tabela hidroelétricas, e preenche os campos h_id_apr(nome da hidroelétrica) e h_id_cod(código) com respectivamente os valores CAMARGOS e 1. Os outros atributos desta linha são preenchidos com valores nulos.

A sintaxe do comando INSERT é :

```
INSERT
INTO <tabela> ( <atributo1>,<atributo2>,...)
VALUES ( <val_atrib1>,<val_atrib2>,...) ;
```

As cláusulas <atributo1>,<atributo2>,... indicam os atributos que serão inseridos. Os valores destes atributos são colocados entre parênteses após VALUES e separados por vírgulas.

2.7.5 CONDIÇÕES DE BUSCA

A condição de busca é uma expressão, que quando avaliada define quais linhas de uma tabela serão selecionadas. As condições de busca podem ser combinadas pelos operadores lógicos NOT, AND e OR. Existem basicamente sete tipos de predicados, que podem ser combinados para formar uma expressão.

2.7.5.1 PREDICADOS DE COMPARAÇÃO

Os predicados de comparação são representados da seguinte forma:

```
<expressão1> OPERADOR_COMPARAÇÃO <expressão2>
```

Onde OPERADOR_COMPARAÇÃO é um dos seguintes :

=	igual à
---	---------

!=	diferente de
>	maior que
<	menor que
>=	maior ou igual à
<=	menor ou igual à

Exemplo 1:

Dados os atributos `cm_tu_tip` (tipo de turbina) e (numero de máquinas) da tabela `conjunto_máquinas`, queremos testar os dois valores dentro de um `SELECT`, fazemos :

```

1      select cm_tu_apr
2      from conjunto_maquinas
3      where ( cm_tu_nug <= 2) and ( cm_tu_tip != 1) ;

```

Neste exemplo, estamos selecionando o atributo `cm_tu_apr` (hidroelétrica) de uma linha da tabela `conjunto_máquinas`, tal que o `cm_tu_nug` (número de máquinas) é menor ou igual a 2 e `cm_tu_tip` (tipo de turbina) é diferente de 1. Dois predicados foram combinados usando o operador lógico `AND` para formar uma expressão.

2.7.5.2 PREDICADO LIKE

O predicado `LIKE` permite a comparação entre padrões de caracteres. Os exemplos a seguir ilustram o seu uso.

Exemplo 1 :

Para identificar strings iniciadas com 'A' no atributo `nome` :

```
nome like 'A%'
```

O caracter `%` é utilizado para ignorar os caracteres seguintes, de modo que qualquer string começando com a letra A será aceito.

Exemplo 2 :

Para identificar strings iniciadas com qualquer caracter entre A e Z no atributo `nome` :

```
nome like '[A-Z]%' ESCAPE '\'
```

Neste exemplo, as barras `\` são utilizadas para informar ao monitor `SQL` que ignore os colchetes na string. A função dos colchetes é definir uma lista de possíveis caracteres. Neste exemplo qualquer caracter entre A e Z é um caracter válido.

Exemplo 3 :

Para identificar qualquer string começando com 01234 , seguida de uma letra maiúscula :

```
nome like '\[01234\]\[A-Z\]' ESCAPE '\'
```

Exemplo 4 :

Para selecionar o atributo nome para valores com apenas dois caracteres, sendo o primeiro caracter uma letra A:

```
nome like 'A_'
```

2.7.5.3 PREDICADO BETWEEN

O predicado BETWEEN testa se um valor está no intervalo entre dois outros valores.

Y between X and Z é equivalente à $X \leq Y$ e $Y \leq Z$

Exemplo 1:

```
1 select h_id_apr
2 from hidroeletricas
3 where h_vo_vmn between 3000 and 10000 ;
```

Neste exemplo, estamos selecionando o atributo **h_id_apr** (hidroelétrica) de todas as usinas pertencentes a tabela hidroelétricas que tenham o atributo **h_vo_vmn** (volume máximo normal) compreendido entre 3000 e 10000.

O predicado BETWEEN também pode ser utilizado através de sua negação, o predicado NOT BETWEEN. Neste caso, serão aceitos os valores de Y que não estiverem entre X e Z .

2.7.5.4 PREDICADO IN

O predicado IN testa se um dado valor pertence a um conjunto definido.

Y in (X,W,Z) é equivalente à $Y = X$ ou $Y = W$ ou $Y = Z$

Exemplo 1:

```
1 select h_id_apr
2 from hidroeletricas
3 where h_id_emp in (7,18,33) ;
```

Neste exemplo, estamos selecionando o atributo **h_id_apr** (hidroelétrica) de todas as usinas pertencentes a tabela hidroelétricas que tenham o atributo **h_id_emp** (empresa) igual a 7, a 18 ou a 33.

Da mesma forma, pode-se utilizar este predicado através de sua negação, NOT IN. Serão identificados os valores de Y que não pertençam ao conjunto.

2.7.5.5 SUB-BUSCAS

Um conceito importante na linguagem SQL é o de sub-buscas (em inglês, subquery). Uma sub-busca consiste em um aninhamento de buscas, isto é, a busca principal consistirá da comparação dos valores de um determinado atributo da tabela não com um outro valor, mas sim com os valores resultantes de uma outra busca secundária. Este conceito pode ser melhor entendido através de exemplos.

Exemplo 1 :

```

1      select  h_id_cod
2      from hidroeletricas
3      where  h_id_apr in
4            ( select cm_tu_apr
5              from conjunto_maquinas
6              where cm_tu_nug = 2 ) ;

```

O SELECT mostrado entre as linhas 4 à 6 seleciona o nome de todas as hidroelétricas da tabela conjunto_máquinas que contêm exatamente duas máquinas. O SELECT mostrado então nas linhas 1 à 3 seleciona os códigos de usinas da tabela hidroelétricas, onde o atributo hidroelétrica está na seleção anterior.

Observe que a busca principal é na tabela hidroelétricas. O atributo cm_tu_apr (hidroelétrica) é comparado com o resultado de uma sub-busca na tabela conjunto_máquinas, onde são relacionados os nomes das usinas cujo atributo cm_tu_nug (número de máquinas) é igual a 2.

O objetivo de se utilizar as sub-buscas é poder fazer restrições na busca levando em conta informações pertencentes a outras tabelas, que possuam relacionamentos com a tabela principal.

Exemplo 2 :

```

1      select cm_tu_apr , cm_tu_num
2      from conjunto_maquinas
3      where cm_tu_pef >
4            (select avg (cm_tu_pef)
5              from conjunto_maquinas ) ;

```

Neste exemplo, serão exibidos os nomes das usinas e o número relativo ao conjunto de máquinas, cujo atributo cm_tu_pef (potência efetiva) é maior que a média (average) das potências dos conjuntos de todas as usinas cadastradas na tabela conjunto_máquinas. A função avg, utilizada na linha 4, é uma função agregada, e permite que se obtenha a média dos valores deste atributo para todas as linhas da tabela. As funções agregadas serão descritas numa seção posterior.

2.7.5.6 PREDICADOS ANY / ALL

Exemplo 1 :

```

1      select h_id_apr
2      from hidroeletricas
3      where h_vo_vmn > all

```

```

4         (select h_vo_vmn
5         from hidroeletricas
6         where h_id_emp = 22 ) ;

```

Nas linhas de 4 à 6 são selecionados todos os h_vo_vmn(volumes máximos normais) da tabela hidroelétricas que pertencem à empresa 22. Nas linhas de 1 à 3 são selecionados os h_id_apr(nomes de hidroelétricas) cujo h_vo_vmn(volume máximo normal) é maior que todos os volumes máximos da seleção anterior, ou seja, das hidroelétricas da h_id_emp(empresa) 22. Observe que foi utilizada uma sub-busca neste exemplo.

Exemplo 2 :

```

1     select h_id_apr
2     from hidroeletricas
3     where h_vo_vmn > any
4         (select h_vo_vmn
5         from hidroeletricas
6         where h_id_emp = 22 ) ;

```

Nas linhas de 4 à 6 este exemplo é idêntico ao anterior. Nas linhas de 1 à 3 são selecionados os nomes de hidroelétricas cujo h_vo_vmn(volume máximo normal) é maior que qualquer dos volumes máximos da seleção anterior, ou seja, das hidroelétricas da h_id_emp(empresa) 22.

A sintaxe do predicado any/all é da forma :

predicado_comparação any/all (sub_busca)

Seja op um dos predicados de comparação: = , != , < , <= , >= , >.

- X op any (sub_busca) será verdadeiro quando a condição X op Y for verdadeira para pelo menos um dos valores Y resultantes da sub-busca.

- X op all (sub_busca) será verdadeiro quando a condição X op Y for verdadeira para todos os valores Y resultantes da sub-busca.

2.7.5.7 PREDICADO EXISTS

O predicado EXISTS é verdadeiro quando o resultado da sub-busca não é vazio, ou seja, quando existe alguma seleção como resultado da busca.

Exemplo 1 :

```

1     select h_vo_vmn
2     from hidroeletricas
3     where exists
4         (select *
5         from conjunto_maquinas
6         where h_id_apr = cm_ru_apr

```

```
7          and cm_tu_nug = 2 ) ;
```

No exemplo acima, serão mostrados os atributos `h_vo_vmn` (volume máximo normal), atributo pertencente a tabela `hidroelétricas`, cujas usinas estão relacionadas na tabela `conjunto_máquinas` (comparação através do nome da usina, nas linhas 6 e 7) e cujo atributo `cm_ru_apr` (número de máquinas), atributo pertencente a tabela `conjunto_máquinas`, é igual a 2.

Note que quando é utilizado o predicado `EXISTS`, é necessário que a `sub_busca` retorne todos os atributos da tabela, através do argumento `*`. Se não for utilizado o caracter `*`, o comando não funcionará devidamente.

A sintaxe do predicado `EXISTS` é:

```
exists (sub_busca)
```

2.7.6 FUNÇÕES AGREGADAS

Uma função agregada retorna um valor baseado no conteúdo de uma coluna de uma ou mais linhas de uma tabela. As principais funções agregadas estão listadas a seguir :

Nome da Função	Descrição
Count(*)	Conta o número de ocorrências de um valor para um determinado atributo
Sum	Soma o total dos valores do atributo.
Avg	Calcula a média dos valores do atributo.
Max	Busca o valor máximo do atributo.
Min	Busca o valor mínimo do atributo.

Exemplo 1:

```
1      select * from hidroeletricas
2      where h_vo_vmn =
3          (select max h_vo_vmn
4             from hidroeletricas
5             where h_id_emp = 22 ) ;
```

Neste exemplo, nas linhas 3 à 5 é selecionado o valor máximo para o atributo `h_vo_vmn` (volume máximo normal) da tabela `hidroelétricas`, mas somente com `h_id_emp` (empresa) igual a 22. As linhas 1 e 2 encontram outras usinas que têm o mesmo volume máximo normal que o maior volume máximo normal da empresa 22.

Exemplo 2:

```
1      select count (*)
2      from conjunto_maquinas
3      where cm_tu_tip = 2 ;
```

Neste exemplo, estamos contando o número de linhas tal que o atributo `cm_tu_tip` (tipo de turbina) é igual a 2, ou seja, quantos conjuntos de máquinas são do tipo 2. Observe que é obrigatório o uso de (*) após o COUNT.

2.8 O Gerenciador de Base de Dados

O gerenciador de base de dados é um programa que realiza a interface entre dados de baixo nível que foram armazenados no banco de dados e os programas de aplicação e as pesquisas (queries) submetidas ao sistema.

O gerenciador de base de dados é responsável pelas seguintes tarefas [DATE86]:

(1) Interação com o Gerenciador de Arquivos. Os dados básicos são armazenados no disco usando um sistema de arquivos que é normalmente suportado pelo sistema operacional. O gerenciador traduz os vários comandos na linguagem de manipulação de dados para comandos de baixo nível que possam ser executados no sistema operacional. E portanto o gerenciador de base de dados é o responsável pela armazenagem, recuperação e atualização dos dados.

(2) Garantia de Integridade. Os valores armazenados no banco de dados devem satisfazer certas regras de consistência. Por exemplo, nenhum aluno pode estar matriculado em mais de um curso. O gerenciador pode determinar então quais atualizações podem resultar em violações destas restrições. Se isto ocorrer uma ação adequada é tomada.

(3) Garantia de Segurança. Usuários diferentes têm direitos de acesso diferentes. É função do gerenciador garantir a segurança do banco de dados conforme cada categoria de usuário.

(4) Backup e Recuperação. Como qualquer sistema de computação está sujeito à falhas como quebra de disco, queda de energia e erros de software, o gerenciador deve detectar estas falhas e recuperar o banco de dados para um estado consistente antes da ocorrência da falha.

(5) Controle de Concorrência. A atualização de dados feita por vários usuários simultaneamente deve ser controlada. O gerenciador de base de dados aplica mecanismos de concorrência para garantir a consistência destas operações.

2.9 Usuários de Banco de Dados

Conforme já foi dito, um banco de dados é projetado para atender as necessidades de uma grande quantidade de usuários com interesses e objetivos distintos. Estes usuários podem ser classificados segundo [KORTH] como:

(1) Programadores de Aplicação. São profissionais de computação que interagem com o sistema através da linguagem de manipulação de dados. Estes comandos são colocados em programas escritos em linguagem C, Pascal, etc. através de chamadas à uma biblioteca do banco de dados. Estes programas são chamados programas de aplicação. Também existem tipos especiais de linguagens de programação que combinam estruturas de controle do tipo Pascal com estruturas para manipulação de um objeto de banco de dados. Estas linguagens são chamadas de linguagens de quarta geração e contêm mecanismos para facilitar a geração de telas de entrada e apresentação de dados. Quase todos os produtos comerciais incluem algum tipo de linguagem de quarta geração.

(2) Usuários Sofisticados. Estes usuários não escrevem programas para interagir com o sistema. Ao invés disso realizam as operações que desejam através de queries submetidas ao gerenciador de base de dados. Uma linguagem muito utilizada para esta finalidade é o SQL.

(3) Usuários Especializados. São usuários sofisticados que usam o banco de dados para aplicações diferentes do processamento de dados convencional. Por exemplo, são aplicações de CAD, sistemas especialistas e bases de conhecimento, manipulação de imagens e audio, etc.

(4) Usuários Comuns. Interagem com o sistema através de programas de aplicação previamente escritos.

(5) Administrador de Banco de Dados. É a pessoa dedicada à garantir o funcionamento correto de todo banco de dados. É responsável pela segurança, instalação e manutenção do banco de dados.

2.10 Estrutura do Banco de Dados

A estrutura do banco de dados, segundo [KORTH], é constituída de um conjunto de módulos que interagem de maneira coordenada pelo gerenciador do banco de dados (ver figura 2.6). Os módulos que compõe o SGBD são:

(1) Gerenciador de Arquivos. Gerencia a alocação de espaço em disco e estruturas de dados usadas para representar a informação armazenada no disco. Este recurso normalmente é fornecido pelo sistema operacional.

(2) Gerenciador de Base de Dados. Realiza a interface de baixo nível entre dados armazenados no banco de dados e as queries e programas de aplicação.

(3) Processador de Query. Traduz comandos escritos em uma linguagem de pesquisa em instruções de baixo nível que o gerenciador de base de dados pode entender.

(4) Pré-compilador da Linguagem de Manipulação de Dados. Converte comandos nesta linguagem que ficam embutidos em programas de aplicação para chamadas de funções de uma biblioteca especial do banco de dados. O pré-compilador interage com o processador de query para poder gerar estas chamadas.

(5) Compilador da Linguagem de Definição de Dados. Converte comandos nesta linguagem para um conjunto de tabelas contendo metadados, ou seja, dados sobre os dados (dicionário de dados).

As estruturas de dados que fazem parte do banco de dados são:

- (1) Arquivos de Dados, onde está a base de dados propriamente dita.
- (2) Dicionário de Dados, são arquivos onde estão armazenados os metadados sobre a estrutura do banco de dados. O dicionário de dados é extremamente usado durante a operação do banco de dados, daí a importância do projeto deste elemento.

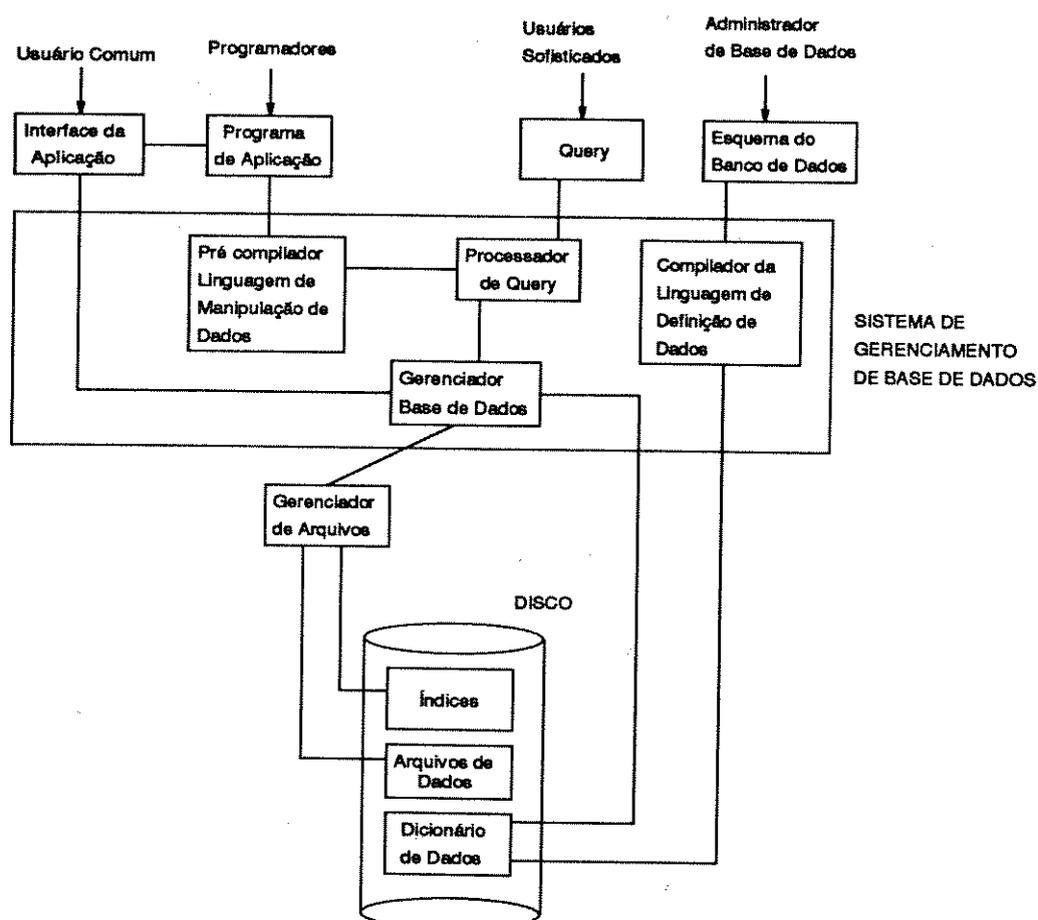


Figura 2.6 - Estrutura do Sistema Gerenciador de Base de Dados

(3) Índice, são arquivos que fornecem mecanismos para acesso rápido a determinados valores no banco de dados.

3 Interface Homem-Máquina

Outra base importante de um Sistema de Informação é a Interface Homem-Máquina (IHM), porque este é um software altamente interativo e portanto a comunicação com o usuário é de fundamental importância. O conhecimento de como projetar a interface é crucial, porque um bom projeto de interface levará o usuário a um ritmo natural de comunicação, enquanto que um mau projeto tornará o software não-amigável e poderá ser rejeitado pelo usuário.

O estudo da IHM está relacionado com o estudo do comportamento das pessoas e também com tópicos de tecnologia de computação. É preciso conhecer bem quem é o usuário, como o usuário aprende a interagir com um novo software, como o usuário interpreta a informação produzida pelo sistema, e o que o usuário espera do sistema.

A descrição a seguir começa pelo estudo dos fatores humanos. Os fatores humanos neste contexto, num nível mais fundamental, significam a percepção visual, a psicologia cognitiva da leitura, a memória humana e o raciocínio indutivo e dedutivo. Em outro nível, os fatores humanos representam o usuário e seu comportamento. Também é preciso compreender as tarefas realizadas pelo sistema para o usuário e as tarefas requeridas do usuário para completar a interação homem-computador.

Durante a interação homem-computador, os sentidos visuais, táteis e auditivos predominam, e através destes sentidos o usuário recebe a informação, armazena na sua memória e processa usando um raciocínio dedutivo ou indutivo.

Do ponto de vista neurofisiológico segundo [MONK], o que ocorre simplificado é o seguinte: a informação visual é apresentada na tela do computador; então o olho e o cérebro trabalhando juntos recebem e interpretam a informação visual baseado em tamanho, forma, cor, orientação, movimento e outras características. A comunicação visual tem uma característica paralela, ou seja, vários elementos discretos são percebidos simultaneamente.

Embora a tendência moderna seja a utilização somente de elementos gráficos nas IHM, ainda é grande o uso de informação textual. A leitura, que é o processo de extrair informação de um texto, é a atividade básica em muitas interfaces. O cérebro decodifica estes padrões visuais e recupera o significado de palavras e frases. A velocidade deste processo é controlada por padrões de movimento dos olhos que busca o texto em alta velocidade. O tamanho do texto, tipo de fonte, comprimento da linha do texto, localização e cor afetam a maneira como a informação é extraída.

Assim que a informação é extraída precisa ser armazenada para uso posterior. O usuário tem que se lembrar de comandos, sequências de operação, alternativas de operação e situações de erro. Acredita-se que a memória humana, segundo [KLATZKY], é composta de uma memória de curto prazo e uma de longo prazo. A informação sensorial (visual, tátil e auditivo) é colocada nesta memória de curto prazo, que pode ser usada imediatamente. Esta memória pode manter apenas uma certa quantidade de informação e por tempo limitado. O conhecimento é mantido na memória de longo prazo, onde fica a informação semântica e sintática.

Muitas pessoas não aplicam raciocínio formal dedutivo ou indutivo diante de um problema, mas aplicam um conjunto de heurísticas baseadas no entendimento de problemas similares. Estas heurísticas dependem do contexto onde são aplicadas, ou seja, um problema idêntico, mas encontrado em contextos diferentes tende a ser resolvido com heurísticas diferentes. O projeto da IHM deve considerar o modo como o humano desenvolve heurísticas.

Existe uma relação entre o nível de habilidade do ser humano e seu comportamento diante de um sistema

baseado em computador. A interface que é projetada para um engenheiro não é a mesma que é feita para um operário especializado.

O nível de habilidade do usuário final terá grande impacto na extração de informações úteis da IHM, na resposta eficiente de tarefas requeridas do usuário e na aplicação efetiva de heurísticas para criar um ritmo de interação.

Cada usuário tem uma personalidade única e uma IHM ideal deveria ser capaz de se adaptar a cada tipo de usuário. Uma abordagem mais prática é ter classes de usuários típicos e desenvolver a interface para eles. Algumas gradações psicológicas para a personalidade humana seriam: evita risco/aceita risco, reflexivo/impulsivo, convergente/divergente, alta/baixa ansiedade, alta/baixa tolerância à ambiguidade, assertivo/passivo, alta/baixa motivação, alta/baixa compulsividade, orientação do hemisfério cerebral direito/esquerdo. Não existem ainda dados estatísticos sobre os itens acima que ajudem o projetista da IHM, mas de qualquer modo é sabido que estes itens terão influência direta na aceitação da IHM pelo usuário.

Sistemas interativos baseados em computador normalmente implementam tarefas que já eram realizadas manualmente. O uso destes sistemas permite que o usuário realize as mesmas tarefas de forma mais rápida e eficiente.

3.1 Estilos de Interação Homem-Máquina

Os estilos de interação homem-máquina vem evoluindo ao longo dos anos junto com o desenvolvimento dos computadores e dispositivos de interação.

Quando ainda não existiam displays gráficos, mouses, etc, o modo de comunicação era a interface de comandos e perguntas. Este tipo de interação era somente textual e era realizada via comandos e respostas para perguntas geradas pelo sistema. Apesar de se poder criar comandos e perguntas concisas, existiam muitos erros de digitação que o sistema não perdoava e eram difíceis de aprender.

Uma variação que surgiu a seguir foi a interface de menu simples. Era apresentada uma lista de opções numeradas, que o usuário podia escolher digitando o número da opção desejada. Este esquema tinha a vantagem de fornecer o contexto para os comandos e era menos sujeito à erros do que o estilo comando e pergunta. Mas mesmo assim era cansativa de usar, porque tinha que percorrer a sequência estabelecida de menus, não havendo atalhos para uma execução mais simples.

A terceira geração de IHM surge com o advento de computadores com capacidade gráfica de baixo custo, como as estações UNIX. Surge o conceito de interface orientada à janela apontar e pegar (WIMP - Windows, Icons, Menus and Pointing Devices). As características desta interface são:

- (1) Diferentes tipos de informação são mostradas simultaneamente permitindo ao usuário mudar de contexto sem perder a conexão visual com outro trabalho.
- (2) Várias tarefas interativas diferentes podem ser executadas através de menus pull-down.

(3) O uso de ícons gráficos, menus pull-down, botões e técnicas de rolagem de tela reduzem a quantidade de digitação.

A quarta geração de IHM que está surgindo engloba as características da geração anterior com facilidades de hipertexto e multitarefa do ponto de vista do usuário.

3.2 Projeto da Interface Homem-Máquina

O projeto da IHM faz parte de um tópico maior que é o projeto de software. Existem várias técnicas para projeto de IHM, tanto baseadas em notação gráfica como em notação textual ou na forma de linguagem, apesar de serem poucas utilizadas até o momento. A metodologia empregada aqui é baseada em [RUBIN].

O projeto do IHM consiste então em levantar quais serão as funções que o sistema deverá ter do ponto de vista do usuário. Para cada função deve-se relacionar quais tarefas serão feitas pelo humano e quais serão feitas pelo computador. Pode-se usar ferramentas de prototipagem de IHM para criar interfaces. E finalmente é preciso avaliar os resultados com critérios de qualidade.

O primeiro passo é criar quatro modelos (modelo de projeto, modelo do usuário, modelo da percepção do sistema, e modelo da imagem do sistema) que combinadas permitem produzir uma interface consistente. O modelo de projeto é realizado pelo engenheiro de software e deve conter toda a representação de dados e procedural do software. O modelo do usuário, também realizado pelo engenheiro de software, representa o perfil do usuário típico deste sistema, para isto devem ser considerados fatores como idade, sexo, habilidades físicas, educação, nível cultural e étnico, motivação, objetivos e personalidade. Para efeito de análise, os usuários poderiam ser classificados como:

(1) Novato, é aquele que não tem conhecimento no uso da aplicação, seus objetivos e funções e nem de computadores de modo geral;

(2) Usuário experiente ocasional, é aquele que conhece a aplicação para o qual o software foi feito, mas não se recorda como usa a interface;

(3) Usuário experiente frequente, é aquele que conhece em profundidade tanto a aplicação como a operação da interface em si.

O modelo de percepção do sistema é a idéia que o usuário faz de como a interface deveria funcionar. Um usuário novato terá uma idéia bastante limitada de como deve ser a interface, enquanto que um usuário experiente poderá apresentar um ponto de vista muito mais abrangente.

O modelo da imagem do sistema é uma combinação do que será efetivamente mostrado na tela do computador, ou seja, a interface, com outros materiais que acompanharão o software como manuais, livros, apostilas, fitas de vídeo de treinamento, etc. Se este modelo coincidir com a percepção do sistema, então estaremos produzindo

um software exatamente como o usuário deseja.

O próximo passo no projeto da IHM é a modelagem e análise das tarefas que serão necessárias à realização das funções do software. A análise de tarefas pode ser feita com técnicas de refinamento por passos ou orientadas à objetos, semelhantes às técnicas empregadas em projetos de software, com a diferença que será usada para análise de tarefas humanas. Esta análise de tarefas poderá ser feita de duas formas: (1) entender as tarefas que o humano realiza atualmente e tentar criar um conjunto de tarefas que serão implementadas na interface e que emule de maneira similar ou não estas mesmas tarefas ou então (2) estudar como aplicação funciona e então propor um conjunto de tarefas que o usuário realizará.

Se for utilizada a análise de tarefas através de refinamentos por passos, será preciso primeiro levantar quais são as tarefas de mais alto nível, e para cada uma delas explodir em subtarefas mais simples até que haja compreensão total das tarefas. Se for utilizada a análise de tarefas orientada à objetos, então observa-se quais objetos são manipulados pelo usuário e quais são as ações que podem ser aplicadas à estes objetos.

Com o conjunto de tarefas, deve se usar a seguinte estratégia de projeto:

- (1) Estabelecer objetivos de cada tarefa;
- (2) Associar cada objetivo com uma sequência específica de ações;
- (3) Especificar como estas ações serão executadas na interface;
- (4) Mostrar como será o visual da interface para cada ação;
- (5) Definir como serão feitos os mecanismos de controle, ou seja, que dispositivos (mouse, teclado, etc) estão disponíveis para o usuário interagir com o sistema;
- (6) Mostrar como o usuário interpreta o que a interface apresenta à ele;

Algumas características importantes que a IHM deverá ter devem ser consideradas já nesta fase de projeto: tempo de resposta do sistema, facilidades de help, manuseio de erro e atribuição de nomes aos comandos. O tempo de resposta é o tempo que decorre entre o pressionar de um botão do teclado ou mouse e a saída desejada do sistema. Este item é muito importante e normalmente é o primeiro à ser notado pelo usuário. O tempo de resposta tem duas características importantes: duração e variabilidade. Quando a duração do tempo de resposta é longa o usuário se sente frustrado com o sistema, por outro lado se a resposta for extremamente rápida pode levar o usuário à cometer erros. O tempo de resposta também deve ter pequena variação, para que o usuário saiba quando vem uma saída desejada e entre neste ritmo.

