



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
CAMPINA GRANDE**

**CENTRO DE TECNOLOGIA E  
RECURSOS NATURAIS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM RECURSOS NATURAIS**



# **Um Sistema de Informações Adaptativo às Necessidades de Caracterização de Bacias Hidrográficas**

**TESE DE DOUTORADO**

**JOSÉ CARLOS MOTA**

**Campina Grande – PB  
Agosto – 2012**

**JOSÉ CARLOS MOTA**

**Um Sistema de Informações Adaptativo às  
Necessidades de Caracterização de Bacias  
Hidrográficas**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Recursos Naturais.

**Orientador: Prof. Dr. Wilson Fadlo Curi**

**Campina Grande – PB.  
Agosto, 2012**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

M712s Mota, José Carlos.

Um sistema de informações adaptativo às necessidades de caracterização de bacias hidrográficas / José Carlos Mota. – Campina Grande, 2012.  
233 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Fadlo Curi.

Referências.

1. Sistema de Informação. 2. Metrologia. 3. Bacia Hidrográfica. 4. Indicadores. 5. Recursos Hidricos. I. Título.

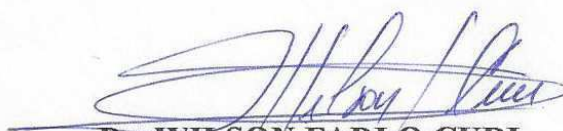
CDU 504.453 (043)

JOSÉ CARLOS MOTA

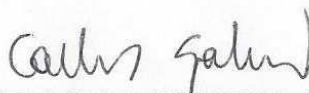
UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES ADPTATIVOS AS NECESSIDADES DE  
CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

APROVADA EM: 13/08/2012

BANCA EXAMINADORA



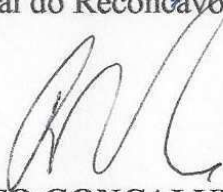
**Dr. WILSON FADLO CURI**  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dr. CARLOS DE OLIVEIRA GALVÃO**  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dr. PAULO ROMERO GUIMARÃES SERRANO DE ANDRADE**  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB



**Dr. JOSÉ ROBERTO GONÇALVES DE AZEVEDO**  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE



**Dr. CAMILO ALLYSON SIMÕES DE FARIAS**  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

# DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Manuel (*in memoriam*) e Josete.

Aos meus filhos, Viktor e Ana Luiza.

À minha esposa Mércia.

Às minhas irmãs, Socorro, Marinalva e Marileide.

DEDICO.

# AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e inteligência.

Aos meus pais pela sabedoria.

A minha esposa Mércia pelo incentivo.

Ao prof. Wilson pela excelente orientação.

A todos os professores que direta ou indiretamente contribuíram para esta tese.

A todos os colegas por tudo.

A UEPB pelo apoio e incentivo.

MUITO OBRIGADO!

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

.NET	.....dotNet – Framework desenvolvido pela Microsoft para a Internet
Ajax	.....Asynchronous Javascript and XML
API	.....Aplicação Program Interface
Applets	.....miniaplicação em linguagem JavaScript
BD	.....Base de dados
BEA	.....Empresa americana de desenvolvimento de sistemas
BH	.....Bacia Hidrográfica
C	.....Linguagem de programação criada junto do sistema UNIX
C#	.....Linguagem orientada a objetos de propriedade da Microsoft
C++	.....Linguagem de programação orientada a objetos
CDC	.....Connected Device Configuration
CDDL	.....Common Development and Distribution License
CGS	.....centímetro, grama e segundo
CISDERGO	..... <i>Cropping and Irrigation System DEsign with Reservoir and Groundwater (Optimal) Operation</i>
CLDC	.....Connected Limited Device Configuration
CSS	.....Cascading Style Sheets
CVS	.....Concurrent Version System
DAO	.....Data Access Object
DOM	.....Document <i>Object Model</i>
EJB	.....Enterprise JavaBeans
ERP	.....Enterprise Resource Planning
ETO	.....Evapotranspiração de Referência
ETP	.....Evapotranspiração Potencial
FTP	.....File Transfer Protocol
GET	.....Método do protocolo HTTP
GIS	.....Geographic Information System
GOTA	.....Grupo de Otimização Total da Água
GPL	.....General Public License
Groovy	.....Linguagem de programação orientada a objetos
Hibernate	.....Framework para o mapeamento objeto-relacional