Outra característica importante da IHM são as facilidades de help que o sistema fornece, que podem ser de dois tipos: integrado e adicionado. As facilidades de help integradas são projetadas desde o início com o software

e provém help sensível ao contexto. Este esquema permite obter informações sobre o item desejado, sem que seja necessário percorrer uma série de tópicos até chegar a este item. As facilidades de help adicionadas são colocadas fora do software e na forma de um manual on-line. Para se encontrar um tópico desejado é preciso percorrer vários caminhos e por tentativa e erro encontrar o item procurado. Na elaboração das facilidades de help é preciso considerar se estará disponível para todas as funções e durante todo o tempo; como o usuário acessa o help (menu de help, tecla de função ou comando HELP), como apresentar o help do usuário (uma janela separada, referência a um documento impresso ou uma ou duas linhas de sugestão), como o usuário retorna à operação normal (tecla RETURN, tecla de função ou sequência de controle).

As mensagens de erro e advertência devem ter as seguintes características: (1) a mensagem deve ser feita na terminologia que o usuário conhece, (2) a mensagem deve dar um conselho construtivo para que o usuário se recupere do erro, (3) a mensagem deve indicar consequências negativas do erro, para que o usuário possa tomar alguma ação se necessário, (4) a mensagem deve vir acompanhada de um sinal visual ou auditivo destacado, que permita ao usuário reconhecer imediatamente a condição de erro, e (5) a mensagem não deve culpar o usuário.

A tendência hoje é pela utilização crescente de IHM que use mouse para execução de comandos, ao invés de digitar os comandos. Os usuários experientes preferem digitar comandos, por isso é importante a atribuição de nomes aos comandos. Neste caso é preciso considerar: se toda opção do menu terá um comando correspondente, como executar o comando (via tecla de função ou palavra digitada), se será difícil lembrar do comando, e se os comandos poderão ser abreviados ou customizados pelo usuário. A macro é um esquema onde o usuário pode reunir uma sequência de comandos e ativá-los através de um único nome.

O processo de projeto de uma IHM começa com uma concepção inicial, então constrói-se um protótipo que é submetido ao usuário. Este por sua vez produz críticas que geram uma reavaliação da IHM, que produz um novo protótipo e o ciclo continua. Para auxiliar nesta etapa de prototipagem, existem toolkits de interface de usuário ou sistemas de desenvolvimento de interfaces do usuário, veja [MIKES]. Estas ferramentas têm facilidades para criar janelas, ícons, menus, botões, interação com mouse, teclado e outros, mecanismos de validação de entrada do usuário, manuseio de erro e apresentação de mensagens de erro, facilidades para criação de helps e prompts e comunicação entre a aplicação e a interface.

O último passo no processo de projeto da IHM é a avaliação do projeto para verificar se atende aos requisitos do usuário. A avaliação pode ser feita de duas maneiras: informal, pedindo para o usuário executar o software e criticar ou comentar a IHM, ou pode ser feita de modo formal pedindo para que o usuário responda à questionários previamente preparados. Com estas críticas em mãos, aplica-se as modificações na IHM que forem convenientes e constrói-se um novo protótipo da IHM que é submetido ao usuário, e o processo continua até chegar a um projeto que seja aceitável.

Mesmo antes de se construir um protótipo e submetê-lo ao usuário para testes, é possível aplicar alguns

critérios que permitirão levantar alguns problemas da IHM: (1) o comprimento e a complexidade da especificação escrita da interface é uma indicação da dificuldade de aprendizado, (2) o número de comandos e o número médio de argumentos por comandos, (3) o número de ações, comandos e estados do sistema dão uma idéia da carga na memória do usuário, (4) estilo da interface, facilidades de help e manipulação de erro dão uma idéia geral da complexidade da IHM e quão bem será aceita pelo usuário final.

No processo de avaliação da IHM pode-se obter dados qualitativos através de questionários submetidos aos usuários com questões que tenham resposta da seguinte forma: tipo sim/não, tipo numérica, subjetiva em uma certa escala e subjetiva em porcentagem. Alguns exemplos são:

- * Os comandos são fáceis de lembrar ? sim/não
- * Quantos comandos você usou ?
- * Quão fácil foi aprender usar o sistema ? escala 1 à 5

Para se obter dados quantitativos é preciso observar os usuários durante um certo período de tempo e coletar dados como número de tarefas completadas corretamente; frequência de uso de comandos; tempo gasto olhando na tela; número de erros e tempo de recuperação do erro e tempo usando o help.

3.3 Sugestões para o Projeto da Interface Homem-Máquina

Algumas sugestões extraídas de [PRESSMAN] e [GALITZ] com relação à interação de um modo geral são:

- (1) Ser consistente. Usar um formato homogêneo para todos os tipos de operação com menu, comandos de entrada, apresentação de dados, etc;
- (2) Fornecer realimentação visual e auditiva para as ações do usuário;
- (3) Pedir confirmação para toda ação destrutiva não trivial;
- (4) Permitir fácil reversão das ações. Implementar comandos tipo UNDO e REVERSE para desfazer ações erradas;
- (5) Reduzir a quantidade de informação que deve ser memorizada entre ações. Não obrigue o usuário lembrar um conjunto de números para que possam ser usados mais tarde;
- (6) Buscar eficiência nos diálogos, movimentos e pensamentos. Minimizar o número de teclas pressionadas. Minimizar a distância que o mouse deve ser movimentado. Não permitir situações onde o usuário não saberá o que fazer;
- (7) Perdoar os erros do usuário. O sistema deve proteger-se contra os erros do usuário e não o contrário.
- (8) Classificar as atividades por função e distribuí-las de maneira adequada na tela.
- (9) Fornecer facilidades de help sensível ao contexto.
- (10) Usar verbos de ação simples para atribuir nomes aos comandos.

Algumas sugestões de como apresentar os resultados na tela são:

- (1) Mostrar somente aquela informação que é relevante para o contexto atual;
- (2) Usar formatos de apresentação que permita rápida assimilação pelo usuário. Usar gráficos ao invés de tabelas;
- (3) Usar nomes consistentes, abreviações padrões e cores adequadas ao contexto. O significado da informação deverá ser completa à partir de sua visualização;
- (4) Produzir mensagens de erro significativas;
- (5) Usar letra minúscula, maiúscula, indentação e agrupamento de texto para ajudar no entendimento;
- (6) Usar janelas para agrupar diferentes tipos de informação e que estejam dentro de um mesmo contexto;

Algumas sugestões de como realizar a entrada de dados são:

- (1) Minimizar o número de ações de entrada do usuário. Reduzir a quantidade de digitação. Usar o mouse para selecionar de um conjunto pré-definido de valores, Usar macros para produzir um conjunto de dados à partir de uma tecla ou nome;
- (2) Manter o mesmo padrão de tamanho de texto, cor, localização, etc, entre a apresentação da informação e a entrada de dados;
- (3) Permitir ao usuário experiente customizar a entrada;
- (4) Permitir ao usuário escolher o tipo de interação desejada, ou seja, via teclado ou mouse;
- (5) Desabilitar comandos que não são adequados para o contexto atual. Isto evita que o usuário cometa erros;
- (6) Fornecer help para ajudar na entrada de dados;
- (7) Não pedir para o usuário digitar as unidades de grandeza que está sendo feito a entrada. Não exigir que seja digitado ".00" por exemplo. Fornecer defaults sempre que possível. Não pedir dados que possam ser adquiridos automaticamente ou calculados facilmente à partir de outros dados.

Aqui conclui-se as técnicas e metodologias que serão empregadas no desenvolvimento do SI-Hidro.

Descrição do Sistema Hidrotérmico Brasileiro

A descrição do sistema hidrotérmico brasileiro apresentada neste capítulo é baseada em [FORTUNATO]. As principais fontes de geração de energia elétrica no Brasil são as usinas hidroelétricas e termoelétricas. Outras fontes de geração como usinas nucleares e tecnologias emergentes (solar, biomassa, gás, eólica, etc) começam também a despontar como alternativas para o cenário energético. O parque gerador brasileiro é composto quase que na sua totalidade por usinas hidroelétricas e um pequeno número de termoelétricas, cuja função é a de complementação da demanda. O objetivo do SI-Hidro é fornecer informações de vários tipos sobre hidroelétricas e termoelétricas, como localização, empresa ao qual pertence, potência efetiva, níveis operativos, vazões naturais, etc. Estas informações poderão ser usadas para diversas finalidades, como conhecimento mais detalhado do parque gerador, em estudos de planejamento de operação, em projetos de expansão, etc.

1 Usinas Hidroelétricas

Uma usina hidroelétrica é composta de: uma barragem que represa o curso natural do rio formando um reservatório de regularização; uma tomada d'água e condutos forçados que levam a água do reservatório até a casa de força, situada em nível mais baixo que o reservatório para que se crie uma altura de queda; a casa de força onde estão instalados diversos grupos turbina-gerador e outros equipamentos auxiliares; e um canal de restituição ou fuga, através do qual a água é reconduzida ao rio ou outro curso d'água. Também existe o vertedouro cuja função é a eliminação do excesso de água do reservatório. A figura 3.1 apresenta o perfil simplificado da usina hidroelétrica.

Uma usina hidroelétrica contém dados que servem para distingui-la de outras usinas. São os dados de identificação:

- (1) nome do aproveitamento;
- (2) concessionária ou empresa à qual pertence;
- (3) rio ou bacia hidrográfica onde está instalada;
- (4) município e estado da federação brasileira onde está instalada;
- (5) posição geográfica em termos de latitude e longitude;
- (6) data de início e fim do enchimento do reservatório;
- (7) nome da usina hidroelétrica imediatamente abaixo ou à jusante na cascata do rio em consideração.

A ELETROBRÁS é o órgão federal que coordena as metas de geração e trocas energéticas entre as diversas concessionárias autorizadas a operar os aproveitamentos. A ELETROBRÁS atribui um código à cada aproveitamento para sua própria identificação.

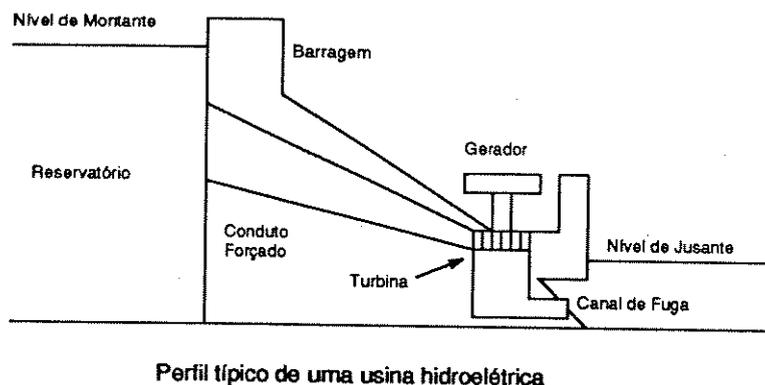


Figura 3.1

1.1 Vertedouro

Um elemento importante em uma usina hidroelétrica é o vertedouro, que permite a liberação das vazões excedentes decorrentes das cheias dos rios depois que a capacidade de armazenamento do reservatório foi completada, evitando o transbordamento em locais impróprios. Esse volume de água liberada vai diretamente ao rio sem passar pela casa de força. Este vertimento normalmente é feito através de um vertedouro de superfície, onde a liberação da água é feita ao nível do topo da barragem. O vertimento também pode ser feito através de um descarregador de fundo, onde a liberação é feita próxima ao fundo da barragem. O vertedouro é caracterizado pelos seguintes dados:

- (1) número de comportas no vertedouro de superfície;
- (2) capacidade de vertimento de cada comporta e tipo de comporta;
- (3) tipo e capacidade de vertimento do descarregador de fundo quando houver;
- (4) capacidade total do sistema de vertimento da usina.

Também existe uma tabela que relaciona a vazão da descarga do vertedouro com a cota do reservatório.

1.2 Barragem

Segundo [SOUZA] a barragem constitui-se em obras transversais aos álveos dos rios, bloqueando a passagem da água. Funcionalmente se destinam à:

- (1) represar as águas do rio para permitir sua captação e desvio;
- (2) elevar o nível das águas a fim de proporcionar um desnível adequado a um aproveitamento hidroelétrico ou condições de navegabilidade ao rio, garantindo profundidade adequada;
- (3) proporcionar o represamento do rio para a formação de reservatórios reguladores de vazões para os diversos tipos de aproveitamento ou para o amortecimento de ondas de enchentes.

A água é constantemente renovada neste processo de captação, produção de energia elétrica e liberação para

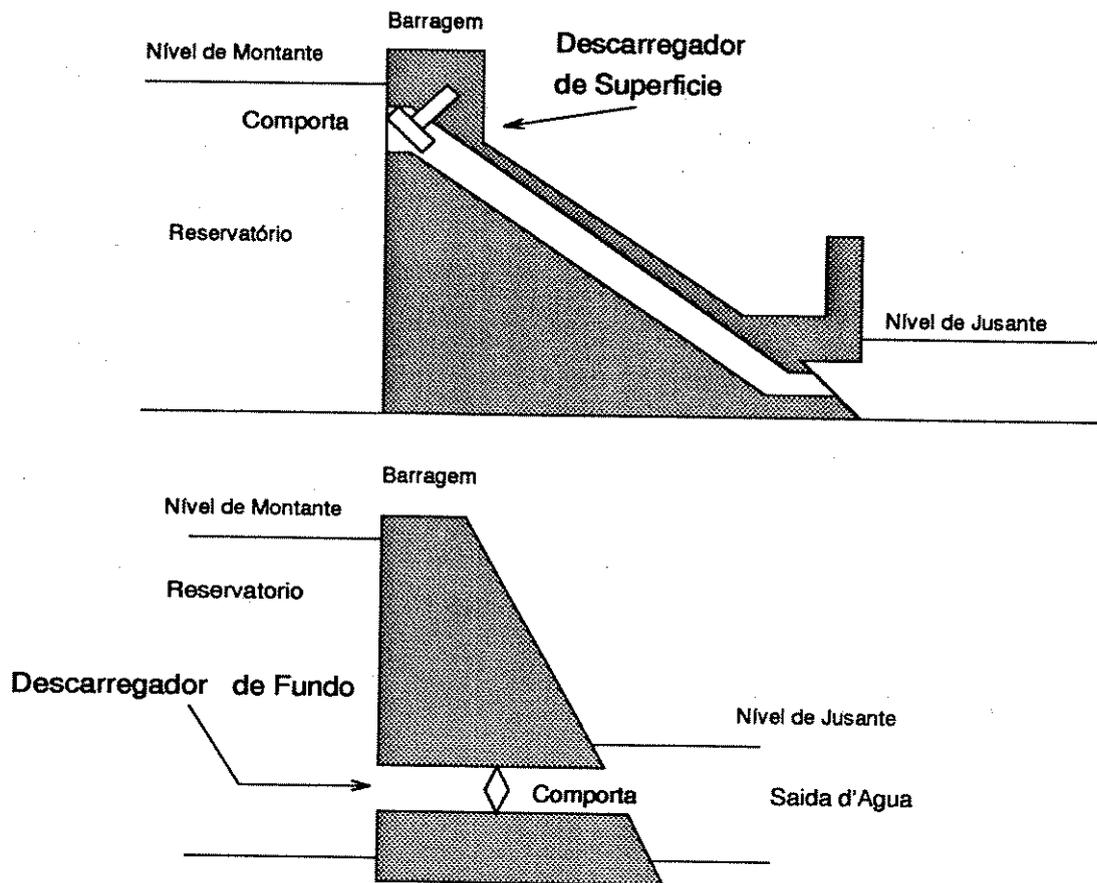


Figura 3.2

o rio.

1.3 Reservatório

O reservatório de uma usina hidroelétrica é caracterizado pelos seguintes dados:

- (1) nível da água máximo operativo, que é o nível d'água máximo de um reservatório considerado para fins de operação normal de uma usina hidroelétrica;
- (2) nível da água mínimo operativo, que é o nível d'água mínimo de um reservatório considerado para fins de operação normal da usina;
- (3) nível da água máximo maximorum, que é o nível mais elevado da superfície da água para o qual a estrutura hidráulica foi projetada. É fixado geralmente como o nível correspondente à sobrelevação máxima, quando da ocorrência da cheia de projeto, veja figura 3.3.

Outros dados de reservatório são (figura 3.3):

- (4) cota coroamento da barragem, que é altura do paredão da barragem;
- (5) cota crista da barragem, que é a altura onde estão os vertedouros de superfície com comportas abertas;

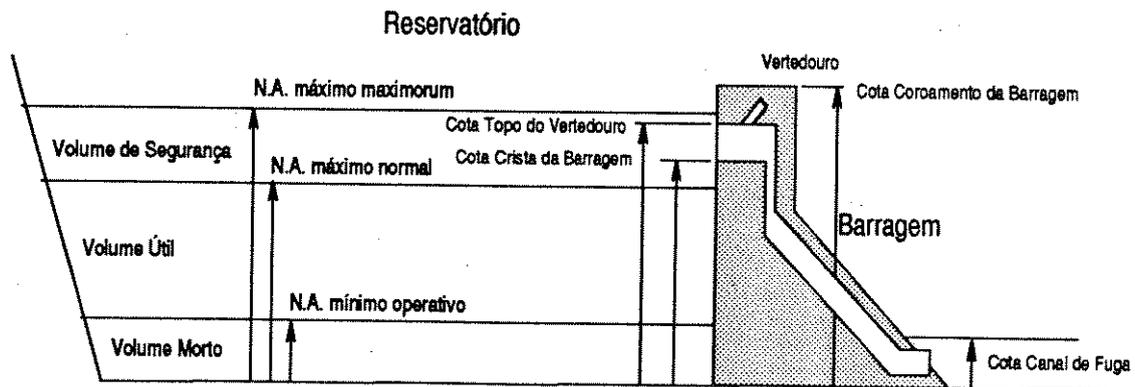


Figura 3.3

- (6) cota topo do vertedouro, que é a altura onde estão os vertedouros de superfície com as comportas fechadas;
- (7) cota nível médio do canal de fuga, que é o nível médio da água no canal de fuga.
- (8) volume mínimo operativo, ou volume morto, que é o volume d'água armazenado abaixo do nível mínimo operativo;
- (9) volume útil, que é o volume de água armazenado entre os níveis mínimo e máximo operativos normais;
- (10) volume total, que é o volume no nível máximo operativo normal;
- (11) volume máximo maximorum, que é o volume no nível máximo maximorum.
- (12) volume de segurança, que é o volume entre o nível da água máximo operativo e o nível da água máximo maximorum;
- (13) área de drenagem, que é toda área que contribui para a vazão em uma determinada seção transversal do rio;
- (14) área do reservatório, que é a área de superfície livre d'água, na cota correspondente ao nível máximo operativo do reservatório;
- (15) área inundada, que é a parte da bacia hidrográfica que fica abaixo do nível máximo maximorum de um reservatório;

Todas as cotas e níveis são medidos em relação ao nível do mar.

Também existe uma tabela e um polinômio que relaciona a área do espelho d'água com a cota do reservatório, e também uma tabela e um polinômio que relaciona a cota do reservatório com o volume de água armazenada.

Os reservatórios são classificados como de compensação ou acumulação, segundo sua capacidade de regularização. Os reservatórios de compensação só têm volume de água suficiente para regularização por um prazo de apenas alguns dias ou poucas semanas. Os reservatórios de acumulação têm capacidade de regularização por um prazo de um mês, um ano ou até vários anos. Os reservatórios de regularização anual ou plurianual atenuam bastante o efeito da variabilidade das afluições naturais, devido ao armazenamento em períodos úmidos e deplecionamento

em períodos secos. A usina que tem reservatório de compensação é conhecida como usina fio d'água. A usina que tem reservatório de acumulação é conhecida como usina de acumulação.

Um outro tipo de usina é aquela que possui dois reservatórios em níveis diferentes, é a usina de bombeamento. Quando não há necessidade da usina gerar energia, devido ao excesso de oferta no restante do sistema, a água é bombeada do reservatório de menor nível para o reservatório de maior nível. Quando a usina precisar gerar energia, a água é deplecionada do reservatório superior e turbinada.

Os reservatórios de acumulação também têm um papel importante no controle das cheias da bacia onde estão localizados. Durante os períodos úmidos é deixado um espaço vazio no reservatório para receber afluições que de outra forma causariam inundações nas regiões ribeirinhas.

1.4 Restrições de Operação

A produção de energia elétrica fica limitada por este controle de cheias, que estabelece limites para o volume máximo do reservatório a cada instante. Outras aplicações da água como navegação, saneamento e controle ambiental também limitam a produção de energia.

Devido a estas limitações existem alguns dados de restrições associados à cada usina:

- (1) restrição de montante, que é o nível máximo de armazenamento permitido;
- (2) restrição de jusante mínima, que é a vazão defluente mínima permitida;
- (3) restrição de jusante máxima, que é a vazão defluente máxima permitida.

Nem todas as usinas têm estas restrições operativas.

1.5 Balanço Hidráulico

O balanço da água é bastante importante para entender o funcionamento de uma hidroelétrica. A figura 3.4 é um esquema que mostra as variáveis de balanço.

Aplicando-se o princípio da conservação da água pode-se desenvolver equações matemáticas que descrevem o balanço hidráulico. Para um dado intervalo de tempo, o volume de água que afluente ao aproveitamento é igual a soma dos seguintes volumes: volume perdido sob a forma de evaporação para a atmosfera e volume infiltrado no leito da barragem; variação de volume do nível do reservatório (armazenamento ou deplecionamento); volume liberado na turbinagem e/ou vertimento.

Pode-se obter a equação de conservação instantânea da água dividindo-se os volumes considerados acima pelo tempo de observação da movimentação destes volumes. A equação resultante se torna uma soma de vazões:

$$w_i = a_i + y_i + q_i + v_i \quad \text{eq. 3.1}$$

onde

w_i - vazão afluente ao reservatório i no período;

a_i - vazão correspondente às perdas por evaporação e infiltração no reservatório i no período;

y_i - vazão correspondente à variação de nível (armazenamento ou deplecionamento) do reservatório i no período;

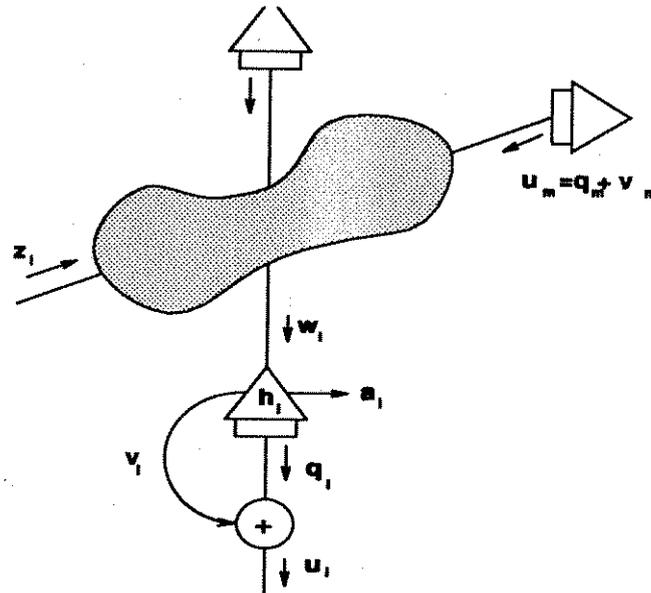


Figura 3.4

- q_i - vazão turbinada no aproveitamento i no período;
- v_i - vazão vertida no aproveitamento i no período.

A vazão afluyente à usina i ao longo do período considerado é composta da soma da vazão devida a operação de usinas imediatamente à montante e das vazões devida a cursos d'água que chegam à área de drenagem da usina. A primeira componente é parcialmente controlável e a segunda não é controlável. A equação de balanço hidráulico pode ser escrita como:

$$w_i = \sum_{m \in UM_i} (q_m + v_m) + z_i \quad \text{eq. 3.2}$$

onde

- UM_i - conjunto de usinas imediatamente à montante de i ;
- z_i - vazão lateral afluyente à usina i ;

Um outro dado associado com o balanço hidráulico é relativo aos coeficientes de evaporação, que são fatores mensais que relacionam a perda de água do reservatório por evaporação.

1.6 Altura de Queda

A operação de uma turbina hidráulica depende da altura de queda a que esteja submetida. Entende-se por **altura de queda bruta** de uma usina, num dado instante, a diferença entre os níveis de montante e jusante. O nível de montante é uma função não-linear do volume armazenado, enquanto o nível de jusante é uma função não-linear da vazão defluente.

A altura de queda bruta de operação em um dado instante é definida como:

$$hb_i = FHB_i(x_i, u_i) = FCM_i(x_i) - FCJ_i(u_i) \quad \text{eq. 3.3}$$

onde

hb_i - altura de queda bruta usina i num dado instante;

FHB_i - função Altura de Queda Bruta na usina i num dado instante;

x_i - volume armazenado no reservatório i no instante considerado;

u_i - vazão defluente da usina i, composta da vazão turbinada e vertida:

$$u_i = q_i + v_i \quad \text{eq. 3.4}$$

FCM_i - função Cota de Montante. Expressa a relação entre a cota de montante na usina i e o volume armazenado no seu reservatório;

FCJ_i - função Cota de Jusante. Expressa a relação entre a cota de jusante no canal de fuga da usina i e a vazão defluente da mesma.

O nível do canal de fuga de uma usina varia lentamente com a vazão defluente, sendo o tempo de resposta dependente da seção do rio à jusante da usina. Assim, uma simplificação comumente utilizada consiste em admitir-se o nível de jusante da usina ao longo de um determinado período de tempo com sendo conhecido e igual à um valor médio. A partir desta hipótese, a equação 3.4 pode ser reescrita como:

$$hb_i = FHB_i(x_i) = FCM_i(x_i) - c_j \quad \text{eq. 3.5}$$

onde

c_j - nível médio de jusante no canal de fuga da usina i.

A altura líquida de queda, ou simplesmente queda líquida, é igual à altura bruta menos as perdas de altura causadas pelas grades, entrada da adutora, válvulas, reduções de diâmetro, curvas, etc, e perdas por atrito nas paredes da adutora.

A partir da definição de queda líquida pode-se apresentar outros dados importantes de usinas hidroelétricas:

- (1) queda mínima de operação, que é o menor valor de queda líquida para o qual é possível a operação da unidade geradora;
- (2) queda efetiva, que é a menor queda líquida sob a qual a usina em operação desenvolve a sua potência efetiva, ou seja, a maior potência desenvolvida medida quando a unidade entra em operação;
- (3) queda nominal, que é a menor queda líquida de projeto sob a qual a usina desenvolve a sua potência nominal, ou seja, a maior potência desenvolvida calculada em projeto;
- (4) coeficiente de perdas hidráulicas, que é o valor médio das perdas hidráulicas, medidos em metros ou porcentagem.

Também existe uma tabela e um polinômio que relacionam o engolimento da turbina com a queda líquida, e a potência da turbina com a queda líquida.

1.7 Produção de Energia

O processo de geração de energia elétrica pode ser visto como a transformação de energia potencial da água em energia elétrica através do conjunto turbina-gerador. Esta energia pode ser escrita como:

$$eh_i = ep_i \cdot rt_i \cdot rg_i \quad \text{eq. 3.6}$$

onde

eh_i - energia produzida na usina hidroelétrica i ao longo do período;

ep_i - energia potencial da massa de água que é usada para acionar as turbinas na usina i ao longo do período;

rt_i - rendimento da turbina da usina i ;

rg_i - rendimento do gerador da usina i ;

Como a energia potencial pode ser expressa como o produto da massa pela aceleração da gravidade pela altura de queda, a equação 3.6 é reescrita como:

$$eh_i = 9.81 \cdot 10^{-3} \cdot (q_i \cdot t) \cdot hl_i \cdot rt_i \cdot rg_i \quad \text{eq.3.7}$$

onde:

t - período de tempo considerado;

hl_i - altura de queda líquida;

$(q_i \cdot t)$ - volume correspondente à massa turbinada na usina i durante o intervalo de tempo t considerado;

10^{-3} - peso específico da água;

9.81 - aceleração da gravidade;

Sendo a potência definida como a energia produzida por unidade de tempo, é possível expressar-se a potência produzida numa usina hidroelétrica como:

$$ph_i = FPH_i(q_i, hl_i) = 9.81 \cdot 10^{-3} \cdot q_i \cdot hl_i \cdot rt_i \cdot rg_i \quad \text{eq. 3.8}$$

onde;

ph_i - potência ativa produzida na usina i num dado instante;

FPH_i - função Potência Ativa Produzida na hidroelétrica i ;

Se trocarmos

$$p_i = 9.81 \cdot 10^{-3} \cdot hl_i \cdot rt_i \cdot rg_i \quad \text{eq. 3.9}$$

na equação 3.8 obtemos a seguinte expressão:

$$ph_i = FPH_i(q_i, hl_i) = p_i \cdot q_i \quad \text{eq. 3.10}$$

O fator p_i normalmente é chamado de produtividade da usina i no instante considerado e sua unidade é $MW/(m^3/s)$.

Outro conceito importante é produtividade específica ou produtibilidade, que é o coeficiente de valorização energética de cada unidade de vazão turbinada e cada metro de queda líquida no aproveitamento.

Resumindo, a potência gerada numa usina hidroelétrica é uma função da vazão turbinada e da altura de

queda, que é uma função não-linear do volume armazenado e da vazão defluente.

1.8 Conjunto Turbina-Gerador

Conforme já foi dito na seção anterior, a geração de energia elétrica é o resultado da transformação da energia potencial da água armazenada no reservatório em energia cinética e energia de pressão dinâmica pela passagem de água pelos condutos forçados. Quando a água movimentada a turbina, essa energia é convertida em energia mecânica, que é transmitida ao gerador. O gerador finalmente produz energia elétrica pela rotação de grandes eletroímãs. Esta energia passa por uma subestação elevadora de tensão, o que permitirá sua transmissão de forma mais adequada até os centros de consumo.

A potência produzida na usina é proporcional à vazão turbinada. Se a altura de queda for mantida constante, quando se aumentar a vazão turbinada do valor mínimo até o valor máximo a potência no gerador será normalmente crescente, enquanto que o rendimento da turbina cresce até um valor máximo e depois torna a decrescer.

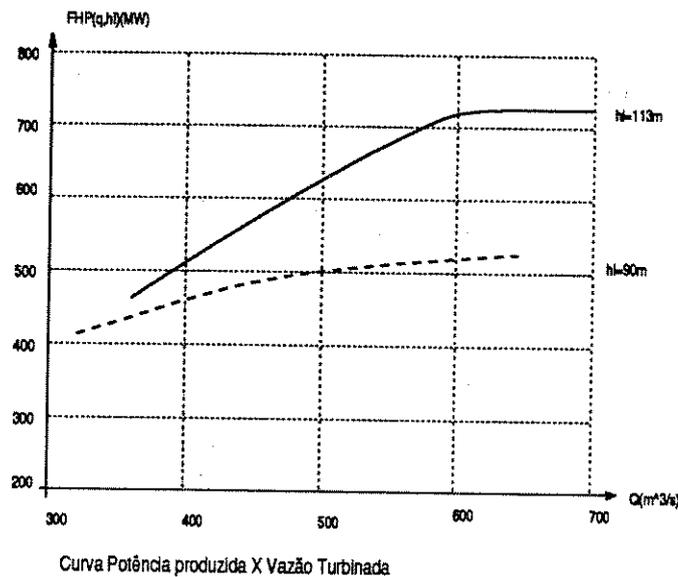


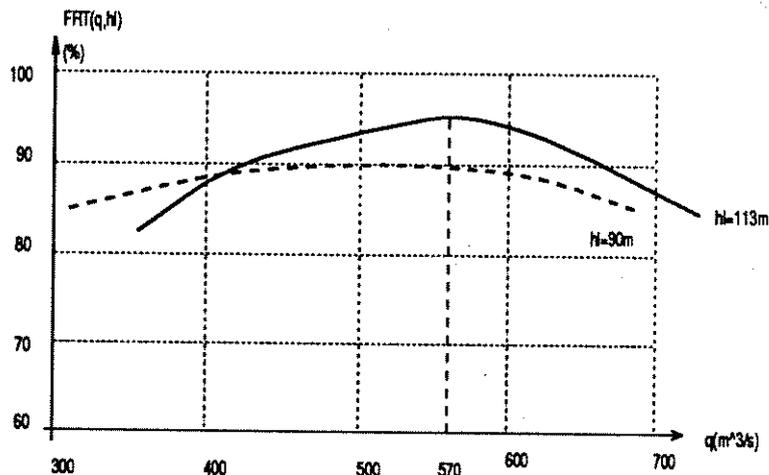
Figura 3.5

As figuras 3.5 e 3.6 expressam as relações entre potência do gerador versus vazão turbinada, e rendimento da turbina versus vazão turbinada.

Conforme pode ser observado na figura 3.5, para cada altura de queda líquida a potência produzida pela usina cresce com a vazão turbinada até um ponto máximo. A figura 3.6 mostra que para uma altura de queda líquida de 113m esta turbina tem o máximo rendimento que é da ordem de 95% quando a vazão turbinada for 570 m³/s.

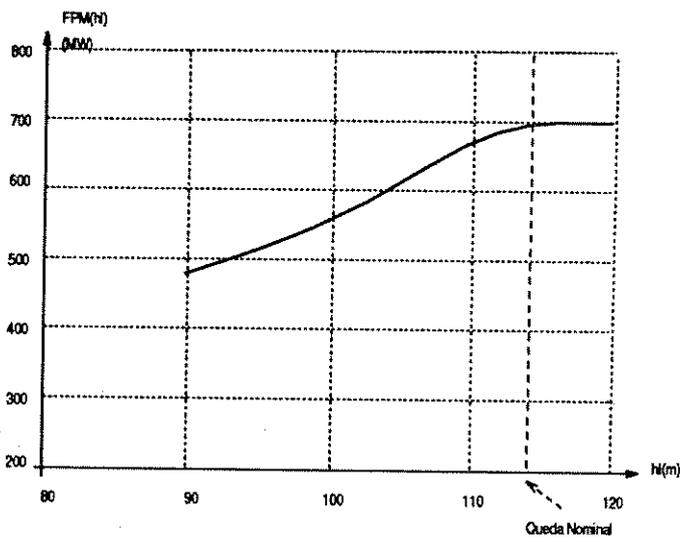
Se traçarmos um gráfico, como visto na figura 3.7, que estabelece as relações entre a potência máxima desenvolvida e a altura de queda líquida, veremos que existe uma queda líquida ótima, à partir do qual temos a potência máxima desenvolvida.

Se traçarmos um gráfico conforme a figura 3.8, onde para cada altura de queda líquida obteve-se a vazão



Curva Rendimento da Turbina X Vazão Turbinada

Figura 3.6



Curva de Potência Máxima X Altura de Queda Líquida

Figura 3.7

turbinada máxima (ou engolimento), veremos que existe uma queda (queda nominal) onde a vazão turbinada tem que ser diminuída para que se continue obtendo a potência máxima do gerador.

Turbina e gerador estão conectados através de um eixo de transmissão, por isso é comum, em certas situações, considerá-los como sendo uma única máquina. Existem alguns tipos de turbina, produzidas por diversos fabricantes, e que têm características mecânicas distintas entre si, que devem ser consideradas no projeto, planejamento e operação de uma usina. As máquinas de uma usina, ou seja, conjuntos turbina-gerador, são instalados em uma posição pré-calculada, de modo que terão quedas nominal, efetiva e mínima operativa próprias deste conjunto. Na mesma usina poderão haver outros conjuntos, mas com valores diferentes para estes parâmetros. Cada

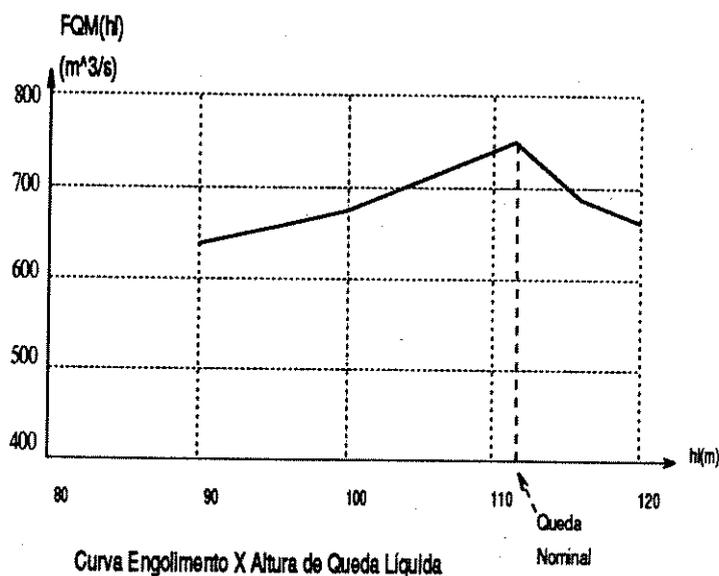


Figura 3.8

gerador de uma máquina terá uma potência efetiva que poderá ser desenvolvida como resultado da rotação do eixo da turbina. A turbina por sua vez, terá um engolimento mínimo e um engolimento nominal característico, que são a vazão mínima e nominal respectivamente.

Segundo [SCHREIBER] as turbinas usadas nas usinas hidroelétricas podem ser de *reação* ou de *ação*. A turbina hidráulica de reação é aquela em que o trabalho mecânico é obtido pela transformação da energia cinética e de pressão da água em escoamento através de partes girantes, enquanto que a turbina hidráulica de ação transforma somente a energia cinética da água. Exemplos de turbina de reação são: Francis, Kaplan, e Hélice, e um exemplo de turbina de ação é a Pelton. A seguir é descrito em detalhes as características de cada tipo de turbina:

(1) turbina Pelton. Necessita de grandes alturas de queda para o seu funcionamento, por isso as poucas localidades que oferecem a possibilidade de implantar este tipo de turbina estão na Serra do Mar, onde existem diferenças de altura de 300 metros ou mais. Por exemplo, a Usina de Cubatão tem queda de cerca de 700 metros e é derivada da bacia hidrográfica do Tietê. Hoje em dia existe pouca chance de se instalar uma nova turbina Pelton no Brasil devido à estas características de altura de queda acentuada desta turbina. Conforme pode ser visto na figura 3.9, uma turbina Pelton é composta de um rotor onde estão fixados um conjunto de pás na forma de concha. Injetores jogam jatos de água nestas conchas que fazem girar o rotor. O tipo mais comum possui dois injetores e seu eixo de rotação é montado na horizontal, mas também existe outro tipo menos comum com até 6 injetores com o eixo de rotação montado na vertical.

(2) turbina Francis. O rotor das turbinas Pelton gira no ar e o jato d'água transmite sua energia cinética às conchas, transformando-a em trabalho mecânico, enquanto ao contrário, o rotor das turbinas de reação (Francis e Kaplan) gira dentro da corrente d'água contínua. A figura 3.10 mostra um exemplo de turbina Francis que foi

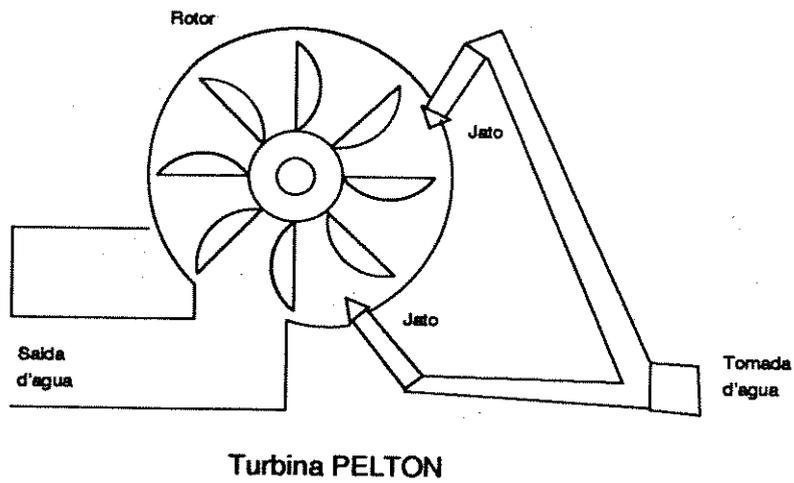


Figura 3.9

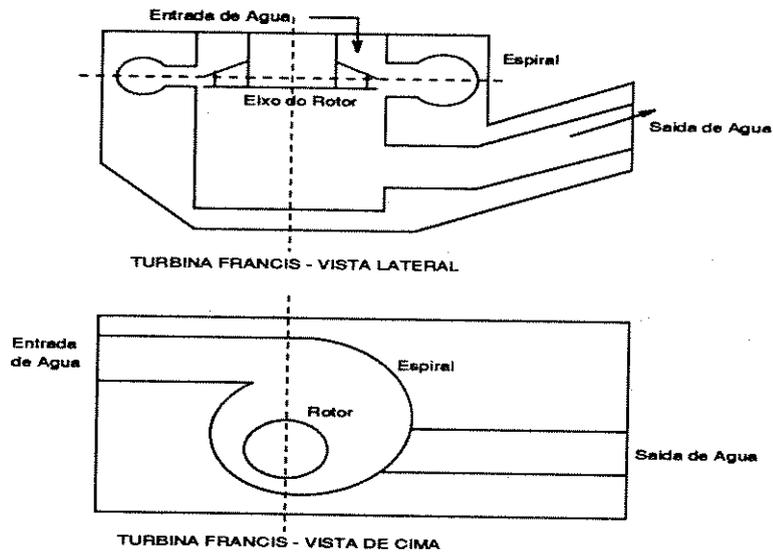


Figura 3.10

construída em uma caixa de concreto. Na turbina Francis o rotor é constituído por um certo número de pás com curvatura especial, fixas e estruturadas entre as coroas externa e interna. Neste tipo de turbina o fluxo d'água é orientado e distribuído igualmente na direção radial, por toda a periferia da entrada do rotor, saindo na direção axial. A turbina Francis é construída para usinas com altura de queda entre 20 metros e 600 metros.

(3) turbina Hélice e Kaplan. As características deficientes da turbina Francis sob pequenas quedas levaram à invenção das turbinas de hélice. Nas turbinas tipo hélice o rotor é constituído por um núcleo central, cubo hidrodinâmico, fixo à extremidade da árvore principal, que sustenta um pequeno número de pás em forma de hélice. Neste tipo de turbina o fluxo d'água é orientado de maneira que tanto na entrada como saída do rotor, sua direção coincide com o da árvore. A turbina tipo hélice pode ser de pás fixas ou ajustáveis. No segundo caso são chamadas de turbina Kaplan. As turbinas com pás fixas têm curva de rendimento muito aguda, de modo que, com a carga um pouco maior ou menor que a do ponto ótimo, o rendimento cai rapidamente. Como as turbinas com pás fixas têm rendimento razoável apenas quando a carga é praticamente constante, na prática acabam sendo pouco usadas. As turbinas Kaplan com pás ajustáveis resolvem este problema, fazendo com que a curva de rendimento seja bastante plana.

1.9 Vazões Afluentes

A água é o combustível da usina hidroelétrica, e o estudo de sua captação é tão importante quanto os estudos de operação da própria usina. A água chega até os aproveitamentos por processos naturais como chuva, nascentes d'água, etc, ou desvios forçados de outros cursos d'água criados pelo homem. Veja figura 3.11 extraída de [SOUZA].

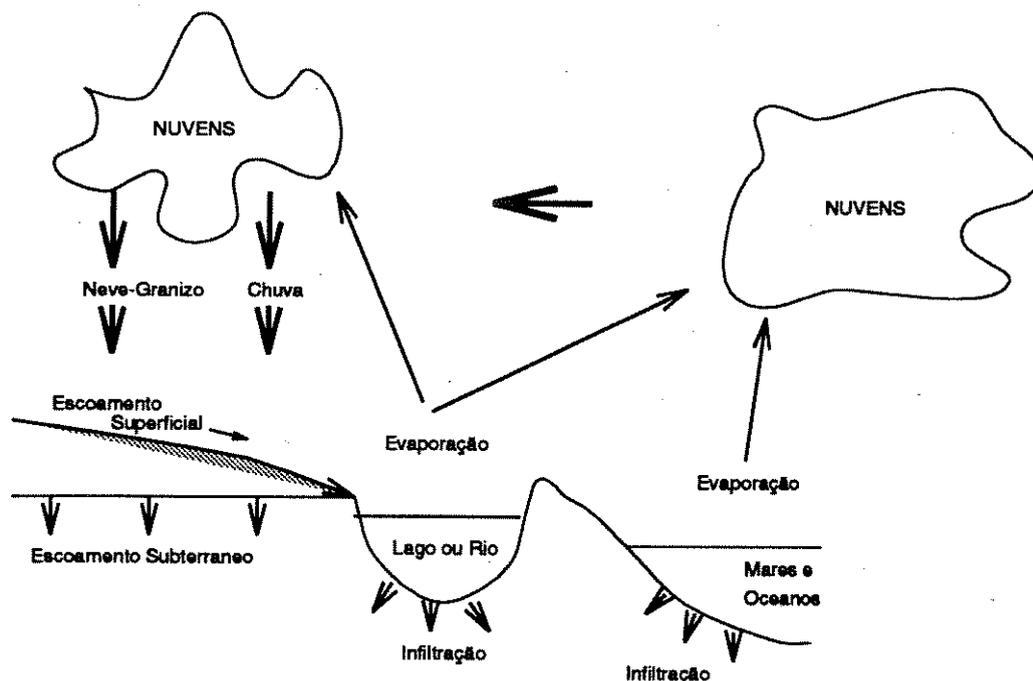


Figura 3.11 - Ciclo da Água

Em pontos estratégicos, ao longo do rio e na área inundada dos aproveitamentos, são colocados postos de medição que coletam níveis da água, que são convertidos em vazões. Normalmente, a vazão afluente de um

aproveitamento, ou seja, a vazão de água que contribui para o volume do reservatório, pode ser obtida por uma combinação de vazões, coletadas em postos de medição associadas com esta usina.

Conforme foi dito acima a vazão afluente é resultado parte do volume liberado de outros aproveitamentos que estão à montante, ou seja, imediatamente acima na bacia hidrográfica e parte vinda de cursos d'água, nascentes e chuva na área de drenagem correspondente à seção do rio entre o aproveitamento e seus vizinhos à montante. A afluência natural é a vazão que existiria nesta usina caso não houvesse nenhum tipo de controle de vazão pelo homem à montante da usina. A vazão incremental ou lateral é a diferença entre as vazões naturais da usina e as usinas imediatamente à montante.

Ao longo de muitos anos, foram coletados valores de vazões naturais mensais para cada aproveitamento do sistema hidroelétrico brasileiro. Ao todo estão disponíveis 60 anos de dados históricos de vazões mensais desde 1931 até 1990. Este registro de dados é conhecido como vazão histórica. Cada aproveitamento tem sua própria vazão histórica. O apêndice C apresenta um exemplo de uma tabela de vazão histórica típica. A figura 3.12 mostra como

	Jan	Fev	...	Nov	Dez	Média Anual
1931						
1932						
...						
1989						
1990						
MLT						

Estrutura de Dados das Vazões Históricas

Figura 3.12

é a estrutura de dados desta tabela.

Para cada série de vazão histórica, além da vazão de cada mês, também existe uma média para cada mês de um ano típico, é a vazão média de longo termo (MLT). Por exemplo, existe a vazão MLT para o mês de janeiro que foi obtida pela média de todas as vazões, somente dos meses de janeiro de todo histórico.

A média anual de vazões também é uma informação que pode ser obtida da série histórica, calculando-se a média para os meses de janeiro à dezembro de cada ano, ou seja, a vazão média do ano.

Outra informação que é obtida do histórico é um histograma de frequência de vazões. Este histograma é calculado para cada mês específico do ano. É obtido dividindo-se em intervalos fixos a faixa de menor e maior vazão do mês em consideração, então para cada intervalo verificar quantos meses do histórico estão nestes limites.

Também será útil determinar quais anos foram mais úmidos, secos e médios para um aproveitamento

qualquer. O ano mais úmido para um determinado aproveitamento é o ano que tem a maior vazão anual do histórico. Uma sequência mais úmida de anos são os anos consecutivos cujas vazões somadas produzem a maior vazão possível. O ano mais seco é o ano que tem a menor vazão anual do histórico. Uma sequência mais seca de anos são os anos consecutivos cujas vazões somadas produzem a menor vazão possível. O ano médio para um determinado aproveitamento é o ano cuja vazão anual se aproxima mais do valor médio entre os anos mais úmido e seco.

Estas informações também podem ser calculadas para um conjunto de aproveitamentos que pertençam à uma bacia em particular. Neste caso a comparação deve ser feita em termos de energia afluenta em cada aproveitamento. A energia afluenta é calculada como vazão natural no período X produtividade média, onde produtividade média é calculada como produtividade X queda nominal.

A energia afluenta do sistema de aproveitamentos é dado pela soma da energia armazenada de cada elemento do sistema. Os conceitos de ano mais úmido, seco e médio são aplicados ao sistema de aproveitamento apenas trocando a vazão por energia afluenta.

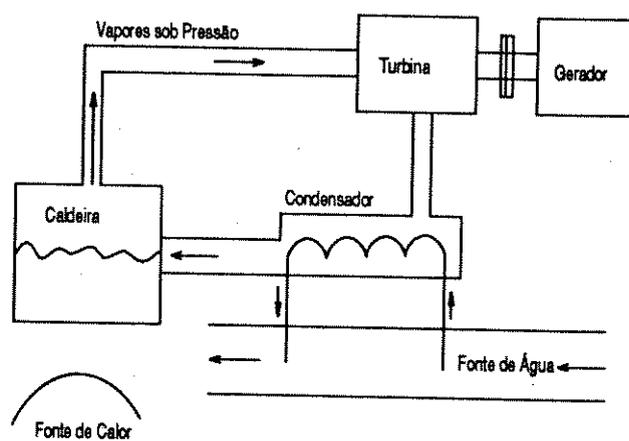
2 Termoelétricas

O princípio básico de funcionamento de uma termoelétrica genérica é ilustrado na figura 3.13 adaptado de [FORTUNATO]. Este esquema mostra que uma fonte de calor, que pode ser obtida pela queima de óleo combustível, gás natural, carvão vegetal ou mineral, e até mesmo combustível nuclear, aquece uma caldeira que produz vapores sob pressão. Estes vapores movimentam uma turbina que está acoplada ao eixo de um gerador de eletricidade. Finalmente os vapores são resfriados e retornam à caldeira.

Com esta abordagem simplificada da termoelétrica os dados que caracterizam uma termoelétrica são:

- (1) Nome da Termoelétrica;
- (2) Empresa, que é o nome da concessionária responsável pela termoelétrica;
- (3) Tipo de Combustível, que pode ser óleo combustível, gás natural, carvão vegetal ou mineral e combustível nuclear;
- (4) Potência Total Efetiva, que é a soma de todas as potências efetivas de todas as máquinas da termoelétrica;
- (5) Limite de Geração, que é a máxima potência que pode ser desenvolvida em operação normal;
- (6) Fator de Capacidade Máxima Mensal, que é a potência média desenvolvida ao longo de um mês. É expresso em percentagem da potência máxima;
- (7) Consumo de Combustível para o Fator de Capacidade Máxima Mensal.

O apêndice B apresenta as termoelétricas em operação no Brasil.



Esquema de uma termoeletrica genérica

Figura 3-13

Projeto do SI-Hidro

Este capítulo mostra como as metodologias de desenvolvimento de banco de dados e interface homem-máquina apresentadas no capítulo 2 foram aplicadas ao projeto do SI-Hidro.

1 Projeto da Interface Homem-Máquina

O projeto da IHM segue os passos descritos no capítulo 2 (Projeto da Interface Homem Máquina). O SI-Hidro é um sistema de informações sobre o Sistema Hidrotérmico Brasileiro, e portanto suas funções são as de recuperação de dados sobre hidroelétricas e termoeletricas, segundo critérios de seleção fornecidos pelo usuário.

As funções que o SI-Hidro deverá ter são mostrar dados sobre:

- (1) Hidroelétricas;
- (2) Termoeletricas;
- (3) Vazões Históricas;
- (4) Conjuntos de Hidroelétricas;
- (5) Vazões de Sistemas de Hidroelétricas.

Dentro de cada função acima existe uma grande quantidade de informações que podem ser mostradas. Por isso, dentro de cada função o usuário terá a tarefa de selecionar subgrupos de informações para que sejam apresentados pelo computador.

Seguindo a metodologia de projeto da IHM do capítulo 2, o próximo passo é criar quatro modelos: modelo de projeto, modelo do usuário, modelo de percepção do sistema e modelo da imagem do sistema.

O modelo de projeto está mostrado na seção sobre o projeto de banco de dados neste capítulo. O modelo do usuário, ou seja, o perfil típico do usuário final do SI-Hidro poderia ser classificado como um usuário experiente ocasional, ou seja, é aquela pessoa que conhece bem o funcionamento de uma usina hidroelétrica e termoeletrica, possivelmente um engenheiro elétrico, mas que usa o computador eventualmente e apenas como ferramenta de apoio ao seu trabalho.

O modelo de percepção do sistema foi feito através de uma entrevista informal com um pequeno grupo de possíveis usuários. Os usuários não tinham referência anterior sobre como poderia ser um tal sistema de informação. O capítulo 3 apresenta toda a informação que o usuário deseja, e a responsabilidade de como apresentar a informação de forma conveniente ficou para o projetista.

O modelo da imagem do sistema que é o que será efetivamente mostrado na tela, ou seja, a interface, é o resultado do próximo passo na metodologia de projeto da IHM.

No próximo passo, ou seja, modelagem e análise das tarefas que realizarão as funções do software, como não existia nenhum software prévio para se tomar como base, o caminho foi estudar um manual [SCEN-GTMC-

GCOI] que era usado como referência pelo pessoal do setor elétrico. Os apêndices A,B e C mostram exemplos de dados de hidroelétricas, termoeletricas e vazões históricas extraídas deste cadastro.

Foi utilizada a análise de tarefas através de refinamentos por passos, onde primeiro é levantado quais são as tarefas de mais alto nível, e depois para cada tarefa explodir em subtarefas até a compreensão total das tarefas.

As tarefas de mais alto nível são mostrar os dados relativos às funções do SI-Hidro conforme já foi dito no início desta seção, ou seja, são cinco tarefas de mais alto nível:

- (1) mostrar dados de hidroelétricas;
- (2) mostrar dados de termoeletricas;
- (3) mostrar conjuntos de hidroelétricas;
- (4) mostrar vazões históricas;
- (5) mostrar vazões de sistemas de hidroelétricas.

A metodologia do projeto de IHM diz que com este conjunto de tarefas deve-se:

- (1) *Estabelecer objetivos de cada tarefa.* Isto será feito sempre que o significado da tarefa não for óbvio.
- (2) *Associar cada objetivo com uma sequência específica de ações.* Normalmente as ações que serão possíveis são: imprimir a tela, desenhar um gráfico para dados em forma de tabela e retornar à tela anterior. Alguns parâmetros numéricos poderão ser digitados diretamente ou ajustados com os botões "+" e "-". Quando houver alguma ação específica diferente das anteriores então será descrita.
- (3) *Especificar como estas ações serão executadas na interface.* Todas as ações serão executadas pressionando-se um ícone do tipo botão com a ajuda do mouse.
- (4) *Mostrar o visual da interface para cada ação.*
- (5) *Definir como serão feitos os mecanismos de controle, ou seja, que dispositivos estarão disponíveis para o usuário interagir com o sistema.* Toda a interface será implementada em uma estação com capacidades gráficas, e o mecanismo principal de manipulação será através do mouse, e para dados alfanuméricos que não possam ser escolhidos via mouse, será usado o teclado.
- (6) *Mostrar como o usuário interpreta o que a interface apresenta à ele.* Um dos objetivos do SI-Hidro é fornecer uma interface intuitiva, no qual as funções pudessem ser facilmente sugeridas ao usuário. Mas sempre que isto não for claro será descrito em mais detalhes.

Então os objetivos das tarefas de mais alto nível são mostrar os dados de hidroelétricas, termoeletricas e vazões históricas, conforme mostrados no capítulo 3. O objetivo da tarefa mostrar conjunto de hidroelétricas seria o de efetuar uma pesquisa comparativa em um conjunto de hidroelétricas, como por exemplo, qual hidroelétrica da empresa CESP tem a maior potência efetiva. A tarefa mostrar vazões de sistemas de hidroelétricas tem como objetivo

encontrar em que períodos uma bacia composta de várias hidroelétricas foi mais seca ou mais úmida.

Com esta descrição a tela principal seria como na figura 4.1.

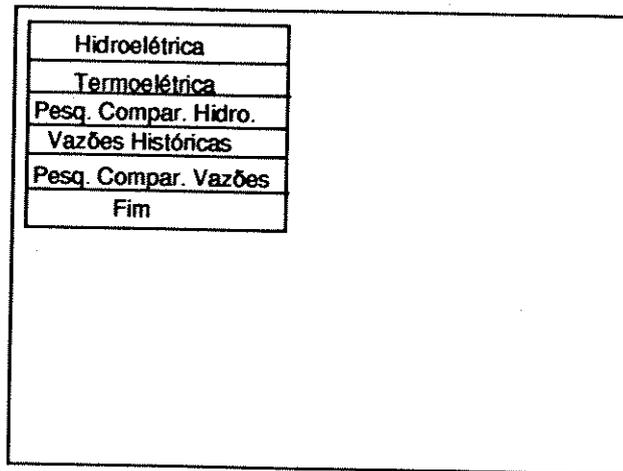


Figura 4.1

O projeto da interface considera que as informações na tela serão lidas da esquerda para a direita e de cima para baixo. A figura 4.2 apresenta a lógica para a disposição das informações para a tela principal e telas das subtarefas das tarefas mostrar hidroelétricas e mostrar termoelétricas. Nesta figura, no canto superior esquerdo estão

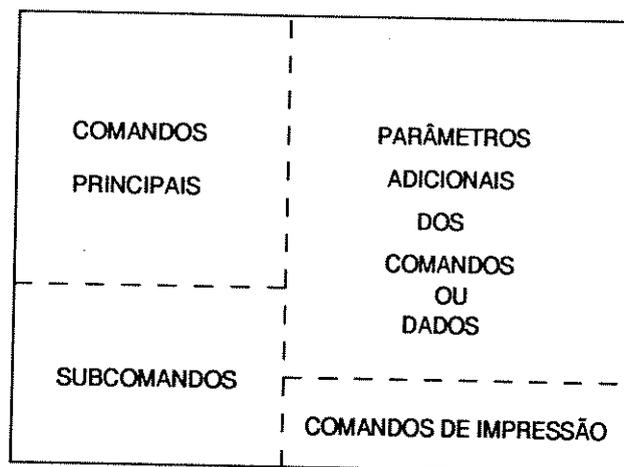


Figura 4.2

os Comandos Principais ou as tarefas de nível superior. A tarefa que estiver em execução mostrará suas subtarefas na região Subcomandos. Os resultados da tarefa ou outros parâmetros para execução da tarefa serão apresentados na região Parâmetros Adicionais dos Comandos ou Dados. A região Comandos de Impressão permitirá imprimir dados textuais da tela em uma impressora e também um gráfico para dados na forma de tabela.

As tarefas relacionadas com hidroelétricas, termoelétricas e vazões históricas são explodidas nas subtarefas pesquisar via tabela e pesquisar via mapa. O objetivo da tarefa pesquisar via tabela é iniciar a recuperação da informação dando como palavra-chave o nome de uma hidroelétrica. A figura 4.3 apresenta o visual da interface para este caso. A opção Pesquisar explode esta tarefa em novas subtarefas. O objetivo da tarefa pesquisar via mapa é

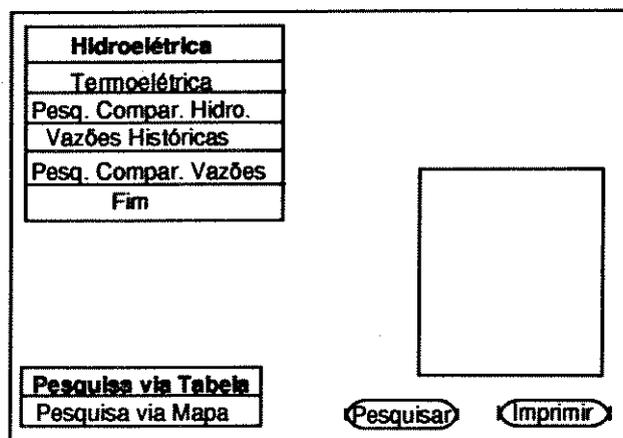


Figura 4.3

iniciar a recuperação da informação dando como ponto de partida um mapa de uma região do país onde estão situadas as usinas hidroelétricas e termoelétricas. Então com ajuda do mouse, seleciona-se a usina desejada.