HQL	.....Hibernate Query Language
HTML	.....HyperText Markup Language
HTTP	.....Hyper Text Transfer Protocol
HTTPS	.....Hypertext Transfer Protocol, Secure
IBM	..... International Business Machines
IDE	.....Integrated Development Environment
IQA	.....Índice de Qualidade de Água
J2EE	.....Java 2 Enterprise Edition
J2ME	.....Java 2 Micro Edition
J2SE	.....Java 2 Standard Edition
JAAS	.....Java Authentication and Authorization Service
JAF	..... <i>Java</i> Activation Framework
JAR	..... <i>Java</i> ARchive
JavaBeans	.....Componentes de software escritos na linguagem JAVA
Javascript	.....linguagem de script utilizada na web
JAXP	.....Java Api for Xml Processing
JAX-WS	.....Java API for XML Web Services
JBOSS	.....Aplicação de código fonte aberto baseado em J2EE
JCP	.....Java Community Process
JDBC	.....Java Database Connectivity
JMaki	.....Plugin do Eclipse
JMS	.....Java Messaging System
JMX	..... <i>Java Management Extensions</i>
JNDI	.....Java Naming and Directory Interface
JPA	.....Java Persistence API
JSF	.....JavaServer Faces
JSP	.....Java Server Pages
JSTL	..... <b>Java Server Pages Standard Tag Library</b>
JTA	.....Java Transaction API
MacOS	.....Macintosh Operating System
MATLAB	.....MATrix LABoratory
MIDP	.....Mobile Information Device Profile
MIME	.....Multipurpose Internet Mail Extensions
MKS	.....metro–kg (quilograma)–segundo



MVC	.....Model View Controller
MySQL	.....Banco de dados
ORACLE	.....Banco de dados
ORNAP	.....Optimal Reservoir Network Analysis Program
OSGi	.....Open Services Gateway Initiative
PDA	.....Personal Digital Assistant
PHP	.....Personal Home Page
POST	.....Método do protocolo HTTP
RMI	.....Remote Method Invocation
Ruby	.....Linguagem de programação
Servlet	.....Miniaplicação em Java para web
SGBDR	.....Sistema de Gerência de Banco de Dados
SI	.....Sistema de Informações
SIG	.....Sistema de Informação Geográfica
SOA	..... <i>Service Oriented Architecture</i>
Solaris	.....Sistema Operacional
SQL	.....Structured Query Language
SSD	.....Sistema de Suporte a Decisão
Struts	.....Controlador da aplicação correspondente ao “C” do MVC
SUN	.....Empresa americana detentora do JAVA
SVN	.....Sistema de controle de versão
TOMCAT	.....É um servidor web Java (container de servlets)
ToolKit	.....kit de ferramentas
UI	..... <i>User Interface</i>
UML	.....Unified Modelling Language
WEB	.....World Wide <i>Web</i>
WSDL	.....Web Services Description Language
WSIT	.....Web Services Interoperability Technologies
XHTML	.....EXtensible HyperText Markup Language
XML	.....eXtensible Markup Language
XSLT	.....Extensible Stylesheet Language Transformation