A figura 4.4 mostra o projeto do visual da interface para esta tarefa.

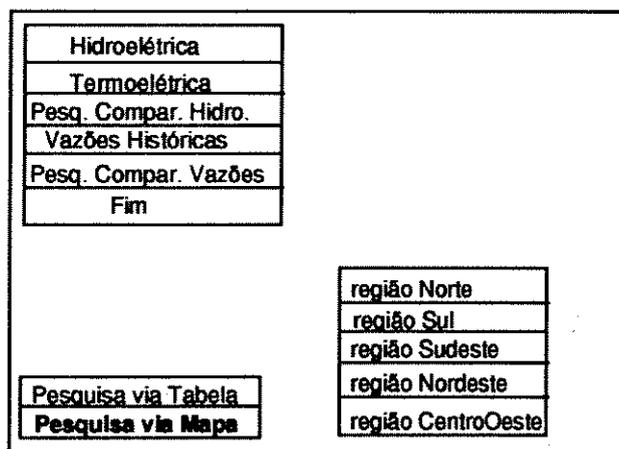


Figura 4.4

As tarefas pesquisar via tabela e pesquisar via mapa servem apenas para selecionar um ponto de partida para o início da pesquisa de hidroelétricas, termoelétricas e vazões históricas. A figura 4.5 apresenta a tarefa mostrar

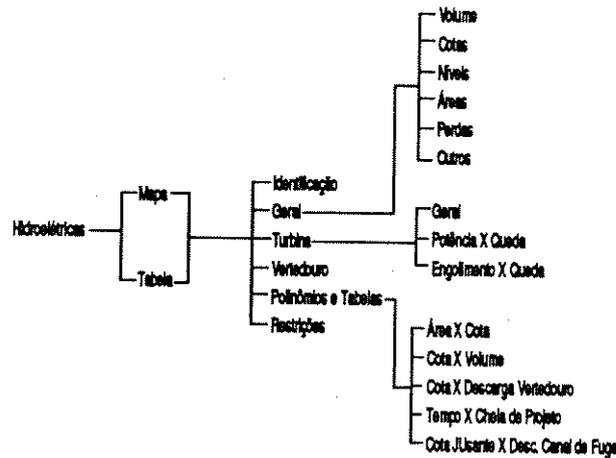


Figura 4.5

hidroelétrica até as subtarefas mais simples. Cada uma destas subtarefas será detalhada à seguir.

Os dados de hidroelétrica foram subdivididos em seis classes, cada uma correspondendo a uma tarefa na IHM. Os objetivos de cada tarefa seriam mostrar dados daquela classe:

- (1) Dados de Identificação, que contem informações de localização, nome e proprietário da hidroelétrica;
- (2) Dados Gerais, que contem informações sobre volumes, cotas, níveis e áreas do reservatório. Outras informações de caráter geral como perdas hidráulicas e de potências, produtividade específica e rendimento médio, potência nominal da usina, postos pluviométricos e coeficientes de evaporação também estão colocados nesta classe;
- (3) Dados de Turbina, que contem informações que relacionam a potência desenvolvida na turbina em função da queda nominal, e também relacionam o engolimento da turbina em função da queda nominal. Também estão contidas outras informações sobre turbina como tipo de turbina (Pelton, Francis, etc), número de unidades e potência efetiva, engolimento mínimo e nominal, queda nominal, efetiva e mínima operativas;
- (4) Dados de Vertedouro, que contem informações sobre comporta (tipo, quantidade e capacidade de vertimento) e sobre o descarregador de fundo (tipo e capacidade de vertimento);
- (5) Polinômios e Tabelas, que contem informações que são melhores representadas através de gráficos. Estas informações são: área em função da cota, cota em função do volume, cota em função da descarga do vertedouro, tempo em função da cheia de projeto e cota de jusante em função da descarga do canal de fuga. Normalmente estão disponíveis na forma de polinômios e/ou tabelas;
- (6) Restrições, que contem informações sobre as restrições operativas às quais a usina está submetida. Estes dados são limites mínimos e máximos de vazões à montante e à jusante.

As ações possíveis de serem realizadas nestas tarefas são imprimir a tela de informações na impressora, e

para dados de identificação e dados de turbina existe uma ação que é a visualização da imagem da hidroelétrica e da turbina respectivamente. As figuras 4.6, 4.7 e 4.8 mostram o projeto visual da interface para a tarefa mostrar dados de hidroelétricas e suas subtarefas. Note que foi aplicado refinamentos sucessivos para explodir as subtarefas dados gerais, dados de turbina e polinômios e tabelas em níveis mais detalhados. Note também que a lógica de operação da interface nestas telas segue o padrão apresentado na figura 4.2.

<table border="1"> <tr><td>Dados de Identificação</td></tr> <tr><td>Dados Gerais</td></tr> <tr><td>Dados de Turbina</td></tr> <tr><td>Dados de Vertedouro</td></tr> <tr><td>Polinômios e Tabelas</td></tr> <tr><td>Restrições</td></tr> </table>	Dados de Identificação	Dados Gerais	Dados de Turbina	Dados de Vertedouro	Polinômios e Tabelas	Restrições	
Dados de Identificação							
Dados Gerais							
Dados de Turbina							
Dados de Vertedouro							
Polinômios e Tabelas							
Restrições							

<table border="1"> <tr><td>Dados de Identificação</td></tr> <tr><td>Dados Gerais</td></tr> <tr><td>Dados de Turbina</td></tr> <tr><td>Dados de Vertedouro</td></tr> <tr><td>Polinômios e Tabelas</td></tr> <tr><td>Restrições</td></tr> </table>	Dados de Identificação	Dados Gerais	Dados de Turbina	Dados de Vertedouro	Polinômios e Tabelas	Restrições	Cota Coroa da Barragem (m): Cota Crista (m): Cota Topo Vertedor com Comportas Fechadas (m): Cota Nível Médio do Canal de Fuga (m):
Dados de Identificação							
Dados Gerais							
Dados de Turbina							
Dados de Vertedouro							
Polinômios e Tabelas							
Restrições							

<table border="1"> <tr><td>Volume</td></tr> <tr><td>Cotas</td></tr> <tr><td>Níveis</td></tr> <tr><td>Áreas</td></tr> <tr><td>Perdas</td></tr> <tr><td>Outros</td></tr> </table>	Volume	Cotas	Níveis	Áreas	Perdas	Outros	<input type="button" value="Imprimir"/>
Volume							
Cotas							
Níveis							
Áreas							
Perdas							
Outros							

<table border="1"> <tr><td>Dados de Identificação</td></tr> <tr><td>Dados Gerais</td></tr> <tr><td>Dados de Turbina</td></tr> <tr><td>Dados de Vertedouro</td></tr> <tr><td>Polinômios e Tabelas</td></tr> <tr><td>Restrições</td></tr> </table>	Dados de Identificação	Dados Gerais	Dados de Turbina	Dados de Vertedouro	Polinômios e Tabelas	Restrições	Aproveitamento: Empresa: Rio: Município: Latitude: Longitude: Estado: Data de Início de Enchimento: Data de Fim de Enchimento: Código Eletrotécnico: Usina à Jazante:
Dados de Identificação							
Dados Gerais							
Dados de Turbina							
Dados de Vertedouro							
Polinômios e Tabelas							
Restrições							

<input type="button" value="Visão Hidrolétrica"/>	<input type="button" value="Imprimir"/>
---	---

<table border="1"> <tr><td>Dados de Identificação</td></tr> <tr><td>Dados Gerais</td></tr> <tr><td>Dados de Turbina</td></tr> <tr><td>Dados de Vertedouro</td></tr> <tr><td>Polinômios e Tabelas</td></tr> <tr><td>Restrições</td></tr> </table>	Dados de Identificação	Dados Gerais	Dados de Turbina	Dados de Vertedouro	Polinômios e Tabelas	Restrições	Nível Máximo Operativo Normal (m): Nível Máximo Maximumum (m): Nível Mínimo Operativo (m):
Dados de Identificação							
Dados Gerais							
Dados de Turbina							
Dados de Vertedouro							
Polinômios e Tabelas							
Restrições							

<table border="1"> <tr><td>Volume</td></tr> <tr><td>Cotas</td></tr> <tr><td>Níveis</td></tr> <tr><td>Áreas</td></tr> <tr><td>Perdas</td></tr> <tr><td>Outros</td></tr> </table>	Volume	Cotas	Níveis	Áreas	Perdas	Outros	<input type="button" value="Imprimir"/>
Volume							
Cotas							
Níveis							
Áreas							
Perdas							
Outros							

<table border="1"> <tr><td>Dados de Identificação</td></tr> <tr><td>Dados Gerais</td></tr> <tr><td>Dados de Turbina</td></tr> <tr><td>Dados de Vertedouro</td></tr> <tr><td>Polinômios e Tabelas</td></tr> <tr><td>Restrições</td></tr> </table>	Dados de Identificação	Dados Gerais	Dados de Turbina	Dados de Vertedouro	Polinômios e Tabelas	Restrições	Volume Mínimo Operativo (km ³): Volume Útil (km ³): Volume Máximo Normal (km ³): Volume Máximo Maximumum (km ³):
Dados de Identificação							
Dados Gerais							
Dados de Turbina							
Dados de Vertedouro							
Polinômios e Tabelas							
Restrições							

<table border="1"> <tr><td>Volume</td></tr> <tr><td>Cotas</td></tr> <tr><td>Níveis</td></tr> <tr><td>Áreas</td></tr> <tr><td>Perdas</td></tr> <tr><td>Outros</td></tr> </table>	Volume	Cotas	Níveis	Áreas	Perdas	Outros	<input type="button" value="Imprimir"/>
Volume							
Cotas							
Níveis							
Áreas							
Perdas							
Outros							

<table border="1"> <tr><td>Dados de Identificação</td></tr> <tr><td>Dados Gerais</td></tr> <tr><td>Dados de Turbina</td></tr> <tr><td>Dados de Vertedouro</td></tr> <tr><td>Polinômios e Tabelas</td></tr> <tr><td>Restrições</td></tr> </table>	Dados de Identificação	Dados Gerais	Dados de Turbina	Dados de Vertedouro	Polinômios e Tabelas	Restrições	Área Inundada (km ²): Área do Reservatório (km ²): Área de Drenagem (km ²):
Dados de Identificação							
Dados Gerais							
Dados de Turbina							
Dados de Vertedouro							
Polinômios e Tabelas							
Restrições							

<table border="1"> <tr><td>Volume</td></tr> <tr><td>Cotas</td></tr> <tr><td>Níveis</td></tr> <tr><td>Áreas</td></tr> <tr><td>Perdas</td></tr> <tr><td>Outros</td></tr> </table>	Volume	Cotas	Níveis	Áreas	Perdas	Outros	<input type="button" value="Imprimir"/>
Volume							
Cotas							
Níveis							
Áreas							
Perdas							
Outros							

Figura 4.6

Dados de Identificação
Dados Gerais
Dados de Turbina
Dados de Vertedouro
Polinômios e Tabelas
Restrições

Coefficiente de Perdas Hidráulicas:
Perda de Potência por Deplecionamento:
Perda de Potência por Elevação do Canal de Fuga:

Volume
Cotas
Níveis
Áreas
Perdas
Outros

Imprimir

Dados de Identificação
Dados Gerais
Dados de Turbina
Dados de Vertedouro
Polinômios e Tabelas
Restrições

Número do Conjunto: 1
Polinômio Potência (MW) X Queda (m)

Tabela Potência (MW) X Queda (m)

Dados Gerais
Potência X Queda
Engolimento X Queda

Gráfico Imprimir

Dados de Identificação
Dados Gerais
Dados de Turbina
Dados de Vertedouro
Polinômios e Tabelas
Restrições

Potência Nominal Final da Usina (MW):
Potência Nominal Efetiva da Usina (MW):
Produtividade Específica (MW/m³/m):
Rendimento Médio (%):
Postos Pluviométricos

Coefficientes de Evaporação

Volume
Cotas
Níveis
Áreas
Perdas
Outros

Imprimir

Dados de Identificação
Dados Gerais
Dados de Turbina
Dados de Vertedouro
Polinômios e Tabelas
Restrições

Número do Conjunto: 1
Polinômio Engolimento (m³s) X Queda (m)

Tabela Engolimento (m³s) X Queda (m)

Dados Gerais
Potência X Queda
Engolimento X Queda

Gráfico Imprimir

Dados de Identificação
Dados Gerais
Dados de Turbina
Dados de Vertedouro
Polinômios e Tabelas
Restrições

Número do Conjunto: 1
Tipo de Turbina:
Número de Unidades Geradoras:
Potência Efetiva da Turbina (MW):
Engolimento Mínimo da Turbina (m³s):
Engolimento Nominal da Turbina (m³s):
Queda Nominal (m):
Queda Efetiva (m):
Queda Mínima Operativa (m):

Dados Gerais
Potência X Queda
Engolimento X Queda

Ver Turbina Imprimir

Dados de Identificação
Dados Gerais
Dados de Turbina
Dados de Vertedouro
Polinômios e Tabelas
Restrições

Número de Comportas:
Capacidade de Vertimento das Comportas (m³s):
Tipo de Comporta:
Descarregador de Fundo:
Capacidade de Vertimento do Descarregador (m³s):
Capacidade Total de Vertimento (m³s):

Imprimir

Figura 4.7

Dados de Identificação	Polinômio Área (km ²) X Cota (m)
Dados Gerais	
Dados de Turbina	Tabela Área (km ²) X Cota (m)
Dados de Vertedouro	
Polinômios e Tabelas	
Restrições	

Área X Cota
Cota X Volume
Cota X Desc. Vertedouro
Tempo X Cheia de Projeto
Cota Jus. X Desc. Canal

Gráfico Imprimir

Dados de Identificação	Tabela Tempo (dia) X Cheia de Projeto (m ³ /s)
Dados Gerais	
Dados de Turbina	
Dados de Vertedouro	
Polinômios e Tabelas	
Restrições	

Área X Cota
Cota X Volume
Cota X Desc. Vertedouro
Tempo X Cheia de Projeto
Cota Jus. X Desc. Canal

Gráfico Imprimir

Dados de Identificação	Polinômio Cota (m) X Volume (km ³)
Dados Gerais	
Dados de Turbina	Tabela Cota (m) X Volume (km ³)
Dados de Vertedouro	
Polinômios e Tabelas	
Restrições	

Área X Cota
Cota X Volume
Cota X Desc. Vertedouro
Tempo X Cheia de Projeto
Cota Jus. X Desc. Canal

Gráfico Imprimir

Dados de Identificação	Polinômio Cota de Jusante (m) X Desc. Canal de Fuga (m ³ /s)
Dados Gerais	
Dados de Turbina	Tabela Cota de Jusante X Desc. Canal de Fuga
Dados de Vertedouro	
Polinômios e Tabelas	
Restrições	

Área X Cota
Cota X Volume
Cota X Desc. Vertedouro
Tempo X Cheia de Projeto
Cota Jus. X Desc. Canal

Gráfico Imprimir

Dados de Identificação	Tabela Cota (m) X Descarga Vertedouro (m ³ /s)
Dados Gerais	
Dados de Turbina	
Dados de Vertedouro	
Polinômios e Tabelas	
Restrições	

Área X Cota
Cota X Volume
Cota X Desc. Vertedouro
Tempo X Cheia de Projeto
Cota Jus. X Desc. Canal

Gráfico Imprimir

Dados de Identificação	Restrições de Montante (m ³ /s):
Dados Gerais	Observação:
Dados de Turbina	Restrições de Jusante-Vazio Mínima (m ³ /s):
Dados de Vertedouro	Observação:
Polinômios e Tabelas	Restrições de Jusante-Vazio Máxima (m ³ /s):
Restrições	Observação:

Imprimir

Figura 4.8

A figura 4.9 apresenta a tarefa mostrar termoeletricas. A pesquisa de termoeletrica pode iniciar em uma tabela ou um mapa, conforme já foi dito.

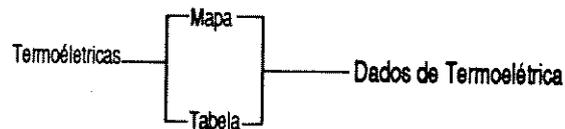


Figura 4.9

Os objetivos desta tarefa seriam mostrar dados referentes à localização e ao proprietário da termoeletrica, ou seja, nome do aproveitamento, empresa concessionária, município, estado, latitude, longitude; e dados gerais, ou seja, potência efetiva total, fator de capacidade mensal, tipo de combustível, consumo específico e limite de geração.

A figura 4.10 apresenta o projeto visual da interface para recuperação de dados da termoeletrica.

A tarefa mostrar vazões históricas tem o objetivo de apresentar informações sobre vazões de hidroeletricas através de gráficos principalmente. A figura 4.11 apresenta a hierarquia de subtarefas à partir desta tarefa. A pesquisa

<p>Aproveitamento: Empresa: Município: Latitude: Longitude: Estado: Combustível: Potência Efetiva Total: Limite de Geração: Fator de Capacidade Mensal: Consumo de Combustível:</p> <p>Imprimir</p>

Figura 4.10

de vazões têm como ponto de partida uma hidroelétrica que poderá ser selecionada via uma tabela ou um mapa. A partir deste ponto inicial da pesquisa pode-se ver dados sobre vazão MLT (média de longo termo), vazões médias anuais, vazões mensais e histograma de frequência para um mês específico. Também pode-se comparar dados do histórico com vazões previstas por outros métodos implementados por programas externos. Também é possível determinar quais sequências de anos do histórico foram mais úmidos, secos e médios, que é a pesquisa de vazões.

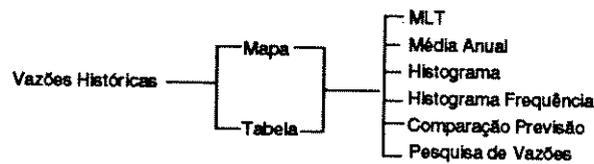


Figura 4.11

A figura 4.12 apresenta a lógica de operação da interface para a tarefa mostrar vazões históricas. A região comandos contem as subtarefas detalhadas desta tarefa. Na região parâmetros adicionais são fornecidos mais dados para completar a pesquisa de vazões. A figura 4.13 apresenta o projeto do visual da interface para a recuperação de informações sobre vazões.

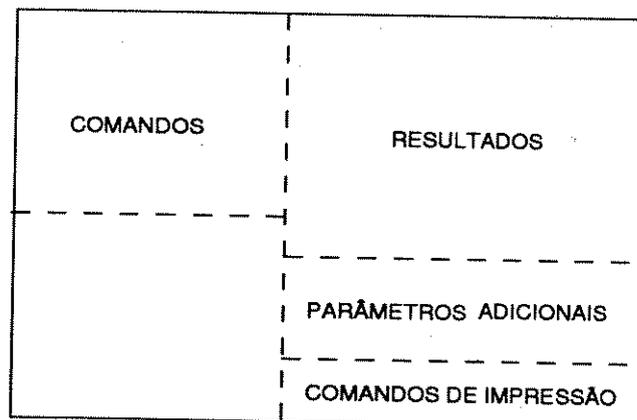


Figura 4.12

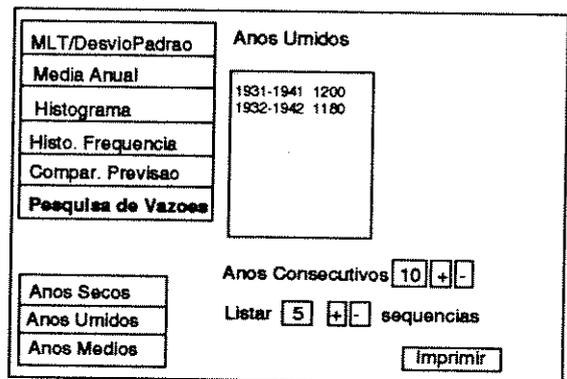
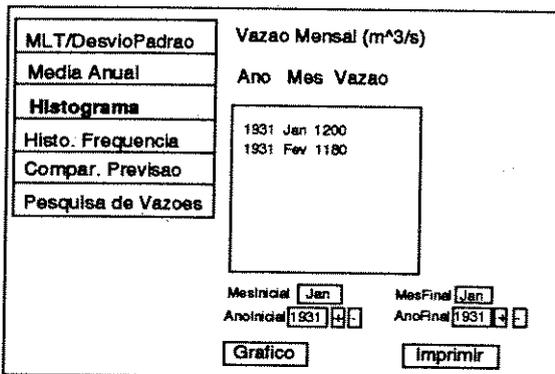
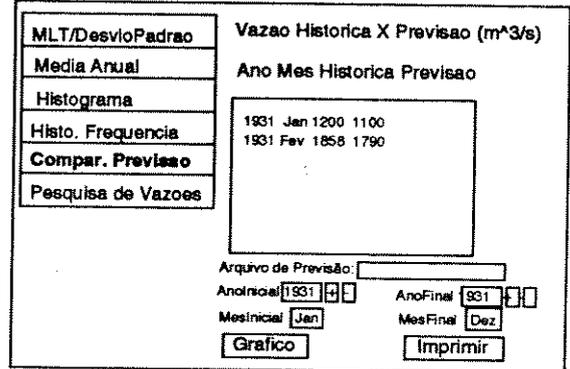
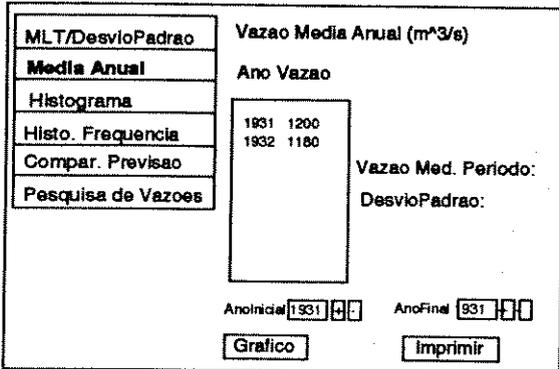
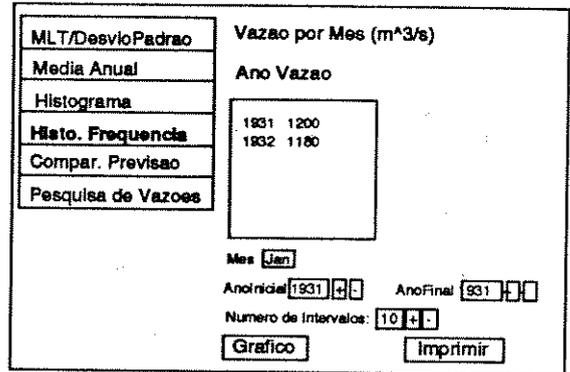
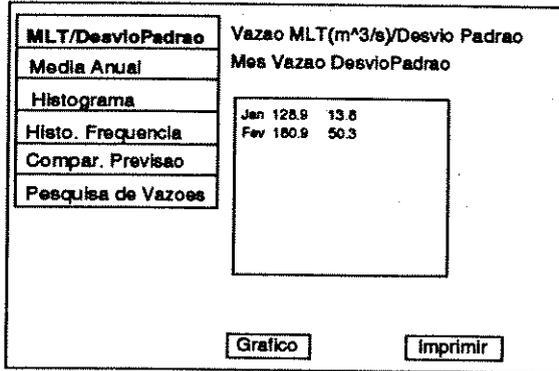


Figura 4.13

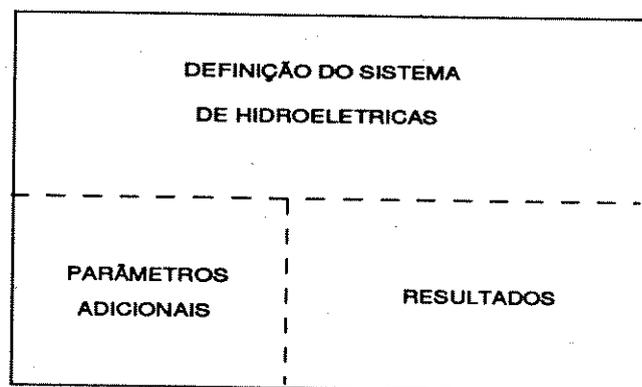


Figura 4.14

Outra função do SI-Hidro é mostrar vazões de sistemas de hidroelétricas. A lógica de operação desta função é apresentada na figura 4.14.

Com relação à esta figura, a região definição do sistema de hidroelétricas é a tarefa responsável pelo agrupamento de usinas hidroelétricas que farão parte dos sistema em estudo. O sistema poderá ser hipotético ou existir na realidade, mas fica para o usuário selecionar um conjunto de hidroelétricas que sejam consistentes entre si. A região parâmetros adicionais é a tarefa responsável por definir número de anos consecutivos na pesquisa de vazões, quantidade de seqüências que satisfazem a pesquisa e tipo de seqüência de vazões históricas, ou seja, anos mais úmidos, mais secos ou médios. A região resultados é a tarefa que mostra uma lista de anos que satisfaz a

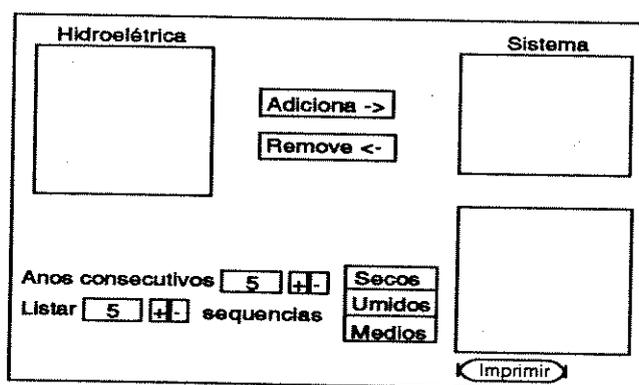


Figura 4.15

pesquisa. A figura 4.15 apresenta o projeto do visual da interface para esta função.

A última função do SI-Hidro é mostrar dados de conjuntos de hidroelétricas. Esta função é a menos óbvia

para o usuário e também ao mesmo tempo é a que tem maior potencial no sentido de extrair informações do banco de dados. Todas as funções anteriores mostravam as informações em um formato pré-definido. Nesta função o usuário irá criar seu próprio critério de pesquisa que será aplicado à todo conjunto ou um subconjunto de hidroelétricas.

A lógica de operação é mostrada na figura 4.16. A região especificação da pesquisa tem a tarefa de apresentar um conjunto de expressões conectadas através de E e OU lógicos que representa uma pesquisa sugerida

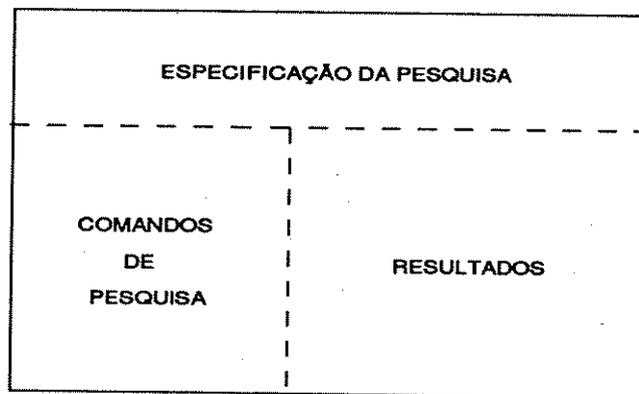


Figura 4.16

pelo usuário.

A região comandos de pesquisa é um refinamento em subtarefas mais simples:

- (1) Item de Pesquisa, esta tarefa obtém uma expressão simples do usuário que comporá a especificação da pesquisa. Esta tarefa será mostrada em detalhes mais à frente.
- (2) ... E Item de Pesquisa, esta tarefa cria uma conexão lógica do tipo E com a expressão anterior e inicia a definição de um novo item de pesquisa, ou seja, outra expressão simples.
- (3) ... OU Item de Pesquisa, esta tarefa cria uma conexão lógica do tipo OU com a expressão anterior e inicia a definição de um novo item de pesquisa, ou seja, outra expressão simples.
- (4) Limpa Item Anterior, remove da região especificação da pesquisa a última expressão simples que o usuário selecionou.
- (5) Limpa Todos os Itens, remove da região especificação da pesquisa todas as expressões escolhidas pelo usuário.
- (6) Executa Pesquisa, esta tarefa converte a especificação da pesquisa para a linguagem SQL (structured query language) que é então submetida ao banco de dados INGRES e por sua vez efetua a pesquisa propriamente dita.

A região resultados na figura 4.16 apresenta uma lista com os nomes das usinas que satisfazem a especificação da pesquisa.

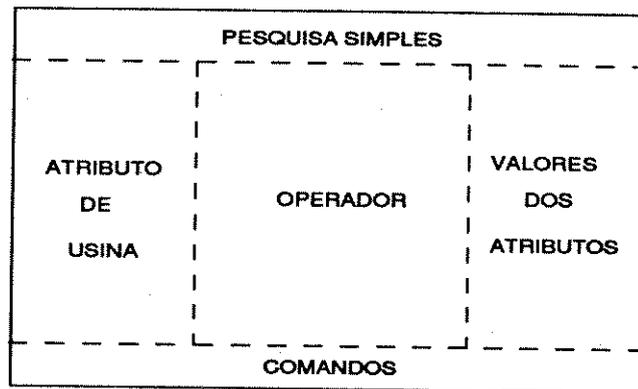


Figura 4.17

A figura 4.17 apresenta a lógica de operação para a explosão da tarefa Item de Pesquisa. Na verdade cada item de pesquisa é uma expressão simples do tipo:

Atributo_de_Usina Operador Valor_do_Atributo

A região pesquisa simples mostra a expressão à medida que vai sendo formada. A região atributo de usina é uma lista com os atributos que podem ser utilizados na pesquisa como: empresa, volume máximo, potência efetiva, etc. A região operador apresenta uma lista de possíveis operadores que podem ser aplicados ao atributo escolhido. Para atributos numéricos, como potência efetiva, os possíveis operadores são: =, != (diferente de), >=, <=, máximo (mínimo) valor do atributo que também já ordena pelo atributo. Para atributos alfabéticos ou tipo string, como empresa, os possíveis operadores são: =, !=, ordem ascendente e ordem descendente.

A região valores dos atributos apresenta uma lista de possíveis valores para o atributo selecionado para ser usado como guia pelo usuário. Finalmente a figura 4.18 apresenta o projeto do visual da interface para esta função, ou seja, mostrar dados de conjuntos de hidroelétricas.

The figure consists of two screenshots of a software interface. The top screenshot shows a search window titled 'Pesquisa:'. It features a large empty rectangular box for entering search criteria. Below this box is a vertical list of search actions: 'Item de Pesquisa', 'E item de Pesq', 'OU item de Pesq', 'Limpa item anterior', 'Limpa todos itens', and 'Executa pesquisa'. To the right of this list is a smaller empty rectangular box labeled 'Hidroeletricas'. The bottom screenshot shows an attribute editor window. It has a search input field at the top. Below it are three main sections: 'Atributos de Hidroeletricas' (with an empty box), 'Operadores' (with a list of operators: '=', '<=', '>', '<=>', '>='), and 'Valores dos Atributos' (with an empty box). At the bottom of the window are two buttons: 'Limpa Item' and 'OK'.

Figura 4.18

2 Projeto da Base de Dados

O projeto da base de dados do SI-Hidro usando a metodologia E-R (Entidade-Relacionamento) é bastante simples conforme pode ser visto na figura 4.19. Esta figura representa o modelo conceitual e de visão, no caso apenas uma única visão porque o SI-Hidro foi projetado para uma única classe de usuários. Nesta figura vemos que a base de dados é composta principalmente de duas entidades que concentram toda a informação, ou seja, hidroelétricas e termoelétricas.

As entidades fracas conjunto de máquinas, polinômio de jusante contêm informações complementares à entidade regular hidroelétrica. Note que o relacionamento entre as entidades representa o fato de que uma hidroelétrica pode ter um ou mais conjuntos de máquinas e um ou mais polinômios de jusantes.

O gerenciador de banco de dados utilizado foi o INGRES, que é um gerenciador de base de dados relacional. Portanto o modelo E-R utilizado nos níveis de visão e conceitual, foi convertido para o modelo relacional. No modelo relacional, a base de dados é representada como uma coleção de tabelas: hidroelétricas,

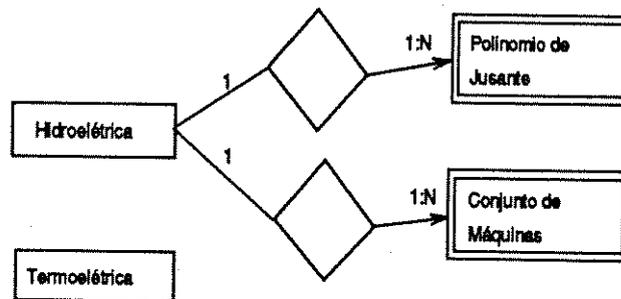


Figura 4.19

conjunto máquinas, termoelétricas e pol jusante.

A identificação dos atributos das tabelas começam com um prefixo que permite identificar sua origem.

Tabela do Banco de Dados	Prefixo
hidroelétricas	h_
conjunto_maquinas	cm_
termoelétricas	t_
pol_jusante	pj_

Dentro da tabela hidroelétricas os atributos ainda podem ser classificados como dados de identificação, dados gerais (volumes, cotas, níveis, perdas e outros), dados de vertedouro, polinômios e tabelas e restrições. A cada subcategoria é apresentado outro prefixo para melhor identificar o atributo:

Subcategorias	Prefixo
Dados de Identificação	h_id_
Volumes	h_vo_
Cotas	h_co_
Níveis	h_ni_
Áreas	h_ar_
Perdas	h_pe_

Outros	h_ou_
Dados de Vertedouro	h_ve_
Polinômios e Tabelas	h_pt_
Restrições	h_re_

Alguns exemplos de atributos de tabela hidroelétricas são:

<i>h_id_apr</i>	<i>(Nome do Aproveitamento)</i>
<i>h_vo_vmo</i>	<i>(Volume Mínimo Operativo)</i>
<i>h_ni_nmo</i>	<i>(Nível Máximo Operativo)</i>
<i>h_ve_nco</i>	<i>(Número de Comportas)</i>
<i>h_re_rmo</i>	<i>(Restrição de Montante)</i>

O apêndice D apresenta todos os atributos da tabela hidroelétricas.

Dentro da tabela conjunto_maquinas os atributos podem ser classificados como dados de turbina, dados de queda e dados de polinômios e tabelas:

Subcategoria	Prefixo
Dados de Turbina	cm_tu_
Dados de Queda	cm_qu_
Polinômios e Tabelas	cm_pt_

Alguns exemplos de atributos da tabela conjunto_maquinas são:

<i>cm_tu_apr</i>	<i>(Nome do Aproveitamento)</i>
<i>cm_qu_qef</i>	<i>(Queda Efetiva)</i>
<i>cm_pt_tpq</i>	<i>(Tabela Potência X Queda)</i>

Veja apêndice D para a lista completa dos atributos da tabela conjunto_maquinas.

Alguns exemplos de atributos das demais tabelas são:

<i>t_apr</i>	<i>(Nome do Aproveitamento da Termoelétrica)</i>
<i>t_emp</i>	<i>(Empresa proprietária da Termoeletrica)</i>

Veja o apêndice D para a lista completa de atributos das tabelas termoelétricas e pol_jusante.

3 Descrição do Windows4GL

Esta seção descreve como a linguagem Windows4GL foi usada tanto para implementar a interface homem-máquina quanto os acessos ao bancos de dados para uma tela típica do SI-Hidro.

Windows4GL [INGRES4GL] é a linguagem fornecida pela INGRES para desenvolvimento de interfaces homem-máquina em conjunto com aplicações de banco de dados. Inclui ferramentas para suportar todos os estágios do desenvolvimento de uma aplicação do projeto inicial e criação de protótipos até implementação, teste e gerenciamento de configuração. O ambiente de programação visual do W4GL direciona todo o processo de desenvolvimento. Usando mouse, menus, teclas de função e ferramentas gráficas, é possível rapidamente criar e testar protótipos da aplicação e fazer revisões baseadas na realimentação do usuário. As ferramentas gráficas permitem adequar o "look" da aplicação segundo os interesses do projetista e/ou usuário.

O usuário final vê uma aplicação W4GL como uma série de frames no qual a aplicação mostra a informação e fornece controles para executar operações nestes frames. Este processo de projeto é completamente interativo. Enquanto se cria os frames, pode-se vê-los imediatamente como o usuário os veria. Projetar a interface homem-máquina é como manipular um programa de desenho. Com o mouse e um *pallette*, é possível esboçar um frame, colocar pontos de entrada de dados, botões de comandos e elementos gráficos e textos. É possível mudar a posição, forma, tamanho ou aparência de qualquer elemento do frame a qualquer instante. Os elementos gráficos disponíveis são: linhas, formas, padrões, bitmaps e fontes de texto proporcionais.

As aplicações W4GL são dirigidas por eventos. O usuário final interage com o sistema através de entrada ou mudança de dados, selecionando comandos de um menu, clicando botões, movendo o mouse e pressionando o botão do mouse, pressionando teclas de funções e movendo de um frame à outro. O W4GL detecta automaticamente todos estes eventos de maneira que a aplicação pode responder a qualquer interação. Conjuntos de eventos podem disparar a execução de código para ações em um frame ou em campos individuais do frame. Por exemplo, pode ser fornecido código para ser executado quando o frame for aberto, quando um ítem de menu é selecionado, quando um botão de comando é clicado, etc.

A linguagem que é usada para escrever esta programação baseada em eventos é a 4GL, que é uma linguagem de quarta geração do INGRES. Esta linguagem inclui comandos de fluxo de controle, e acesso ao banco de dados via comandos SQL e também é possível adicionar código externo escrito em linguagem C ou FORTRAN.

3.1 Termos e Conceitos de W4GL

Uma janela fornece um limite para um frame e contém barras de rolamento e outros mecanismos que permitem ao usuário controlar a janela.

Um frame consiste de um formulário de tela, um menu opcional, e código 4GL associado com o frame. O frame é o bloco básico de uma aplicação, é onde será feita a entrada de dados e apresentação de resultados. Quando

o usuário executa a aplicação, ele move de um frame à outro entrando e mostrando dados, clicando botões de comandos e selecionando operações de menus.

Do ponto de vista do desenvolvedor os seguintes elementos estão associados com um frame:

- (1) Variáveis Locais. São declaradas variáveis locais para armazenar os dados que serão entrados no frame e recuperados do banco de dados.
- (2) Script. O script do frame contém um comando `initialize` e blocos de eventos. O comando `initialize` contém código para ser executado antes que o frame seja mostrado. Os blocos de eventos contêm comandos de 4GL que definem as ações que resultam de um ou mais eventos.

Do ponto de vista do usuário final, o frame é dividido em três partes básicas: a janela, a barra de menu e o formulário de tela. A barra de menu contém todos os menus pull-down que estão disponíveis no frame. Os itens nesta barra de menu podem ser comandos específicos ou títulos de submenus, que poderão ser ativados para ver outro menu.

O formulário de tela é a porção da tela onde o usuário modifica dados, vê ilustrações, lê instruções e seleciona comandos, e pode conter os seguintes elementos: campos ativos, trim e formas gráficas.

Os campos ativos são áreas onde o usuário final pode mostrar, modificar, entrar dados ou dar instruções à aplicação, ou seja, é o meio principal de acesso ao banco de dados. Os tipos de campos ativos são:

- (1) Botões são áreas que o usuário pode clicar para iniciar uma ação;
- (2) Campos de Entrada de uma Única Linha podem aceitar dados para tipos como inteiros, string e data;
- (3) Campos de Entrada de várias Linhas aceitam qualquer quantidade de linhas de dados tipo texto;
- (4) Toggles representa uma opção do tipo sim/não ou on/off;
- (5) Campos de Rádio (RadioFields) apresentam um conjunto de opções, cada um com seu próprio botão do qual o usuário faz uma seleção;
- (6) Campos de Imagem mostram uma figura dentro do formulário;
- (7) Campos de Tabela são arranjados em células, linhas e colunas.

O trim é um texto ou uma imagem que fornece informação escrita ou visual para o usuário. O usuário não

pode interagir com o trim, é apenas para informação.

As formas gráficas são elementos gráficos, tais como linhas e figuras geométricas, que fornecem um fundo para outros componentes do formulário de tela. Podem ser usadas para desenhar uma borda ao redor de uma seção de um formulário ou criar uma figura simples ou diagrama.

Um evento é uma ação que pode disparar a execução de um código tal como a inicialização de um frame ou a ativação de um campo. Existem eventos para frames, campos e itens de menu. Os eventos de frame podem ser: *initialize, window resize, terminate e close*. Os eventos de campos podem ser: *field entry and exit, value change, field movement e resizing*. Os eventos de itens de menu são do tipo seleção de um item do menu.

Um bloco de evento é um conjunto de comandos 4GL que definem as ações que resultam quando eventos específicos ocorrem. Através da associação de um bloco de eventos com um evento particular, é possível controlar a interação com a aplicação. O código para um evento pode realizar atualizações e pesquisas no banco de dados, abrir outros frames, mudar uma tela ou enviar mensagens ou prompts. Um exemplo de bloco de eventos é mostrado à seguir:

```
on click operation =
begin
  if operation = 'add' then resultValue= topValue + bottomValue;
  else resultValue= topValue - bottomValue;
end;
```

Um script contém todos os blocos de eventos associados com um campo particular, item de menu ou frame. O script de um frame contém código 4GL para um ou mais eventos e também as definições de variáveis locais do frame. Dentro do script do frame podem ficar contidos os códigos de um campo particular ou item de menu. Mas estes códigos também podem ficar no script do campo particular ou script de item de menu.

Um procedimento é um conjunto de comandos que podem ser chamados por nome de script W4GL. Existem três tipos de procedimentos: procedimentos 4GL, procedimentos do banco de dados e procedimentos 3GL. Os procedimentos 4GL são criados juntos com a aplicação dentro deste ambiente. Os procedimentos de banco de dados são criados fora deste ambiente e mantidos pelo gerenciador de base de dados. Os procedimentos 3GL são programas escritos em linguagem C ou FORTRAN.

Um objeto é uma estrutura de dados composta que armazena valores e códigos(métodos) que podem ser manipulados dentro do W4GL. Um objeto pode ser acessado através da variável que a referencia. Quando esta variável de referência é criada o objeto também é criado. Um objeto é composto de atributos, que podem ser simples itens de dados, variáveis de referência e variáveis de array. Dentro do W4GL pode-se manipular o objeto como um

todo ou acessar os atributos individualmente. Um objeto pertence à uma classe, e esta define atributos de um objeto e os métodos que podem ser usados para operar o objeto. O objetivo da classe é permitir criar qualquer número de objetos com a mesma definição. Todos os objetos de uma classe têm a mesma estrutura e métodos. As classes permitem:

- (1) eliminar definições duplicadas de objetos;
- (2) criar consistência através da aplicação;
- (3) encapsular a definição de estruturas de dados bastante usadas.

As classes em W4GL são semelhantes aos records de Pascal e structures de C. Existem classes de sistema e classes definidas pelo usuário. As classes de sistema são definições fornecidas pelo W4GL e contêm atributos e métodos para os objetos desta classe. As classes definidas pelo usuário podem conter apenas atributos, mas não métodos.

Uma aplicação W4GL é uma interface homem-máquina customizada. Esta fornece as informações e ferramentas necessárias para o usuário final examinar os dados do banco de dados e realizar certas operações sobre este.

3.2 Exemplo de Aplicação do Windows4GL

O código que será apresentado à seguir ilustra os principais recursos do W4GL como bloco de evento, frame, ativação de frames, manipulação de objetos, acessos à banco de dados via comandos SQL e variáveis locais. O exemplo é o código para a tela principal (figura 4.3) do SI-Hidro.

```
INITIALIZE      (
                i = integer not null;
                hidroeletricas = varchar(32) not null;
                termoeletricas = varchar(32) not null;
                usina = varchar(32) not null;
                sel = varchar(10) not null;
                ) =

begin
field(painel_principal).CurBias = FB_CHANGEABLE;
field(pesq_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE;
field(pesq_mapa).CurBias = FB_INVISIBLE;
field(painel_regioes).CurBias = FB_INVISIBLE;
field(painel_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE;

CurFrame.WindowWidth=7400;
CurFrame.WindowHeight=4770;
end;
```

Neste trecho de código são definidas algumas variáveis locais deste frame. Entre as palavras reservadas *begin* e *end* está o código que é executado sempre que o frame for ativado e antes do tratamento de qualquer evento. A linha de comando:

```
field(painel_principal).CurBias = FB_CHANGEABLE;
```

significa que o objeto painel_principal, que é a lista de comandos principais do SI-Hidro, pode ter o seu atributo de visibilidade mudado. A palavra CurBias é um atributo do objeto painel_principal, que é acessada pela função field e FB_CHANGEABLE é uma constante.

O frame que está ativo no momento é acessado pela variável global CurFrame. Os atributos WindowWidth e WindowHeight do objeto CurFrame permitem ajustar o tamanho do frame.

```
on click painel_principal.hidro =
begin
    sel='hidro';
    field(painel_principal.hidro).BgPattern = FP_LIGHTSHADE;
    field(painel_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE;
    field(pesq_mapa).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(pesq_tabela).BgPattern = FP_CLEAR;

    field(painel_principal.termo).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.vazoes).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.pesq).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.fim).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.pesq_vazoes).BgPattern = FP_CLEAR;

    field(painel_regioes).CurBias = FB_INVISIBLE;
    if field(pesq_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE then
        field(pesq_tabela).CurBias = FB_CHANGEABLE;
        field(pesq_mapa).CurBias = FB_CHANGEABLE;
    endif;
end;
```

Este trecho de código já é um bloco de evento que é ativado quando a opção hidroelétrica do menu principal do SI-Hidro for selecionada. Note que o objeto painel_principal é composto de outros objetos: hidro, termo, vazões, pesq, pesq_vazões e fim.

```
on click painel_principal.termo =
begin
    sel='termo';
    field(painel_principal.termo).BgPattern = FP_LIGHTSHADE;
    field(painel_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE;
    field(painel_principal.hidro).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.pesq).BgPattern = FP_CLEAR;
```

```

field(painel_principal.pesq_vazoes).BgPattern = FP_CLEAR;
field(painel_principal.vazoes).BgPattern = FP_CLEAR;
field(painel_principal.pesq).BgPattern = FP_CLEAR;
field(painel_principal.pesq_vazoes).BgPattern = FP_CLEAR;
field(pesq_mapa).BgPattern = FP_CLEAR;
field(pesq_tabela).BgPattern = FP_CLEAR;

field(painel_principal.fim).BgPattern = FP_CLEAR;
field(pesq_mapa).BgPattern = FP_CLEAR;
field(pesq_tabela).BgPattern = FP_CLEAR;
field(painel_regioes).CurBias = FB_INVISIBLE;

if field(pesq_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE then
    field(pesq_tabela).CurBias = FB_CHANGEABLE;
    field(pesq_mapa).CurBias = FB_CHANGEABLE;
endif;
end;

```

Neste trecho note o uso da variável local sel na primeira linha de código do bloco de evento. A palavra BgPattern é o atributo que especifica o padrão de fundo do objeto que é usado para destacar um objeto sobre os demais.

```

on click pesq_tabela =
begin
    field(pesq_tabela).BgPattern = FP_LIGHTSHADE;
    field(pesq_mapa).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_regioes).CurBias = FB_INVISIBLE;

    if sel='hidro' then
        field(painel_tabela.box_title).TextValue = 'Hidroeletricas';
        field(painel_tabela).CurBias = FB_CHANGEABLE;

        field(painel_tabela.hidro_list).ValueList.ChoiceItems.Clear();
    end if;
end;

```

A linha de comando acima mostra a chamada do método clear que pertence à uma hierarquia de objetos: objeto ChoiceItems que pertence ao objeto ValueList, que pertence ao objeto hidro_list, que pertence ao objeto painel_tabela.

```

i = 1;

select :hidroeletricas = h_id_apr
from hidroeletricas
order by hidroeletricas

```

```

begin
    field(painel_tabela.hidro_list).ValueList.ChoiceItems[i].EnumText =
hidroeletricas ;
    i=i+1;
end;

```

Este trecho mostra como acessar o banco de dados via linguagem SQL. Este comando recupera nomes das usinas (atributo `h_id_apr` da tabela `hidroelétricas`) e armazena na variável local `hidroelétricas`. Os comandos entre as palavras `begin` e `end` são executadas para cada valor recuperado do atributo `h_id_apr` no comando `select`.

```

field(painel_tabela.hidro_list).UpdChoiceList();

elseif sel = 'termo' then

field(painel_tabela.hidro_list).ValueList.ChoiceItems.Clear();
field(painel_tabela.box_title).TextValue = 'Termoeletricas';
field(painel_tabela).CurBias = FB_CHANGEABLE;

i = 1;

select :termoeletricas = h_id_apr
from hidroeletricas
order by termoeletricas
begin
    field(painel_tabela.hidro_list).ValueList.ChoiceItems[i].EnumText =
termoeletricas ;

    i=i+1;
end;

field(painel_tabela.hidro_list).UpdChoiceList();

elseif sel = 'vazoes' then
field(painel_tabela.box_title).TextValue = 'Hidroeletricas';
field(painel_tabela).CurBias = FB_CHANGEABLE;

i = 1;

select :hidroeletricas = usina
from tab_str
order by hidroeletricas
begin
    field(painel_tabela.hidro_list).ValueList.ChoiceItems[i].EnumText =
hidroeletricas ;

```

```
        i=i+1;
    end;

    field(painel_tabela.hidro_list).UpdChoiceList();
    endif;
end;

on click pesq_mapa =
begin
    field(painel_regioes).CurBias = FB_CHANGEABLE;
    field(pesq_mapa).BgPattern = FP_LIGHTSHADE;
    field(pesq_tabela).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE;

end;

on click painel_tabela.but_pesq =
begin
    field(painel_tabela.hidro_list).GetFieldValue(value=byref(usina));
    if sel = 'hidro' then
        callframe hidroeletrica (usina=usina);
    elseif sel='termo' then
        callframe termica (usina=usina);
    elseif sel='vazoes' then /*sel='vazoes'*/
        callframe vazoes(usina=usina);
    endif;
end;
end;
```

No trecho acima note o uso do comando de decisão *if-then-elseif-endif*.

```
on click painel_principal.pesq =
begin
    field(pesq_mapa).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(pesq_tabela).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.pesq).BgPattern = FP_LIGHTSHADE;
    field(painel_principal.hidro).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.termo).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.vazoes).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.fim).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.pesq_vazoes).BgPattern = FP_CLEAR;

    field(pesq_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE;
    field(pesq_mapa).CurBias = FB_INVISIBLE;
    field(painel_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE;
```

```

field(painel_regioes).CurBias = FB_INVISIBLE;

callframe pesq_comparat ();
field(painel_principal.pesq).BgPattern = FP_CLEAR;
end;

```

No trecho acima note como outro frame pode ser chamado no comando callframe.

```

on click painel_principal.vazoes=
begin
    sel='vazoes';
    field(pesq_mapa).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(pesq_tabela).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.vazoes).BgPattern = FP_LIGHTSHADE;
    field(painel_principal.hidro).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.termo).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.pesq).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.fim).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.pesq_vazoes).BgPattern = FP_CLEAR;

    field(pesq_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE;
    field(pesq_mapa).CurBias = FB_INVISIBLE;
    field(painel_regioes).CurBias = FB_INVISIBLE;
    field(painel_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE;

    if field(pesq_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE then
        field(pesq_tabela).CurBias = FB_CHANGEABLE;
        field(pesq_mapa).CurBias = FB_CHANGEABLE;
    endif;
end;

on click painel_principal.pesq_vazoes =
begin
    field(pesq_mapa).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(pesq_tabela).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.pesq).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.hidro).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.termo).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.vazoes).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.fim).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.pesq_vazoes).BgPattern = FP_LIGHTSHADE;

    field(pesq_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE;
    field(pesq_mapa).CurBias = FB_INVISIBLE;
    field(painel_tabela).CurBias = FB_INVISIBLE;

```

```

    field(painel_regioes).CurBias = FB_INVISIBLE;

    callframe pesq_vazoes ();

end;

on click painel_principal.fim =
begin
    field(pesq_mapa).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(pesq_tabela).BgPattern = FP_CLEAR;

    field(painel_principal.fim).BgPattern = FP_LIGHTSHADE;
    field(painel_principal.hidro).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.termo).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.vazoes).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.fim).BgPattern = FP_CLEAR;
    field(painel_principal.pesq_vazoes).BgPattern = FP_CLEAR;
    return;
end;

```

O último bloco de evento termina o SI-Hidro executando o comando return.

```

on click painel_tabela.but_impr =
begin
    field(painel_tabela.hidro_list).GetFieldValue(value=byref(usina));
    callproc tit_hidro(usina);
end;

```

Este trecho de código exemplifica o uso de procedimentos escritos em linguagens de terceira geração. O comando callproc tit_hidro(usina) chama uma rotina escrita em linguagem C que imprime os dados de usina.

Aqui conclui-se este capítulo de projeto do SI-Hidro com alguns exemplos de trechos de código escritos em linguagem W4GL.

Este capítulo apresenta alguns resultados obtidos através de uma sequência de telas do SI-Hidro. Os exemplos que se seguem serão mostrados para a hidroelétrica Ilha Solteira.

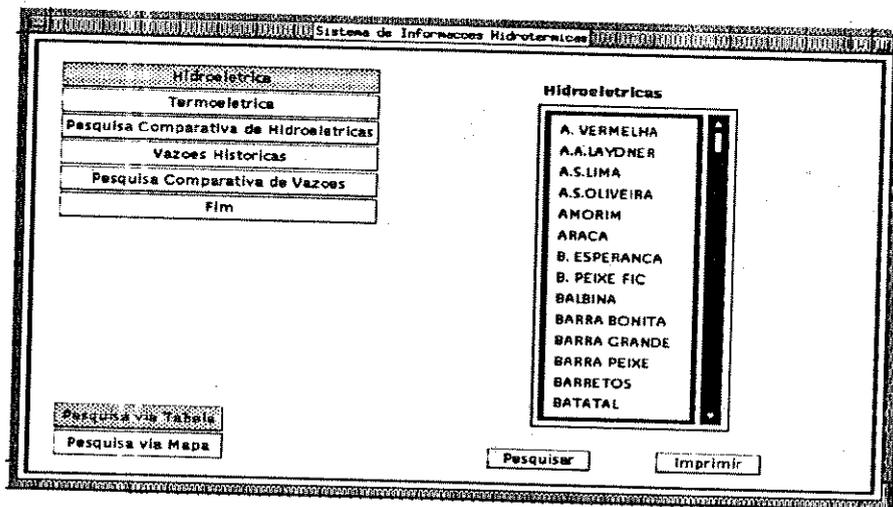


Figura 5-1

A figura 5-1, que é a tela principal do SI-Hidro, mostra a opção ver dados de hidroelétrica via tabela. Na tabela foi selecionada a hidroelétrica Ilha Solteira. A figura 5-2 mostra os *Dados de Identificação* desta hidroelétrica.

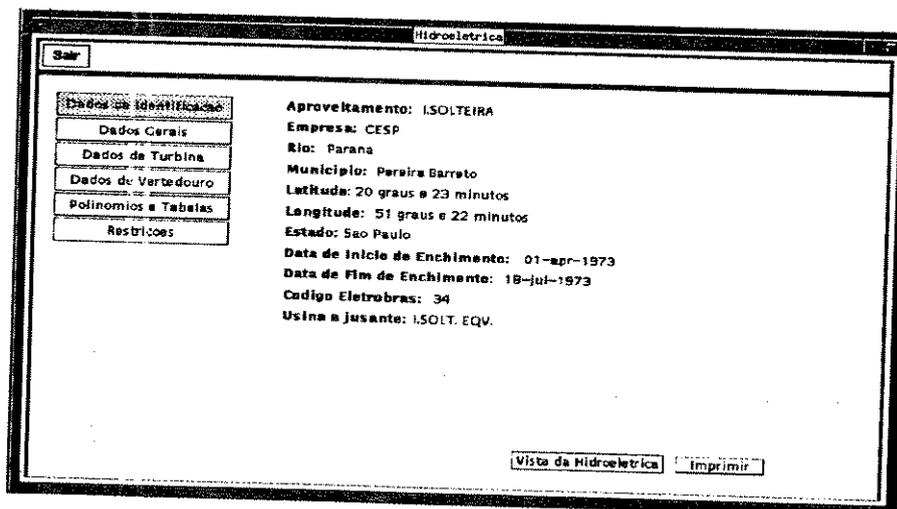


Figura 5-2

Figura 5-3

A figura 5-3 mostra os dados de volumes da hidroelétrica Ilha Solteira. Note que volumes, cotas, níveis, áreas, perdas e outros dados são sub-opções da opção *Dados Gerais* de hidroelétrica. A figura 5-4 mostra os dados de cotas da hidroelétrica de Ilha Solteira.

Figura 5-4

Figura 5-5

As figuras 5-5 e 5-6 mostram respectivamente os dados de níveis e áreas da hidroelétrica de Ilha Solteira. Note que Área Inundada e Área do Reservatório apresentam a mensagem Não Disponível para esta hidroelétrica.

Figura 5-6

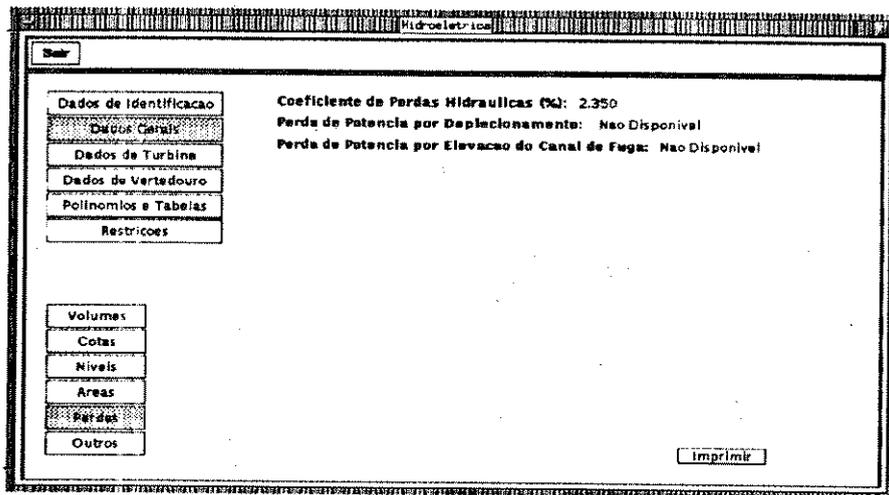


Figura 5-7

A figura 5-7 apresenta diversos coeficientes de perda da hidroelétrica. Demais dados de natureza geral, mas que não puderam ser classificados nas opções anteriores são colocados nesta opção, conforme pode ser visto na figura 5-8.

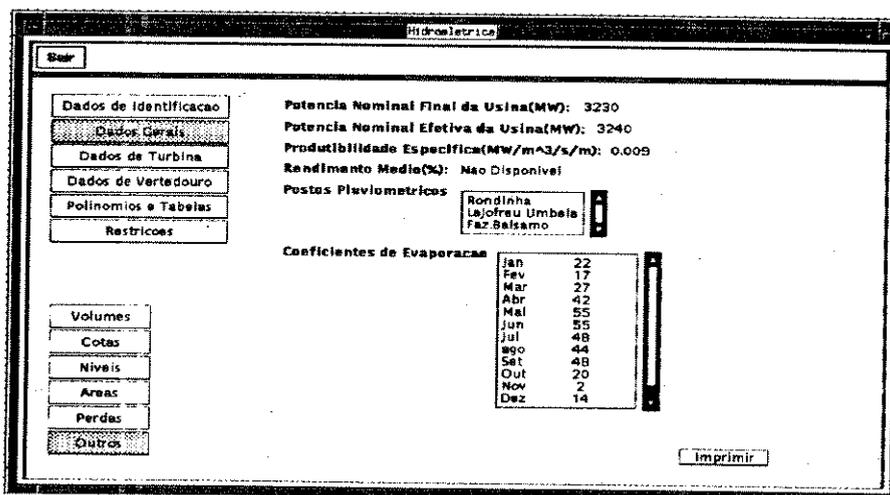


Figura 5-8

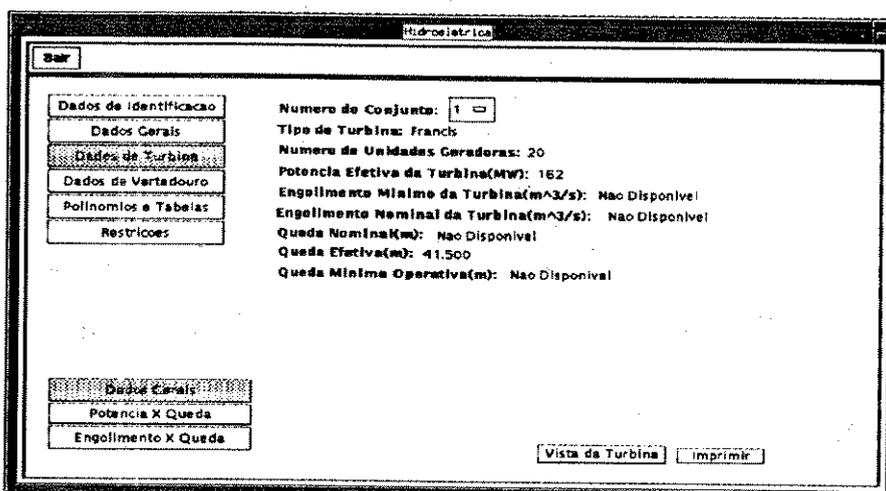


Figura 5-9

A figura 5-9 mostra os dados associados com cada conjunto de turbina. Note como alguns dados não estão disponíveis para esta hidroelétrica. Pressionando-se o botão Vista da Turbina será apresentada uma imagem do tipo da turbina deste conjunto. A figura 5-10 mostra o polinômio e a tabela para Potência X Queda para cada conjunto da hidroelétrica.

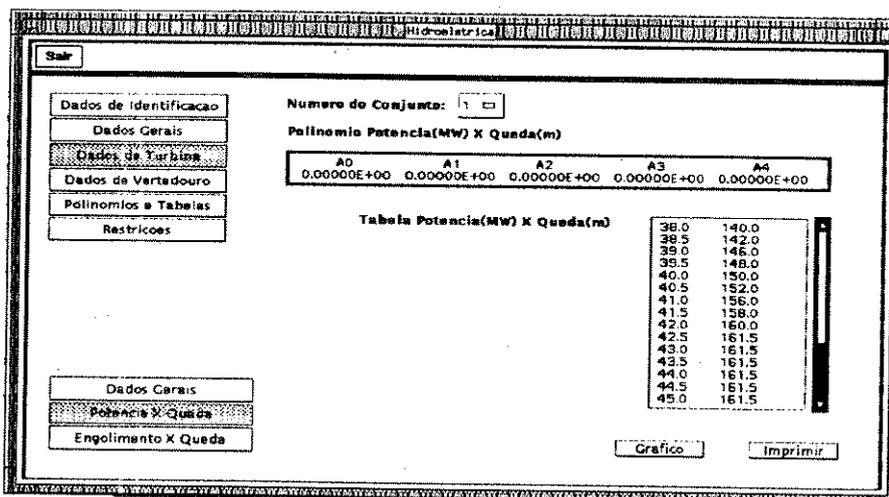


Figura 5-10

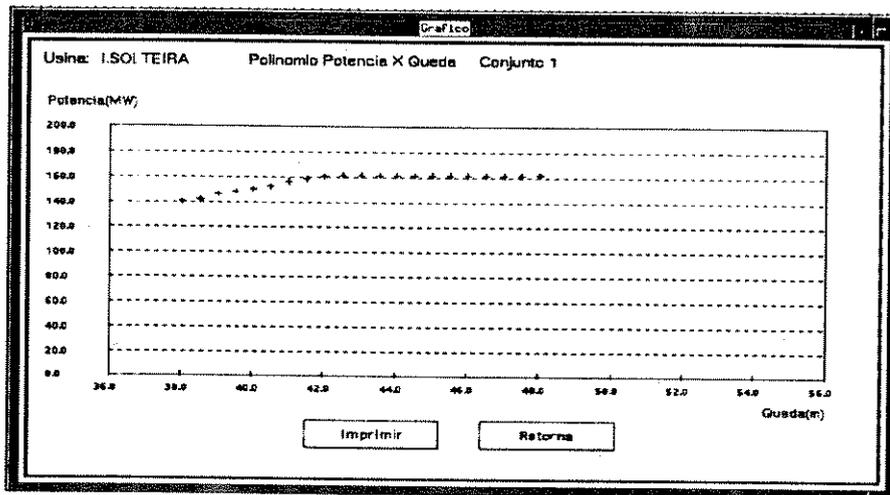


Figura 5-11

A figura 5-11 mostra o gráfico para a tabela e o polinômio de Potência X Queda. Os pontos correspondentes à tabela são representados por marcas do tipo '+'. A figura 5-12 mostra o polinômio e a tabela para Engolimento X Queda para cada conjunto de turbinas da hidroelétrica.

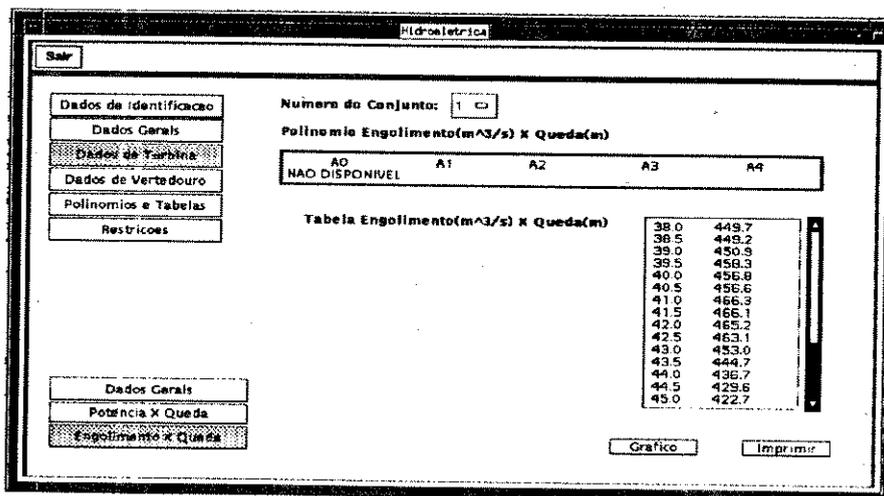


Figura 5-12

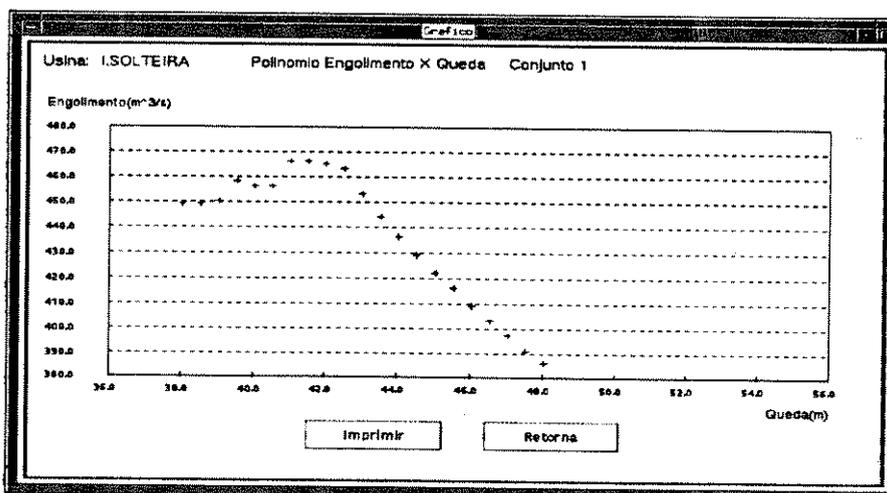


Figura 5-13

A figura 5-13 apresenta um gráfico com os pontos correspondentes à tabela e ao polinômio Engolimento X Queda para a hidroelétrica de Ilha Solteira. A figura 5-14 mostra os dados de vertedouro da hidroelétrica.

Sair

Dados de identificação

Dados Gerais

Dados de Turbina

Dados de Vertedouro

Polinômios e Tabelas

Restrições

Hidroelétrica

Número de Comportas: 19

Capacidade de Vertimento das Comportas(m³/s): 37905

Tipo de Comporta: Sabor

Descarregador de Fundo: Não Há

Capacidade de Vertimento de Descarregador(m³/s): 0

Capacidade Total de Vertimento(m³/s): 37905

Imprimir

Figura 5-14

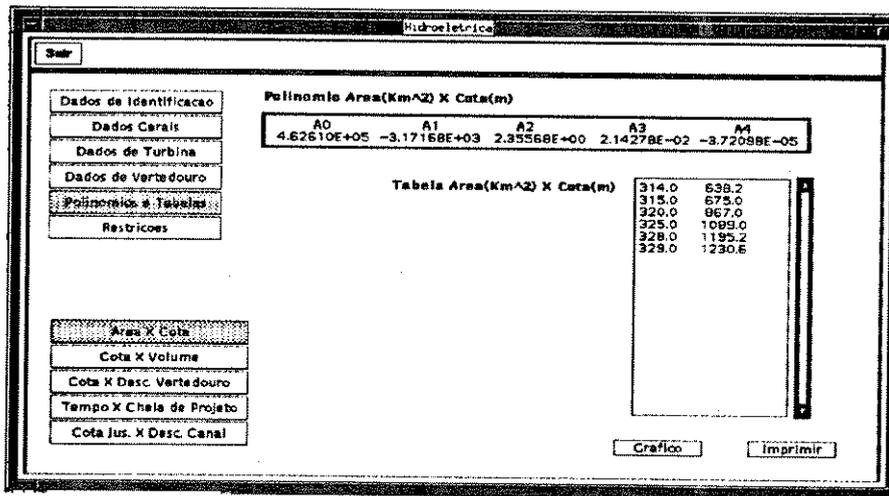


Figura 5-15

A figura 5-15 mostra os dados do polinômio e da tabela Área X Cota para a hidroelétrica de Ilha Solteira. A figura 5-16 é um gráfico com dados da tabela, representado por marcas do tipo '+', superposto com o polinômio, representado pela linha cheia.

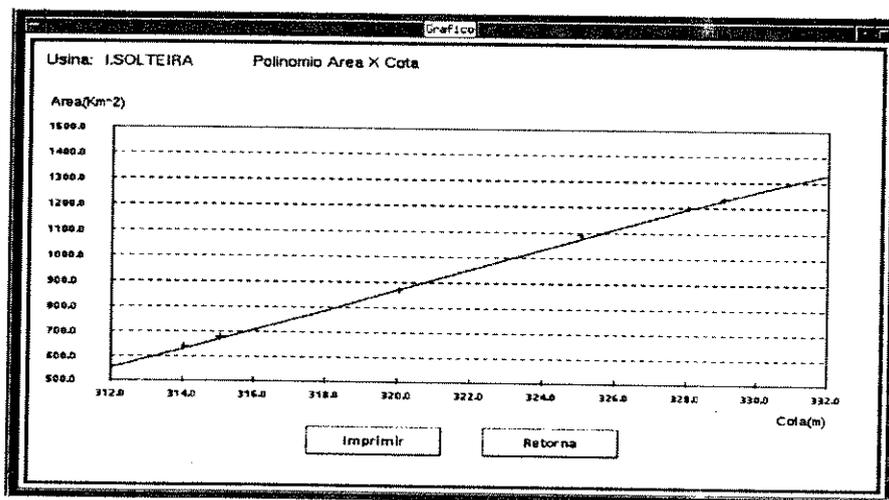


Figura 5-16

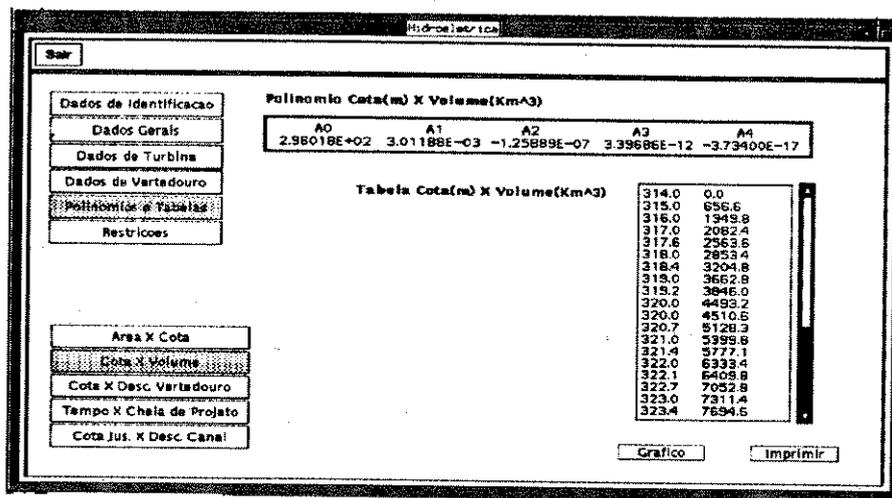


Figura 5-17

A figura 5-17 mostra os dados do polinômio e da tabela Cota X Volume para a hidroelétrica de Ilha Solteira. A figura 5-18 é um gráfico com dados da tabela, representado por marcas do tipo '+', superposto com o polinômio, representado pela linha cheia.

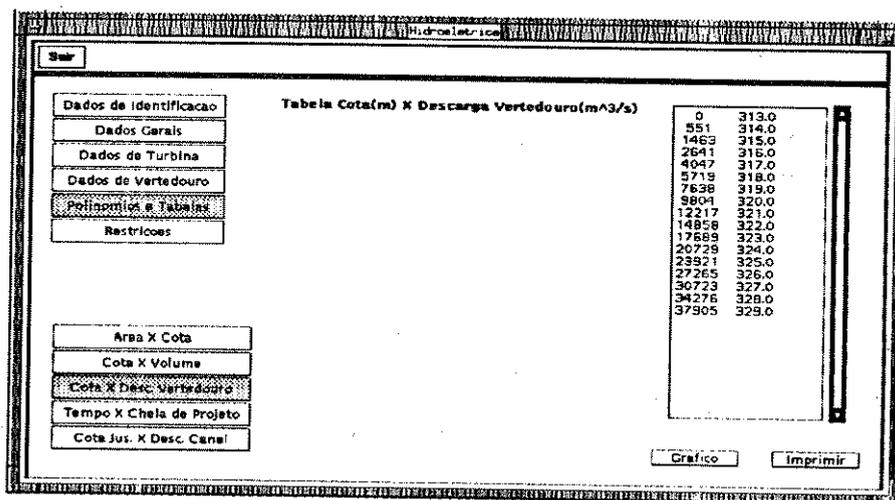


Figura 5-18

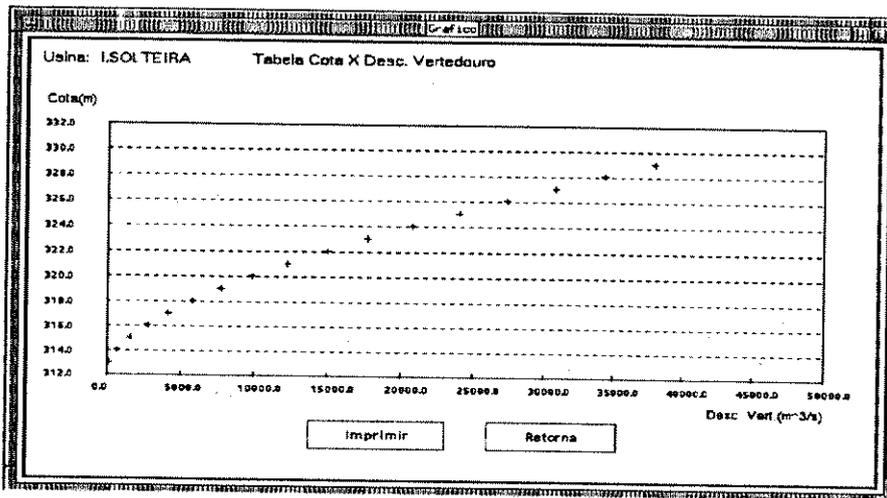


Figura 5-20

A figura 5-19 mostra os dados da tabela Cota X Descarga do Vertedouro para a hidroelétrica de Ilha Solteira. A figura 5-20 é um gráfico da tabela representada por marcas do tipo '+'.

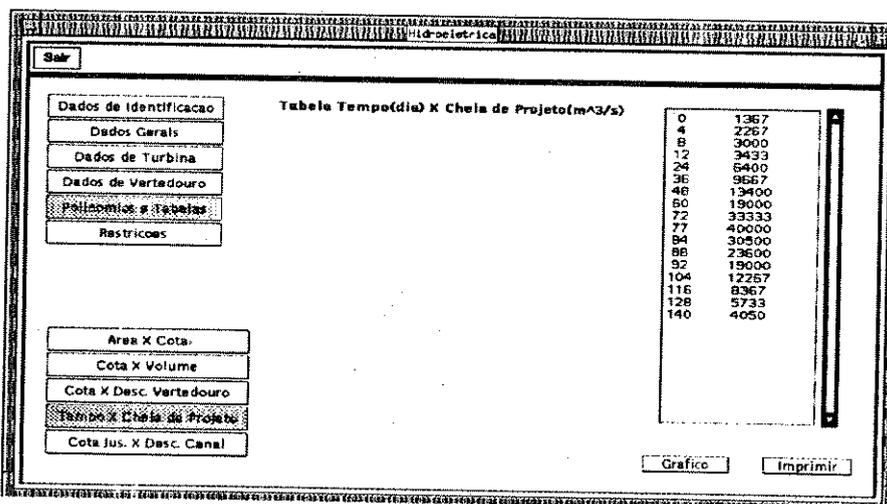


Figura 5-21

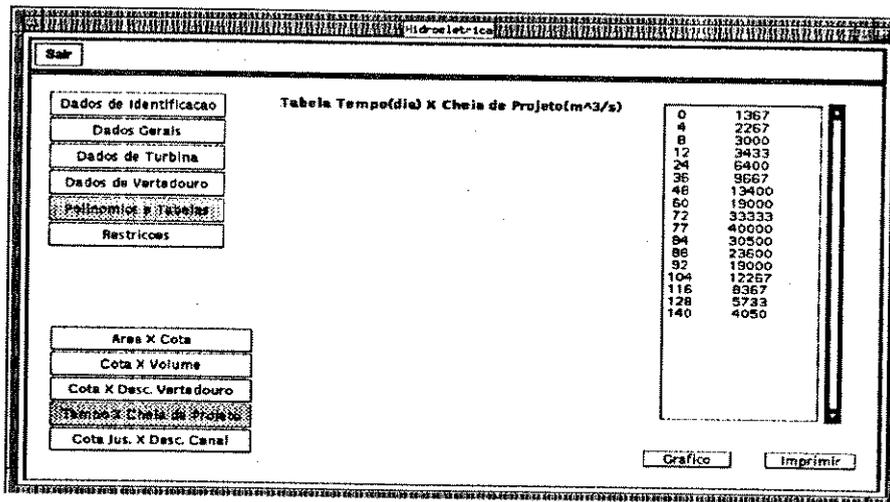


Figura 5-21

A figura 5-21 mostra os dados da tabela Tempo X Cheia de Projeto para a hidroelétrica de Ilha Solteira. A figura 5-22 é um gráfico da tabela representada por marcas do tipo '+'.

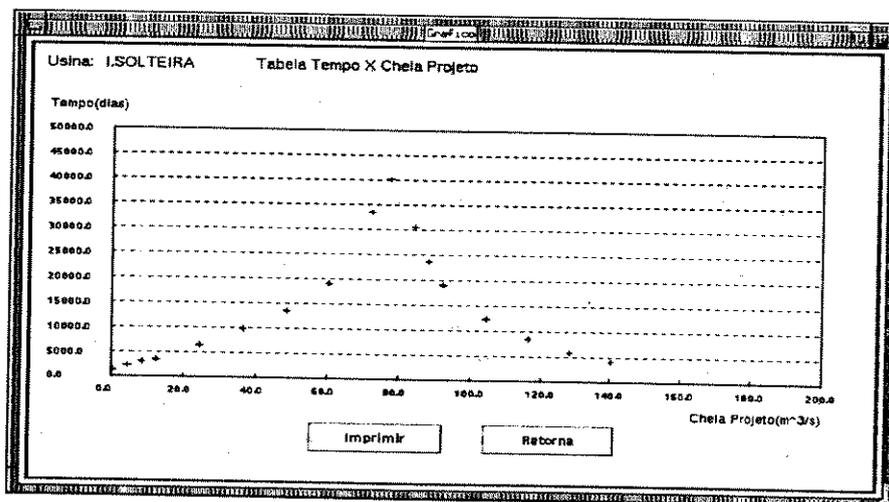


Figura 5-22

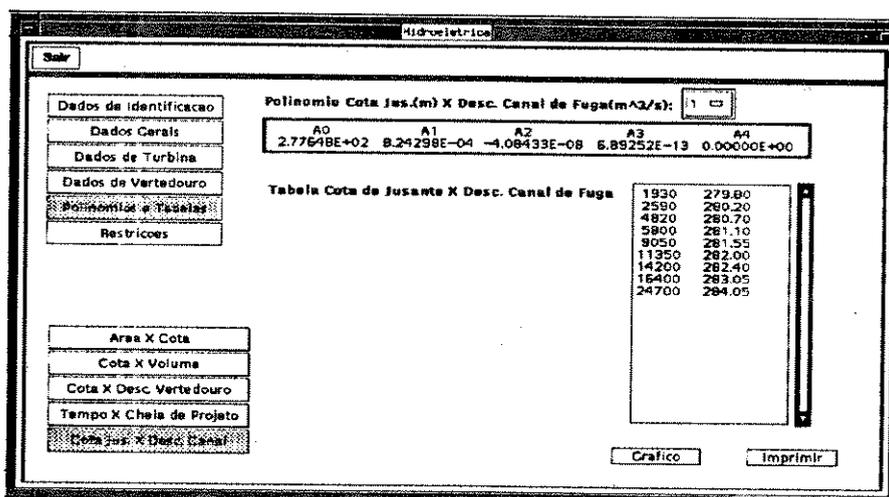


Figura 5-23

A figura 5-23 mostra os dados do polinômio e da tabela Cota de Jusante X Descarga do Canal de Fuga para a hidroelétrica de Ilha Solteira. A figura 5-24 é um gráfico com os dados da tabela, representado por marcas do tipo '+', superposto com o polinômio, representado pela linha cheia.

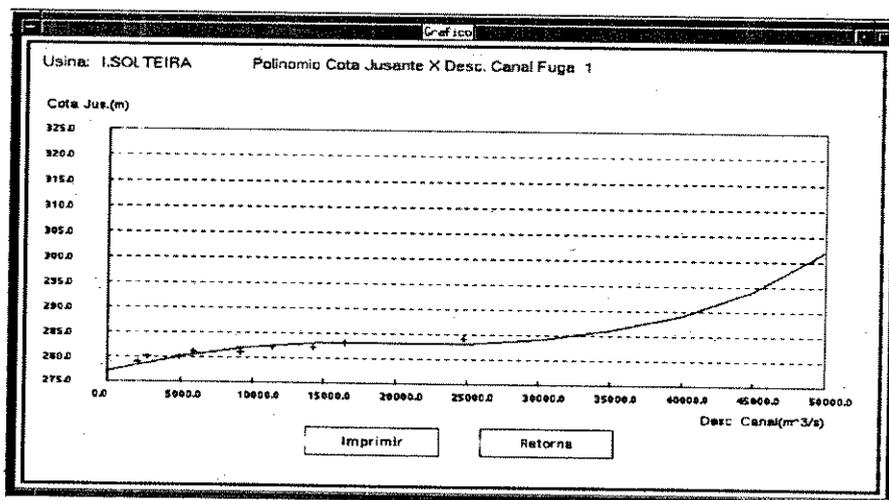


Figura 5-24

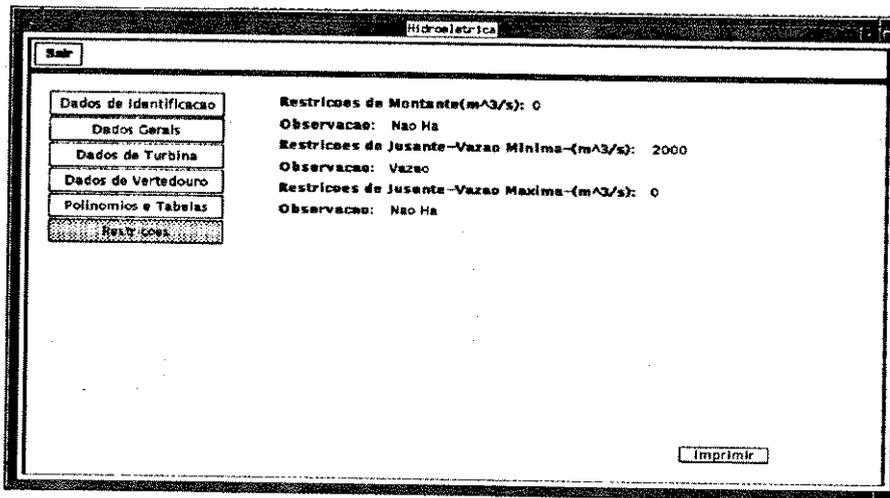


Figura 5-25

A figura 5-25 mostra os dados das restrições de montante e de jusante para a hidroelétrica Ilha Solteira. Na figura 5-26 inicia-se uma nova opção à partir da tela inicial do SI-Hidro, que é a opção *Vazão Histórica* associada à usina.

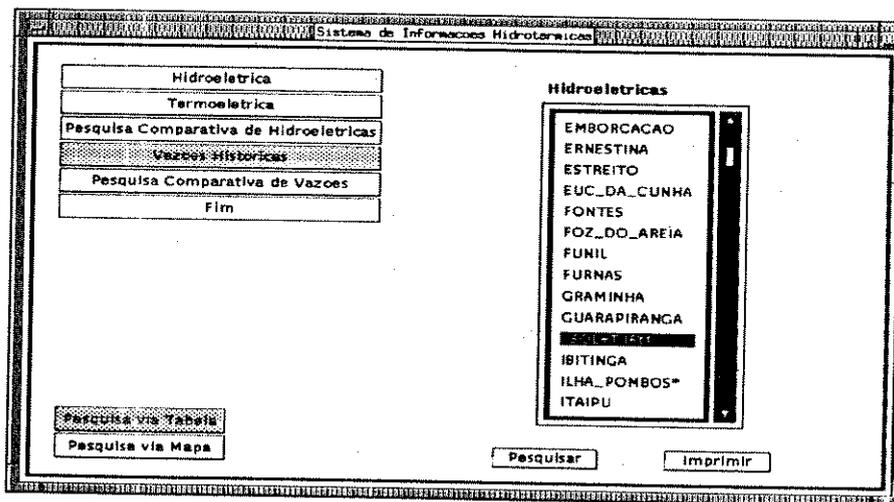


Figura 5-26

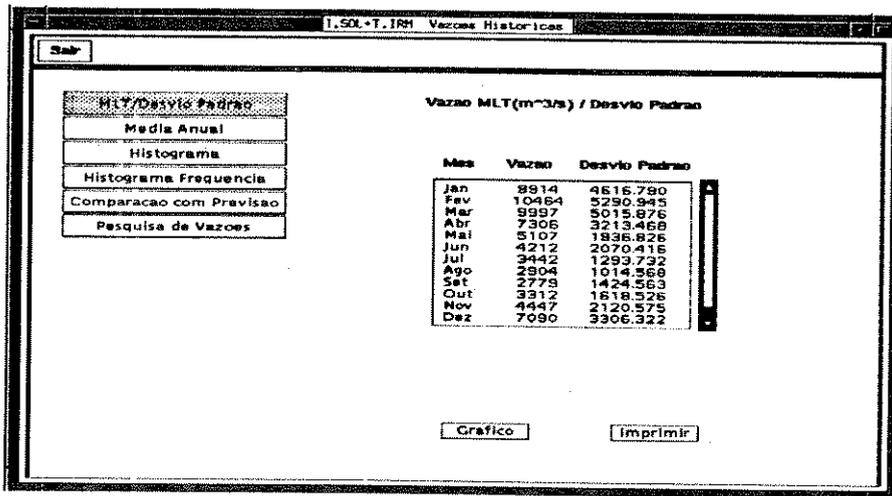


Figura 5-27

As figuras 5-27 e 5-28 mostram as vazões históricas (MLT - média de longo termo) junto com o desvio padrão, respectivamente na forma de tabela e na forma de um gráfico.

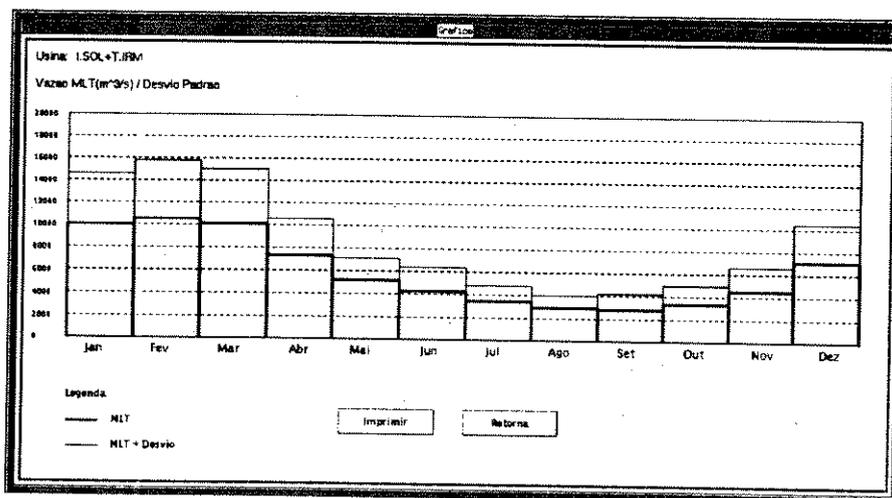


Figura 5-28

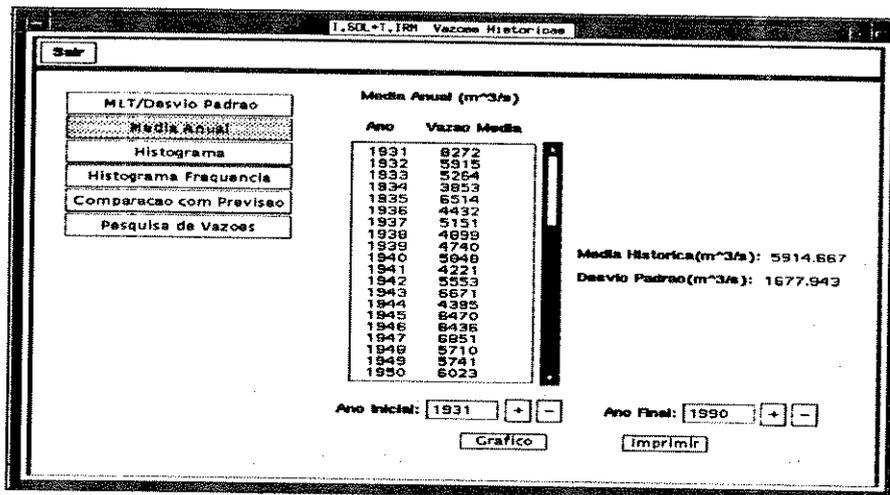


Figura 5-29

As figuras 5-29 e 5-30 mostram as vazões históricas da hidroelétrica Ilha Solteira através de médias anuais, respectivamente na forma de tabela e na forma de gráfico.

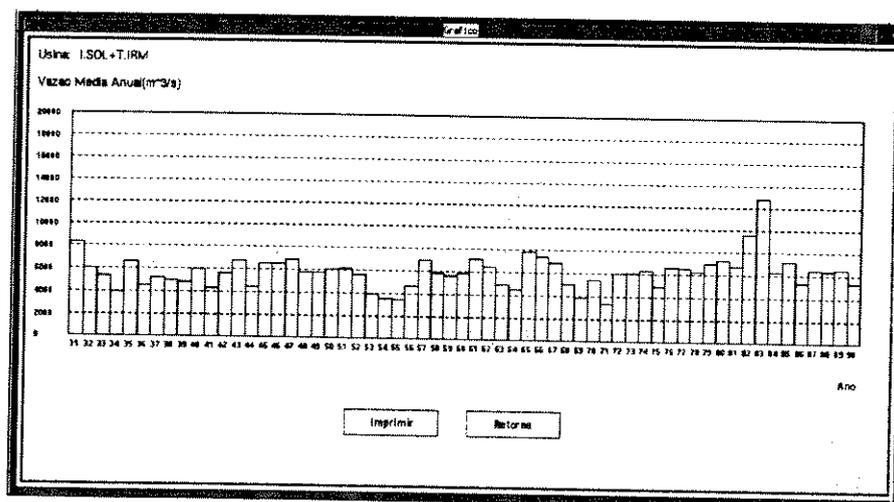


Figura 5-30

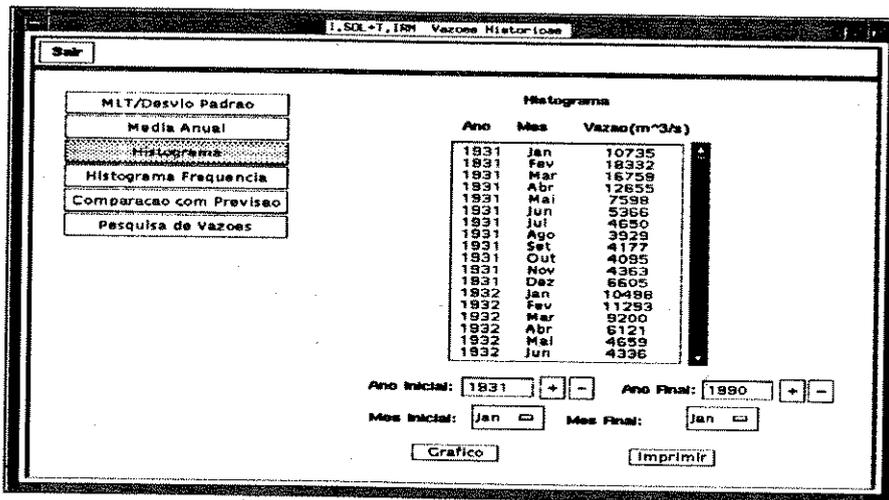


Figura 5-31

As figuras 5-31 e 5-32 apresentam as vazões históricas através de um histograma de vazão mensal, respectivamente por meio de uma tabela e por meio de um gráfico. No gráfico foi selecionado o período de 1931 até 1940.

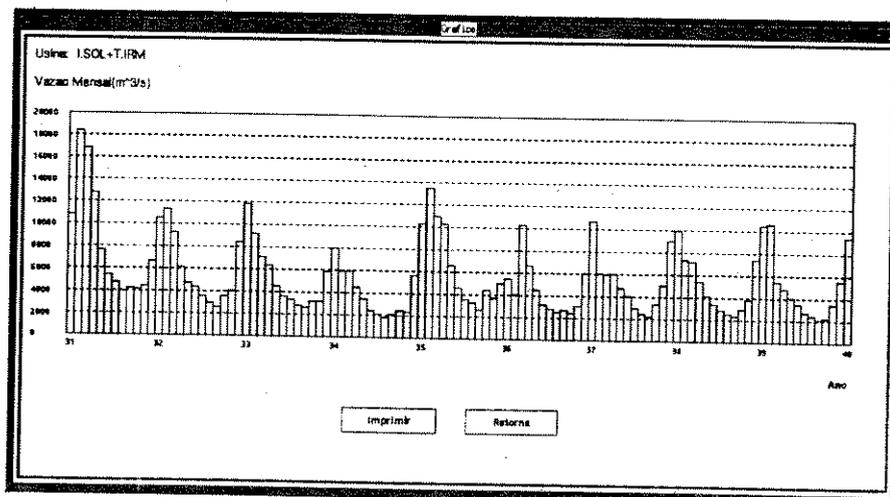


Figura 5-32

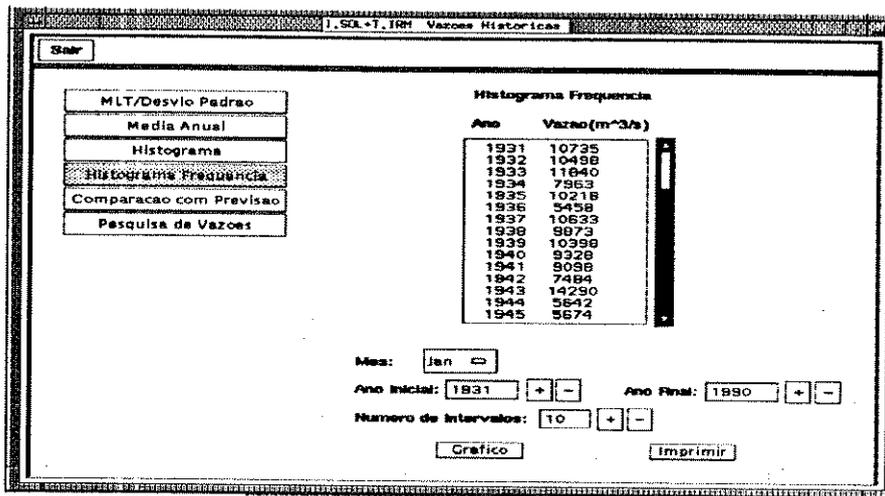


Figura 5-33

As figuras 5-33 e 5-34 apresentam as vazões históricas para a hidroelétrica de Ilha Solteira através de um histograma de frequência, respectivamente por meio de uma tabela e por meio de um gráfico.

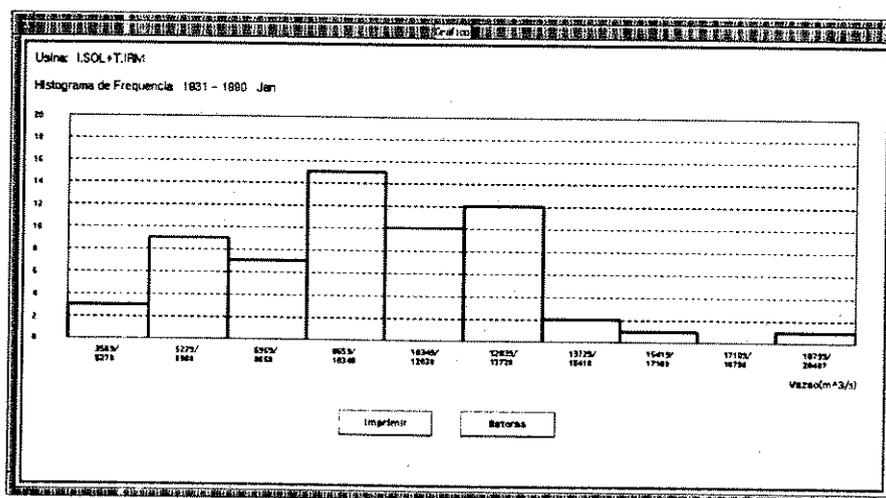


Figura 5-34

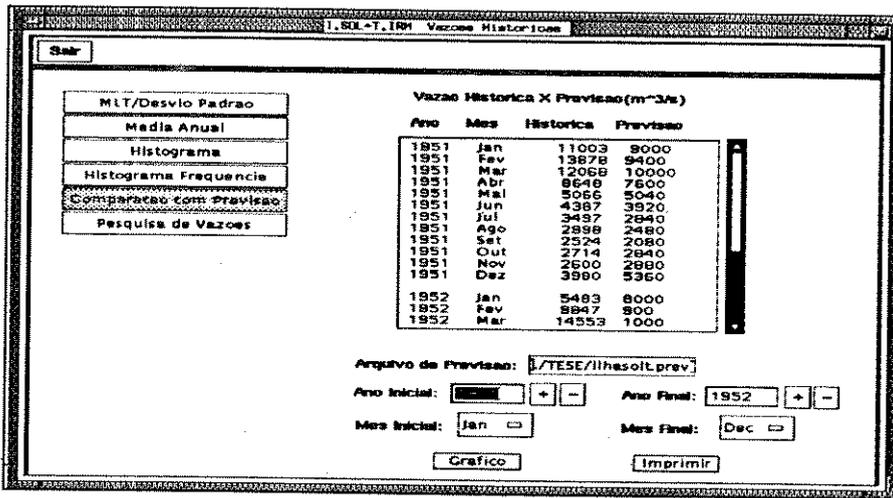


Figura 5-35

A figura 5-35 mostra como poderia ser feita a comparação de um trecho das vazões históricas com os dados gerados por um algoritmo externo de previsão de vazão. A figura 5-36 mostra o gráfico com as duas curvas superpostas para o ano de 1951 até 1952.

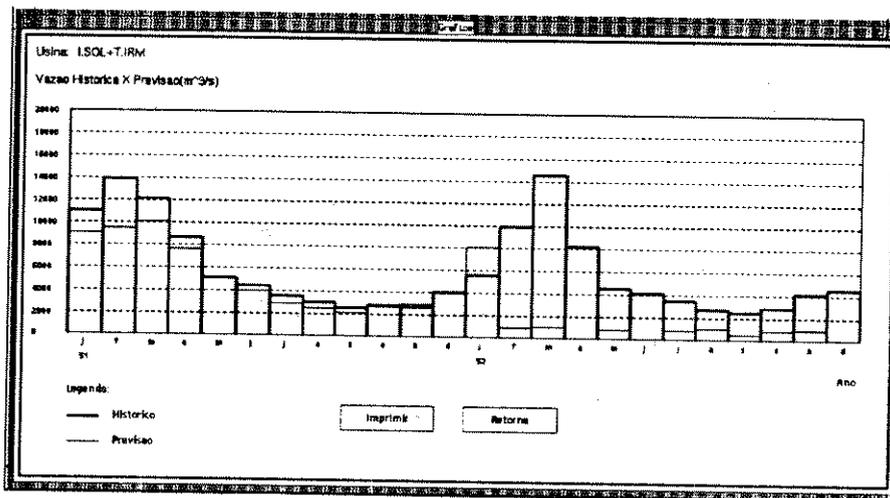


Figura 5-36

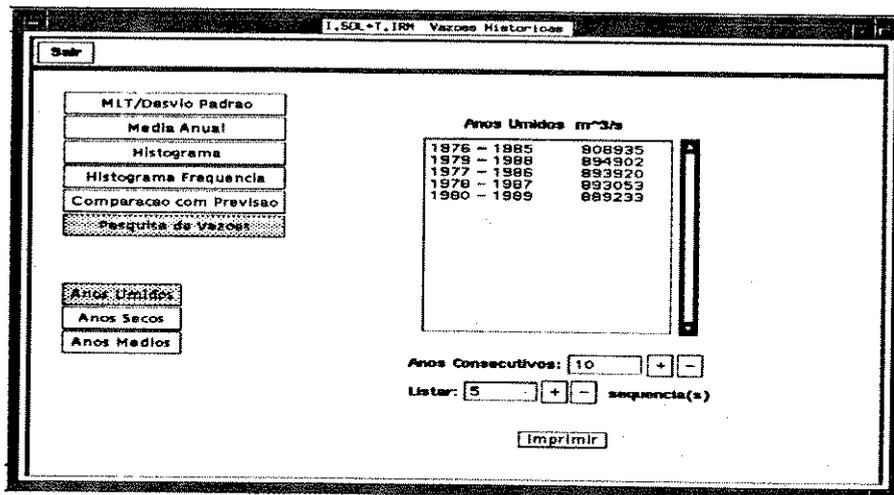


Figura 5-37

As figuras 5.37 e 5.38 apresentam como foram selecionadas seqüências de 10 anos consecutivos que representam respectivamente seqüências mais úmidas e mais secas para a hidroelétrica de Ilha Solteira.

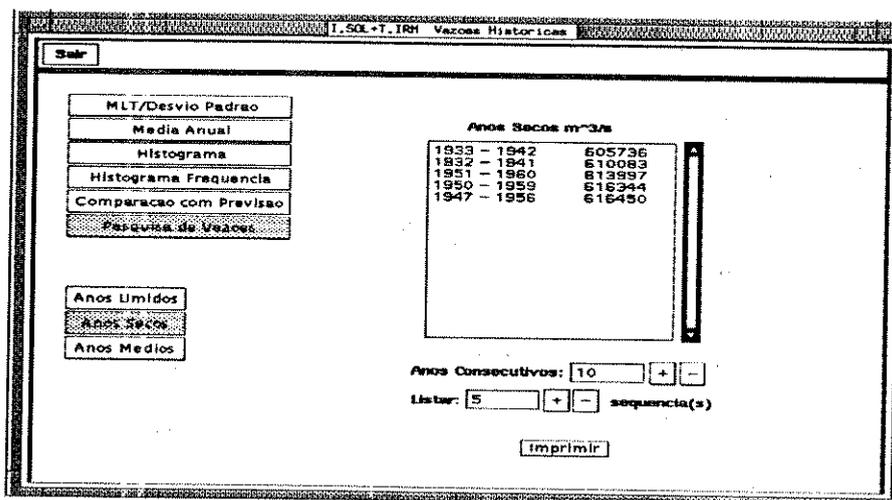


Figura 5-38

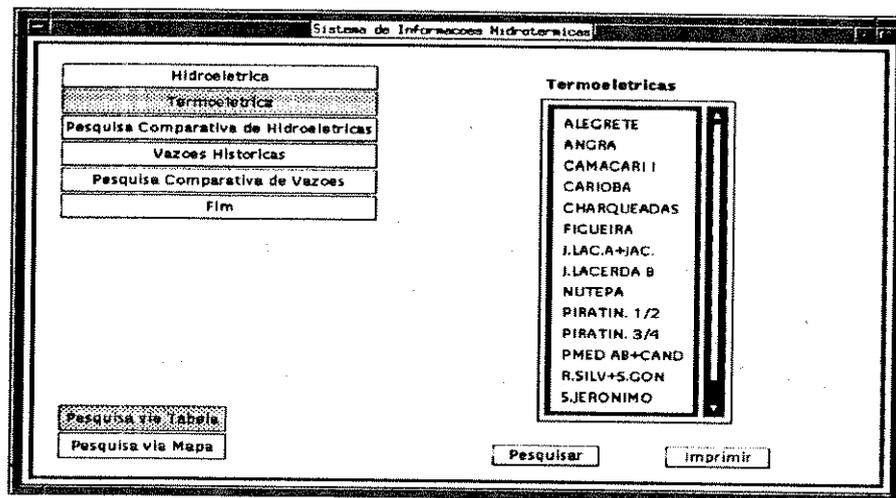


Figura 5-39

A figura 5-39 mostra uma nova opção sendo iniciada à partir da tela principal do SI-Hidro, ou seja, a opção dados de *Termoelétrica*. A figura 5-40 mostra como a termoelétrica de *Alegrete* foi usada como exemplo nesta tela.

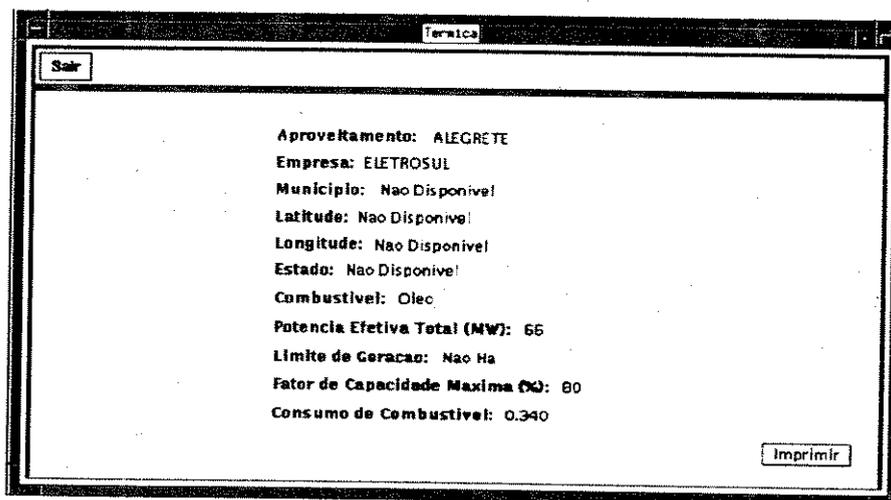


Figura 5-40

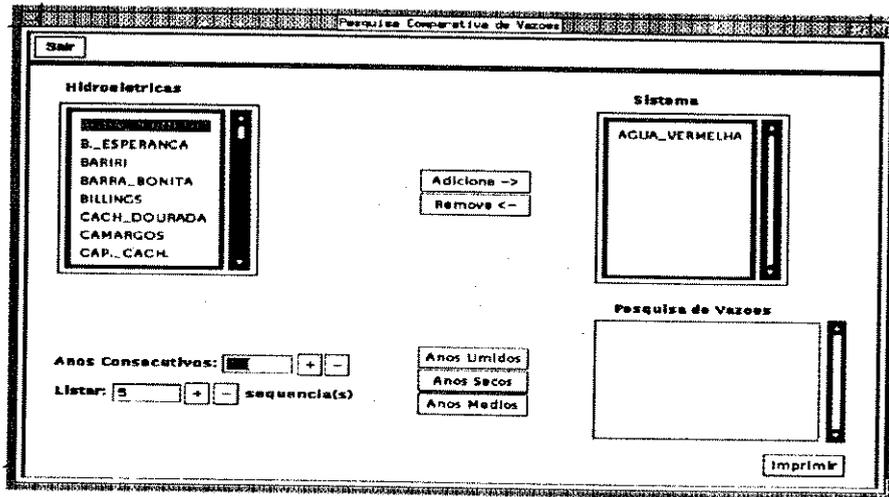


Figura 5-41

A figura 5-41 mostra uma nova opção sendo iniciada à partir da tela principal do SI-Hidro, que é a opção de *Pesquisa Comparativa de Vazões*. Nesta função do SI-Hidro primeiro é montado um sistema de hidroelétricas desejadas e depois podem ser calculados quais foram os anos mais úmidos, médios e secos deste sistema. Na figura 5-41 foi selecionada primeiro a usina de Água Vermelha. Na figura 5-42 foram adicionadas as usinas de Furnas e Marimbondo.

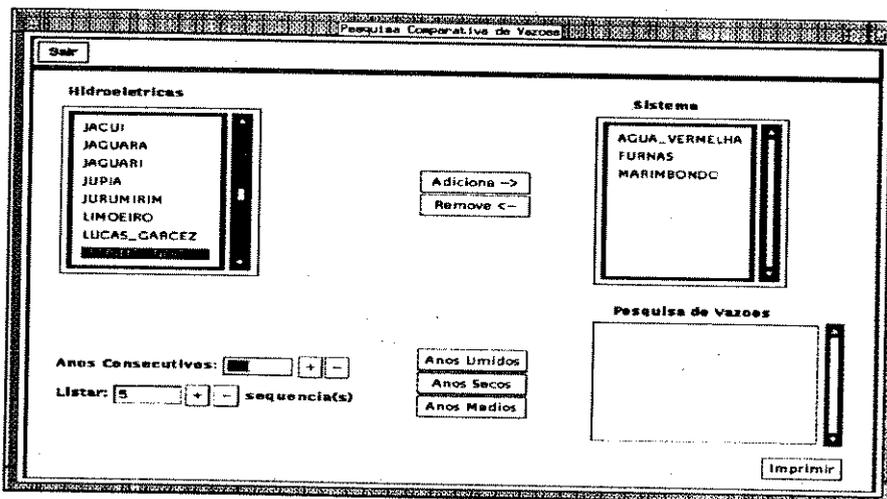


Figura 5-42

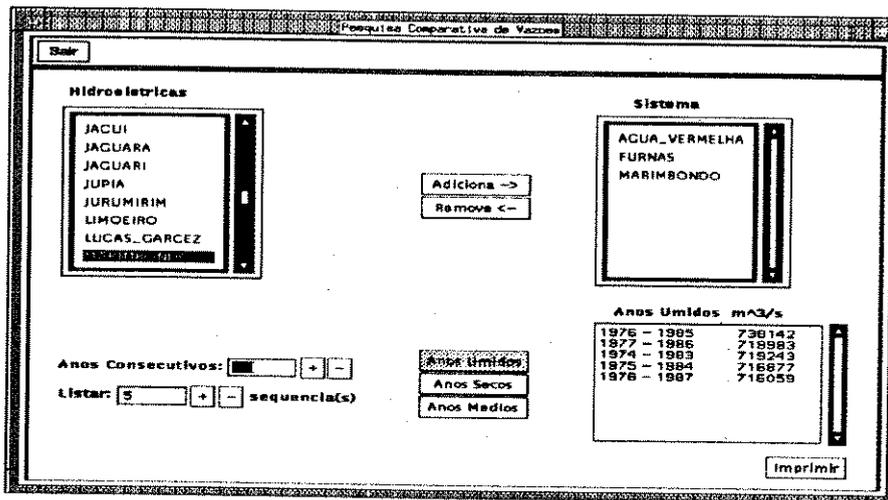


Figura 5-43

A figura 5-43 mostra quais foram as sequências de 10 anos consecutivos mais úmidas para o sistema composto pelas usinas de Agua Vermelha, Furnas e Marimbondo. A figura 5-44 mostra quais foram as sequências de 10 anos consecutivos mais secas para o mesmo sistema acima.

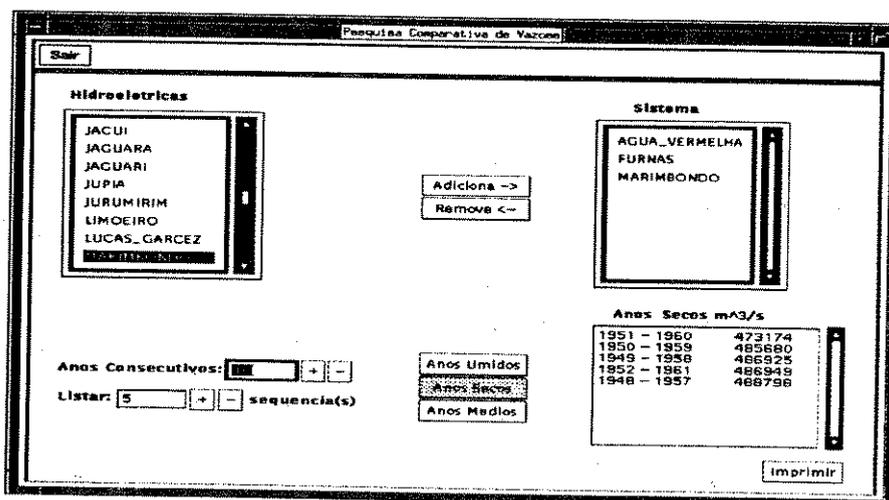


Figura 5-44

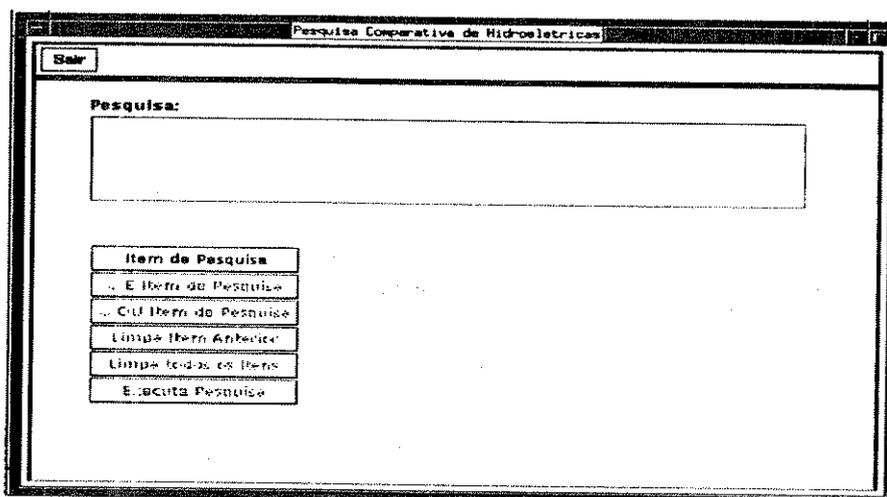


Figura 5-45

A figura 5-45 mostra uma nova opção sendo iniciada na tela principal do SI-Hidro, que é a opção *Pesquisa Comparativa de Hidroelétricas*. O primeiro passo é montar a pesquisa pressionando-se o botão *Item de Pesquisa*. A figura 5-46 mostra a tela seguinte desta opção. Foi selecionado o atributo de hidroelétrica *Empresa* e os operadores que estão disponíveis para este tipo de atributo são: =, != (diferente de), Ordem Asc (coloca o atributo em ordem ascendente), Ordem Desc (coloca o atributo em ordem descendente).

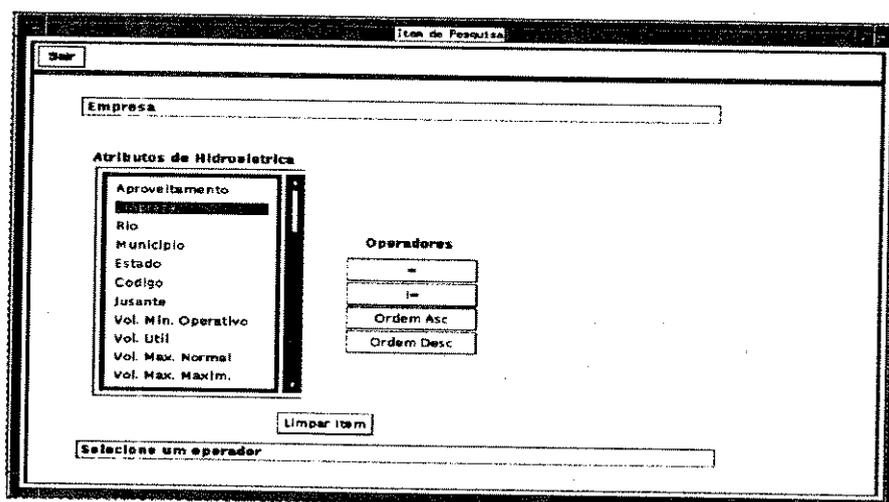


Figura 5-46

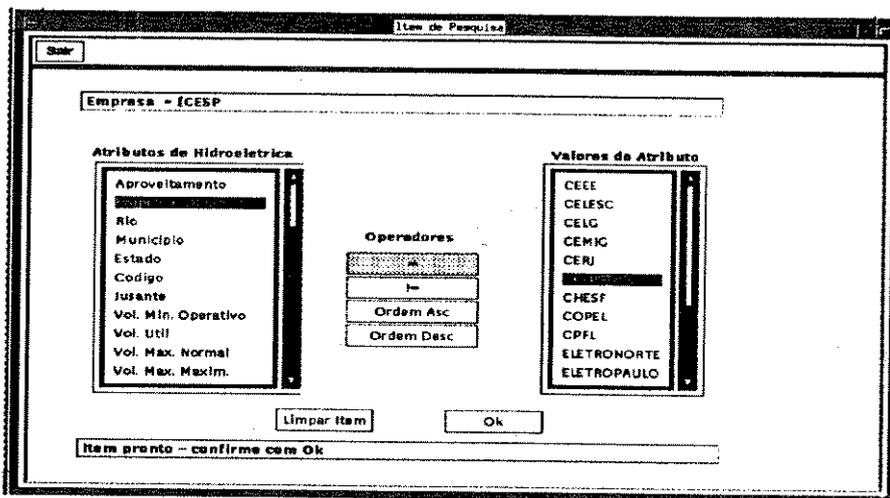


Figura 5-47

Na figura 5-47 vemos que o operador = foi escolhido e também que o Valor do Atributo deverá ser igual à CESP. Note na linha superior da tela que o item de pesquisa será: Empresa = CESP. A figura 5-48 mostra parcialmente a pesquisa desejada, ou seja, que deverão ser pesquisadas as hidroelétricas da empresa CESP. Continuando a construção da pesquisa foi pressionado o botão ... E Item de Pesquisa.

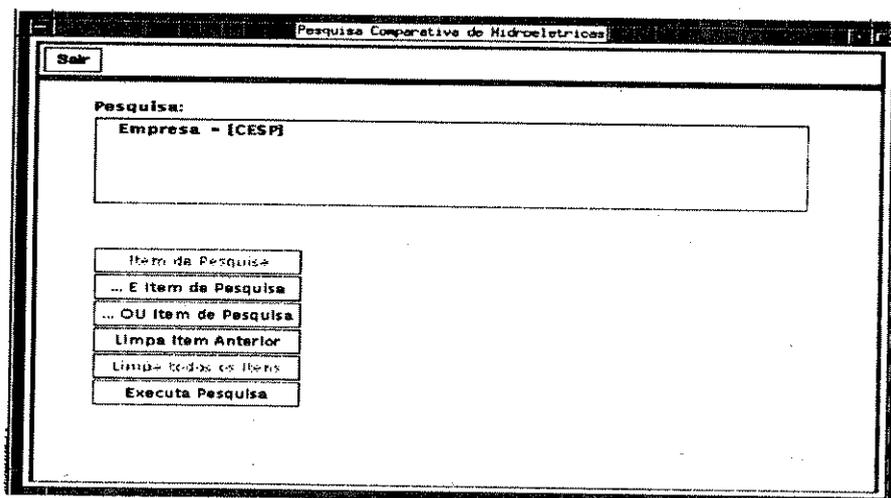


Figura 5-48

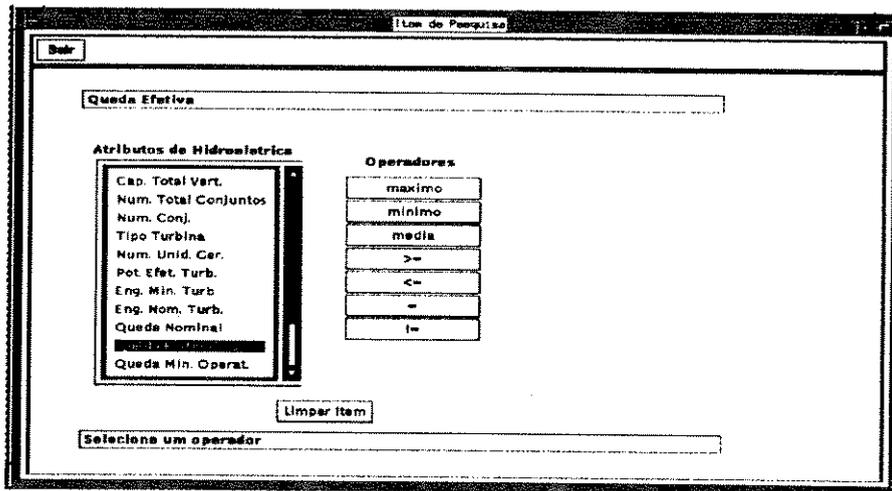


Figura 5-49

A figura 5-49 mostra outro Atributo de Hidroelétrica sendo selecionado para compor um novo item de pesquisa, neste caso foi escolhido Queda Efetiva. Note que a lista de operadores para este tipo de atributo, que é numérico, é diferente da lista anterior. A figura 5-50 mostra que foi escolhido o operador >= e o valor do atributo selecionado foi 20. Então este item de pesquisa é : Queda Efetiva >= 20.

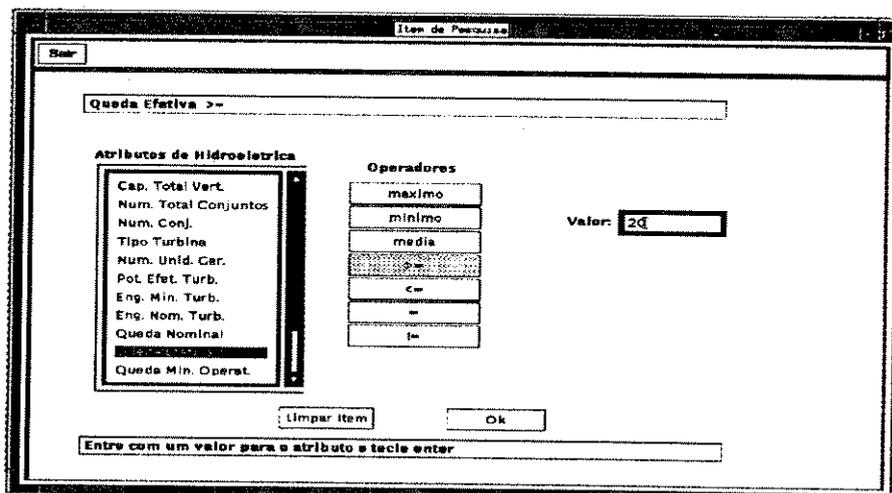


Figura 5-50

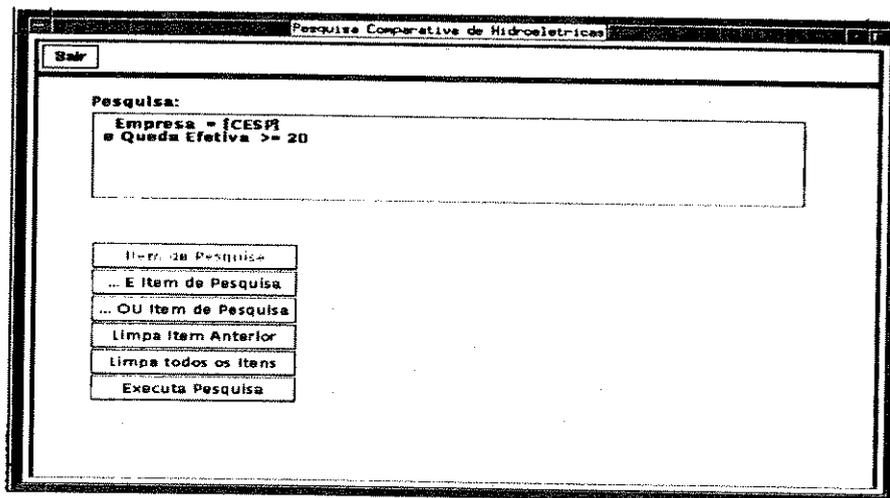


Figura 5-51

A figura 5-51 mostra a pesquisa completa para este exemplo, ou seja, pesquisar hidroelétricas da empresa CESP e que tenham Queda Efetiva \geq 20 metros. Pressionando-se o botão Executa Pesquisa o SI-Hidro realiza esta busca no banco de dados e o resultado é mostrado na figura 5.52 com uma lista das hidroelétricas que satisfazem esta pesquisa. Este último exemplo encerra este capítulo de resultados.

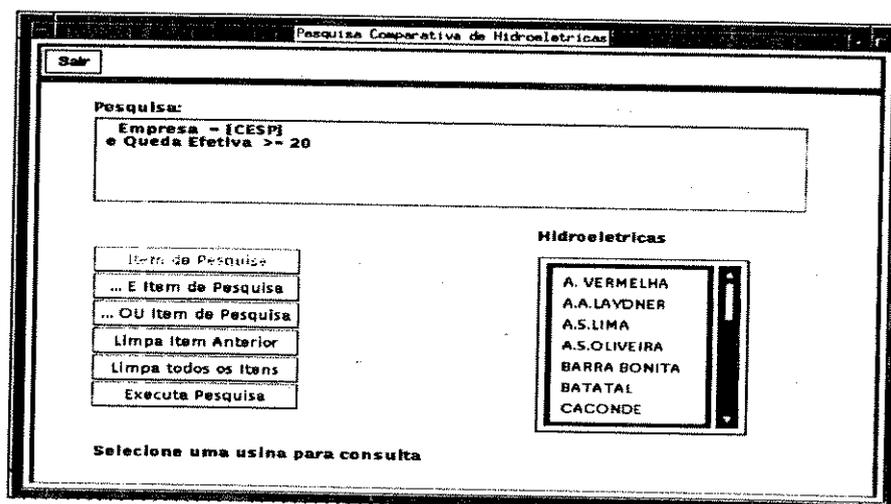


Figura 5-52

Capítulo 6

Conclusões

A elaboração desta dissertação de mestrado possibilitou a visualização de vários aspectos que compoem o desenvolvimento de um software. O primeiro é o aspecto didático, onde diversas técnicas de engenharia de software foram usadas no projeto de banco de dados, interfaces homem-máquina e sistemas de informação.

Outro aspecto foi o estudo e formulação de um problema que fosse passível de solução via computador, ou seja, o estudo do funcionamento de sistemas de produção de energia elétrica e as necessidades de uma classe de usuários interessadas em ter uma resposta rápida e efetiva para suas questões sobre hidroelétricas e termoeletricas.

Outro aspecto é a dimensão política e administrativa que este tipo de software pode ter quando implantado em alguma empresa de energia elétrica. O SI-Hidro pode permitir que se tenha um conhecimento integrado e on-line de toda a informação do Sistema Hidroelétrico Brasileiro com uma interface homem-máquina bastante amigável, o que facilitará o uso por engenheiros, gerentes e dirigentes da empresa.

O SI-Hidro poderá ser usado por alunos de engenharia e até mesmo na reciclagem de engenheiros das empresas de energia elétrica, como uma ferramenta para conhecer o funcionamento e as características das usinas hidroelétricas e termoeletricas. Este é o aspecto educacional do SI-Hidro.

O aspecto tecnológico também está presente, pois envolve questões de ligação micro-mainframe e downsizing, interfaces SQL e multimídia. Apesar de a plataforma de desenvolvimento ter sido UNIX, é provável que terá que ser migrado para um ambiente de mainframe e permitir acesso via microcomputador com *MS-Windows*, ou seja, o uso de interfaces SQL, que são produtos de software que permitem acessar bancos de dados relacionais baseados em mainframe através de *MS-Windows* em micros tipo PC. Apesar de pouco enfatizado nesta dissertação, o SI-Hidro já faz uso de alguns recursos multimídia como as imagens digitalizadas de usinas, turbinas e regiões geográficas brasileiras.

Algumas propostas futuras para extensão deste trabalho são: migrar para um ambiente com interface SQL/Windows e efetivar a ligação micro-mainframe; criar um banco de dados verdadeiramente distribuído, onde cada empresa seria responsável por seu conjunto de dados, e ao mesmo tempo estariam sempre atualizados e disponíveis para as outras empresas e neste esquema a estrutura do banco de dados seria única para todas as empresas; aplicar critérios de segurança de dados mais elaborados para que se possa separar a informação classificada para cada tipo de usuário, onde dados estratégicos e sigilosos não poderiam ser acessados por qualquer pessoa; e finalmente aplicar técnicas de sistemas especialistas para facilitar certos tipos de pesquisa, tentando guiar o usuário para a informação desejada mais rapidamente.

Apêndice A

Usina Hidroelétrica Típica

Este apêndice descreve os dados de uma usina hidroelétrica típica conforme documento da Eletrobrás - Cadastro Técnico de Usinas Hidráulicas (Novembro 87). Pode-se notar que por este exemplo de usina nem todos os atributos são conhecidos.

APROVEITAMENTO:
CAMARGOS(CEMIG)

EMPRESA : CEMIG
USINA : CAMARGOS
RIO : GRANDE
MUNICIPIOS : ITUTINGA
LATITUDE : 21 GRAUS E 17 MINUTOS
LONGITUDE : 44 GRAUS E 38 MINUTOS
ESTADOS : MINAS GERAIS
POTENCIA NOMINAL DA USINA-FINAL (MW) : 45,0
UNIDADES GERADORAS X POTENCIA NOMINAL-FINAL(MW) : 2X22,5
POTENCIA EFETIVA DA USINA-FINAL(MW) : 48,0
UNIDADES GERADORAS X POTENCIA EFETIVA-FINAL(MW) : 2X24,0
TIPO DE TURBINA : KAPLAN
COEFICIENTE DE PERDAS HIDRAÚLICAS(%): 1,0
PRODUTIBILIDADE ESPECÍFICA (MW/(M3/S)M): 0,00864
FATOR DE CAPACIDADE MAXIMA DE GERAÇÃO(%): 95,0
NIVEIS(M)-MAXIMO OPERAT.NORNAL: 913,00
-MINIMO OPERATIVO : 899,00
-MAXIMO MAXIMORUM : 913,00
QUEDA(M)-NORMAL : 26,70
EFETIVA : 25,40
MINIMA DE OPERACAO : 12,70
COTAS(M)-COROAMENTO DA BARRAGEM: 915,00
-CRISTA(VERTEDOR DE SUPERFICIE) : 907,00
-TOPO VERTEDOR DE SUPERFICIE COM COMPORTAS FECHADAS: 913,00
-NIVEL MEDIO DO CANAL DE FUGA : 886,30
AREA(KM2)-DE DRENAGEM : 6280
-DO RESERVATORIO :
-INUNDADA :
VOLUMES(KM3)-MORTO(MINIMO OPERATIVO) : 0,120
-UTIL : 0,672
-TOTAL(NIVEL MAXIMO NORMAL) : 0,792
-NIVEL MAXIMO MAXIMORUM : 0,792
ENGOLIMENTOS DAS TURBINAS(M3/S)-NOMINAL:118,0X2= 236,0
-EFETIVO :117,5X2= 235,0
VERTEDOR DE SUPERFICIE-NUMERO DE COMPORTAS : 6
-CAPACIDADE DE VERTIMENTO TOTAL(M3/S) : 2070,0
-TIPO DE COMPORTAS : SETOR
DESCARREGADOR DE FUNDO-NUMERO DE COMPORTAS : 2 VALVULAS DE JATO OCO
-CAPACIDADE TOTAL(M3/S) : 170,0
CAPACIDADE TOTAL DE VERTIMENTO(M3/S) : 2240,0
DATA DE INICIO DO ENCHIMENTO DO RESERVATORIO:
DATA DE FIM DO ENCHIMENTO DO RESERVATORIO:
RESTRICOES DE JUSANTE : VAZAO MAXIMA=400M3/S

RESTRICOES DE MONTANTE:

POSTOS PLUVIOMETRICOS EM OPERACAO NA BACIA DE INTERESSE OPERATIVO:
MADRE DE DEUS DE MINAS(R.GRANDE),FAZ.LARANJEIRAS(R.AIURUOCA)

POLINOMIOS:

AREA-COTA:

$$A=7,25658E+3 -3,81848C -1,12258E-2C^2 +2,96378E-6C^3 +7,52408E-9C^4$$

COTA-VOLUME:

$$C=887,50567 +155,83814V -548,7891971V^2 +884,047187166V^3 -490,98797609V^4$$

COTA-DESCARGA DO CANAL DE FUGA:

$$CF= 886,3 +0Q +0Q^2 +0Q^3 +0Q^4$$

ENGOLIMENTO-QUEDA:

E=

POTENCIA-QUEDA:

P=

TABELAS:

COTA (M)	AREA (KM2)	VOLUME (KM3)	DESC.VERT. (M3/S)	COTA (M)	DESC.CANAL FUGA (M3/S)
883,0	0,0	0,0	0		
887,3	1,0	0,002500	36		
889,0	2,75	0,005000	55		
891,0	4,75	0,015000	72		
893,0	7,72	0,027453	84		
895,0	11,75	0,032500	97		
897,0	16,75	0,075000	108		
898,0	20,24	0,097336	113		
899,0	23,63	0,1200(MORTO)	117		
901,0	30,50	0,17000	124		
903,0	37,17	0,240849	136		
905,0	44,00	0,317500	144		
907,0	51,25	0,415000	151		
908,0	54,99	0,471238	281		
909,0	58,25	0,525000	410		
911,0	62,25	0,650000	1079		
913,0	73,35	0,792083	2235		

CHEIA DE PROJETO-VERTEDOURO:

TEMPO (DIA)	CHEIA PROJ.VERT (M3/S)	QUEDA LIQUIDA (M)	ENGOLIMENTO (M3/S)	POTENCIA (MW)
		12,7	156,8	15,6
		15,0	176,4	21,2
		18,0	196,5	29,4
		21,0	207,7	36,8
		23,0	213,7	41,6
		25,4	222,9	48,0
		26,0	218,4	48,0
		26,2	217,2	48,0
		26,7	213,2	48,0

Apêndice B

Lista de Termoelétricas

Este apêndice descreve as termoelétricas em operação no Brasil obtidos do cadastro da ELETROBRÁS.

Emp	Comb	Usina	Pot.Efetiva	Lim.Ger.	Fcap.Max.	Cons.Fcmax
19	2	Angra	1966	0	80	0
15	4	Piratin. 3/4	270	0	80	0.237
14	4	Carioba	32	0	80	0.341
15	4	Piratin. 1/2	200	0	80	0.265
19	4	Rsilv+SGonc.	65	0	80	0.408
22	3	Pmed AB+Cand	1146	0	80	1.000
24	3	J.Lacerda IV	350	0	75	0.600
24	3	J.Lacerda B	250	0	80	0.600
24	3	J.Lac A+JAC	582	0	80	0.680
24	3	Charqueadas	72	60	80	1.333
23	3	Figueira	20	0	80	0.800
22	4	Nutepa	24	0	80	0.380
24	4	Alegrete	66	0	80	0.340
22	3	S.Jeronimo	17	14	80	1.800
33	4	Camacari I	290	0	80	0.369
37	6	Sao Luis	116	0	60	0.418

Apêndice C

Vazões Históricas

Este apêndice mostra uma tabela com as vazões históricas mensais para os anos de 1931 até 1990 de uma usina hidroelétrica típica. As vazões são expressas em m³/s. Cada coluna corresponde a um mês de cada ano. As vazões mensais do ano 1990 são na verdade a média de longo termo (MLT) de todo histórico

1 CAMARGOS

1931	157	320	253	176	115	93	78	68	75	97	94	133
1932	255	235	178	107	88	85	71	62	64	80	91	212
1933	254	141	132	94	73	63	61	56	54	66	70	130
1934	189	93	109	76	59	49	44	39	43	47	56	212
1935	238	384	179	164	117	94	81	71	67	84	83	89
1936	81	105	236	124	87	65	56	57	63	59	91	198
1937	351	228	164	120	123	91	72	61	55	130	156	381
1938	262	298	223	149	130	101	85	82	94	121	130	255
1939	257	248	144	148	103	84	76	65	61	70	124	221
1940	268	314	252	148	109	90	75	63	63	77	174	237
1941	229	143	142	115	79	71	73	57	86	91	98	191
1942	159	191	265	135	109	89	79	64	61	87	110	163
1943	486	311	299	149	108	95	83	76	71	99	99	181
1944	156	246	252	124	92	84	75	64	60	62	88	107
1945	143	281	154	122	89	83	69	57	53	54	97	201
1946	465	158	174	164	100	88	78	64	56	84	113	110
1947	225	249	586	230	140	116	107	96	105	105	112	220
1948	220	218	276	160	115	97	83	72	65	70	113	198
1949	242	283	188	123	94	81	72	64	55	70	78	162
1950	283	355	218	159	117	91	80	65	62	72	195	191
1951	215	230	235	156	106	88	77	68	58	66	76	134
1952	249	261	306	150	104	99	78	66	79	66	121	184
1953	93	122	129	136	89	70	61	51	52	54	89	150
1954	127	162	111	80	82	62	50	42	40	53	90	112
1955	291	155	105	90	66	59	48	39	32	46	75	175
1956	147	136	180	94	90	76	65	62	51	58	66	176
1957	215	197	260	247	125	96	76	63	89	71	147	151
1958	236	259	148	124	110	96	90	71	101	118	132	157
1959	315	179	187	148	121	79	68	68	54	69	150	163
1960	220	216	315	136	129	97	82	71	64	71	102	184
1961	393	450	415	214	169	122	98	81	67	62	86	121
1962	207	414	207	142	111	88	73	66	78	94	125	238
1963	263	185	150	91	79	67	59	53	43	47	67	52
1964	263	298	150	105	79	65	68	52	45	77	90	153
1965	360	464	344	176	159	120	107	91	75	107	150	209
1966	450	282	331	173	135	107	91	79	61	95	205	269
1967	417	359	290	189	134	116	94	79	70	82	144	136
1968	190	129	127	88	72	63	59	58	59	67	55	181
1969	255	254	215	122	91	88	74	72	60	79	151	168
1970	161	176	156	110	81	70	64	65	79	77	93	81
1971	108	66	86	68	53	62	46	40	44	67	89	205
1972	163	223	262	140	97	76	83	69	64	104	157	175
1973	256	225	141	152	116	83	74	63	59	86	146	181
1974	208	168	227	184	112	96	78	66	55	67	63	125
1975	164	161	127	93	70	57	57	45	41	59	125	155
1976	128	148	147	108	90	80	85	86	117	103	152	212
1977	241	221	189	170	105	84	71	61	73	64	108	163
1978	265	174	169	107	85	78	68	55	52	80	129	113

1979	136	312	204	119	96	78	73	70	88	80	135	208
1980	302	220	189	220	120	100	83	73	65	63	135	233
1981	351	222	198	163	113	99	80	74	63	97	150	271
1982	298	233	360	244	149	125	100	88	73	106	111	228
1983	498	387	420	300	195	317	172	125	260	217	257	366
1984	307	175	146	129	123	86	75	70	75	65	84	153
1985	384	338	290	161	124	103	88	79	81	78	119	187
1986	276	259	237	148	125	98	91	93	74	65	70	243
1987	252	218	204	176	129	106	88	78	90	81	99	236
1988	254	310	249	167	132	111	90	78	71	97	112	127
1989	241	232	268	168	114	100	87	82	81	74	88	183
1990	203	103	169	119	93	71	68	62	67	63	64	85
1999	250	235	218	145	107	91	77	68	69	80	113	181

Apêndice D

Tabelas do Banco de Dados

Este apêndice descreve os conteúdos das tabelas do banco de dados do SI-Hidro. Dentro das tabelas os atributos estão separados em subcategorias apenas para melhor compreensão:

Tabela hidroeletricas

Dados de Identificacao

h_id_apr	Aproveitamento
h_id_emp	Empresa
h_id_rio	Rio
h_id_mun	Município
h_id_lat	Latitude
h_id_lon	Longitude
h_id_est	Estado
h_id_iec	Data Inicio Enchimento
h_id_fec	Data Fim Enchimento
h_id_cod	Código ELETROBRÁS
h_id_jus	Usina à Jusante

Dados Gerais

h_vo_vmo	Volume Mínimo Operativo
h_vo_vut	Volume Util
h_vo_vmn	Volume Máximo Normal
h_vo_vmm	Volume Máximo Maximorum
h_co_ccb	Cota Coroamento da Barragem
h_co_ccr	Cota Crista da Barragem
h_co_ctv	Cota Topo Vertedouro
h_co_cnm	Cota Nível Médio do Canal de Fuga
h_ni_nmo	Nível Máximo Operativo
h_ni_nmm	Nível Máximo Maximorum
h_ni_nmi	Nível Mínimo Operativo
h_ar_ain	Área Inundada
h_ar_are	Área do Reservatório
h_ar_adr	Área de Drenagem
h_pe_cph	Coefficiente Perdas Hidráulicas
h_pe_ppd	Perda de Potência por Depleção
h_pe_ppec	Perda de Potência por Elevação do Canal de Fuga
h_ou_pnf	Potência Nominal Final
h_ou_pne	Potência Nominal Efetiva
h_ou_pro	Produtibilidade Específica
h_ou_rme	Rendimento Médio
h_ou_ppl	Postos Pluviométricos
h_ou_cev	Coefficientes de Evaporação

Dados de Vertedouro

h_ve_nco	Número de Comportas
----------	---------------------

h_ve_cvc	Capacidade de Vertimento das Comportas
h_ve_tco	Tipo de Comporta
h_ve_def	Tipo de Descarregador de Fundo
h_ve_cvd	Capacidade de Vertimento do Descarregador de Fundo
h_ve_ctv	Capacidade Total de Vertimento

Polinomios e tabelas

h_pt_pac	Polinomio Area X Cota
h_pt_tac	Tabela Area X Cota
h_pt_pcv	Polinomio Cota X Volume
h_pt_tcv	Tabela Cota X Volume
h_pt_tdv	Tabela Descarga do Vertedouro
h_pt_ttc	Tabela Tempo X Cheia de Projeto

Restrições

h_re_rmo	Restrições de Montante
h_re_omo	Observação da Restrição Montante
h_re_rjmi	Restrição de Jusante Mínima
h_re_ojmi	Observação da Restrição de Jusante Mínima
h_re_rjma	Restrição de Jusante Máxima
h_re_ojma	Observação da Restrição de Jusante Máxima

Tabela conj_maquinas

Dados de turbina

cm_tu_apr	Aproveitamento
cm_tu_num	Numero do Conjunto
cm_tu_tip	Tipo de Turbina
cm_tu_nug	Numero de Unidades Geradoras
cm_tu_pet	Potencia Efetiva da Turbina
cm_tu_emt	Engolimento Mínimo da Turbina
cm_tu_ent	Engolimento Nominal da Turbina

Quedas

cm_qu_qno	Queda Nominal
cm_qu_qef	Queda Efetiva
cm_qu_qmo	Queda Mínima Operativa

Polinomios e Tabelas

cm_pt_peq	Polinomio Engolimento X Queda
cm_pt_ppq	Polinomio Potencia X Queda
cm_pt_teq	Tabela Engolimento X Queda
cm_pt_tpq	Tabela Potencia X Queda

Tabela termoeletricas

t_apr	Aproveitamento
t_emp	Empresa
t_mun	Município

t_lat	Latitude
t_lon	Longitude
t_est	Estado
t_com	Combustível
t_pet	Potência Efetiva Total
t_lim	Limite de Geração
t_fma	Fator de Capacidade Máxima Mensal
t_coc	Consumo de Combustível

Tabela pol_jusante

pj_apr	Aproveitamento
pj_tcd	Tabela cota X Descarga do Canal de Fuga
pj_pcd	Polinômio cota X Descarga do Canal de Fuga

Referências Bibliográficas

Lista de referências sobre bancos de dados:

- [Korth] H.F. Korth e M.A. Silberschatz, *Database System Concepts*, 2nd Edition, McGraw-Hill, (1991).
- [SQL/ANSI] "American National Standard for Information Systems: Database Language SQL", FDT, ANSI X3.135-1986, American National Standards Institute, New York, (1986).
- [Chen] P.P. Chen, "The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data", *ACM Transactions on Database Systems*, Volume 1, Number 1, (January 1976), pag 9-36.
- [CODASYL] "CODASYL Database Task Group April 71 Report", ACM, New York, NY, (1971).
- [Codd] E.F. Codd, "A Relational Model for Large Shared Data Banks", *Communications of the ACM*, Volume 13, Number 6 (June 1970), pages 377-387.
- [Date 86] C.J. Date, *Relational Databases: Selected Writings*, Addison-Wesley, Reading, (1986).
- [Date 89] C.J. Date, *A Guide to SQL Standard*, 2nd Edition, Addison-Wesley, Reading, (1989).
- [Kim & Lochovsky] W. Kim e F. Lochovsky, *Object Oriented Concepts, Databases and Applications*, Addison Wesley, Reading, (1989).
- [INGRES4GL] Language Reference Manual for INGRES/Windows4GL, Alameda, (1992).

Lista de referências sobre interfaces homem-máquina:

- [Galitz] O. Galitz, *Handbook of Screen Format Design*,
- [Mikes] *X Windows System Technical Reference*, Addison-Wesley, (1990).
- [Klatzky] R.L. Klatzky, *Human Memory*, 2nd Edition, Freeman & Co, (1980).
- [Monk] A. Monk, *Fundamentals of Human-Computer Interaction*, Academic Press, (1984).
- [Rubin] T. Rubin, *User Interface Design for Computer Systems*, Halstead Press, (1988).
- [Pressman] R.S. Pressman, *Software Engineering - A Practitioner's Approach*, 3rd Edition, McGraw-Hill, (1992).

Lista de referências sobre sistemas de informação:

- [Turban] E. Turban, *Decision Support and Expert Systems*, MacMillan, 3rd Edition, (1993).
- [Sprague] R.H. Sprague e H.J. Watson, *Sistema de Apoio à Decisão: Colocando a Teoria em Prática*, Campus, (1991).
- [Mitra] G. Mitra, *Computer Assisted Decision Making*, North-Holland, (1986).
- [Awad] E.M. Awad, *Management Information Systems*, Benjamin/Cummings, Virginia, (1988).

Lista de referências sobre hidroelétricas e termoeletricas:

- [SCEN-GTMC-GCOI] *Cadastro Técnico de Usinas Hidráulicas*, Rio de Janeiro, (1987).
- [Fortunato] L.A. Fortunato e outros, *Introdução ao Planejamento da Expansão e Operação de Sistemas de Produção*
-

de Energia Elétrica, EDUFF, Niterói, (1990).

[Souza] Z. de Souza, R.D. Fuchs, A.H.M.Santos, *Centrais Hidro e Termelétricas*, Edgar Blucher, Itajubá, (1983).

[Schreiber] G.P. Schreiber, *Usinas Hidroelétricas*, Edgar Blucher, São Paulo, (1978).