# Um Sistema de Informações Adaptativo às Necessidades de Caracterização de Bacias Hidrográficas

## R E S U M O

O desenvolvimento sustentável é o grande paradigma do desenvolvimento humano nos dias atuais. Por isso, novas metodologias para o planejamento e gerenciamento de sistemas, em especial os de recursos hídricos, devem ser desenvolvidas, assim como novas formas de avaliação do desempenho destes sistemas, que não se restringem mais a pura avaliação econômica, mas, também, a sustentabilidade sócio-ambiental. Deste modo, sistemas de informações são de suma importância para ajudar a tomada de decisões quanto ao planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, principalmente no sentido de melhorar as informações fornecidas por sistemas deste tipo, como: gráficos, imagens, tabelas, diagnósticos, etc.. Portanto, o objetivo desta tese foi desenvolver um sistema de informações adaptativo, que pode ser acessado via Internet, composto da interface do usuário, da base de dados estruturados segundo conceitos de metrologia e de uma série de cálculos relativos à caracterização de bacias hidrográficas. Estes cálculos dizem respeito ao relevo, declividade, curvas de permanência, indicadores, etc., que podem ser visualizados através de tabelas e gráficos para ajudar a melhor compreender o sistema facilitando o processo da tomada de decisões. O SI aqui desenvolvido foi projetado como uma aplicação da web que utiliza navegadores da Internet como: Google Chrome, Mozilla Firefox, Safari, entre outros. O desenvolvimento do sistema foi feito utilizando-se de softwares livres. A interface do sistema foi desenvolvida usando a plataforma Java, que inclui o Java Server Faces, Java Server Pages, XML, Html, Ajax, entre outros. A base de dados utiliza o PostgreSQL como gerenciador de Banco de Dados, onde foram criadas uma série de tabelas interligadas através de chaves primárias e estrangeiras, que contém os principais dados como: Cadastro de Usuários, Municípios, Instituições, Rios, Bacias, Subbacias, Estações de Medição, Irrigação, Culturas, Perímetros, Unidades de Medidas, Reservatórios, entre outros. O software desenvolvido para a manipulação e atualização de tabelas, dados e tipos dos dados, permite ao usuário realizar as tarefas de renomear campos, incluir novos campos, eliminar campos, criar novas tabelas, eliminar tabelas, renomear tabelas, entre outros, que auxiliam a equipe de desenvolvimento do projeto e a manutenção futura do sistema.

**Palavras-chave:** Sistema de Informação, Metrologia, Bacia Hidrográfica, Indicadores, Recursos Hídricos.

# **An Adaptive Information System Needs of Watershed Characterization**

## **A B S T R A C T**

Sustainable development is the great paradigm of human development today. Therefore, new methodologies for system planning and management, and especially for water resources, should be developed, as well as new ways of evaluating the performance of these systems, which are no longer limited to pure economic evaluation, but are also aimed toward social and environmental sustainability. Thus, information systems are of paramount importance to help decision making regarding the planning and management of water resources, mainly to improve the information provided by such systems, such as: graphics, images, tables, diagnostics, etc. Therefore, the purpose of this thesis was to develop an adaptive information system, which can be accessed via the Internet, consisting of the user interface, database structured according to metrology concepts and a series of calculations for watershed characterization. These calculations relate to topography, slope, retention curves, indicators, etc., which can be viewed through tables and graphs to help better understand the system, facilitating the process of decision making. The SI developed here was designed as a web application that uses Internet browsers such as Google Chrome, Mozilla Firefox, Safari, and others. The development of the system was performed by using free software. The system interface was developed using the Java platform, including Java Server Faces, Java Server Pages, XML, Html, Ajax, among others. The database uses PostgreSQL as the database manager, and created a series of tables linked through primary and foreign keys which contain the main data such as User Registration, municipalities, institutions, Rivers, Basins, Sub-basins, Measurement Stations, Irrigation, Crops, Perimeters, Units of Measurement, reservoirs, among others. The software developed for manipulating and updating tables, data, and data types allows the user to perform the tasks of renaming fields, adding new fields, deleting fields, creating new tables, deleting tables, renaming tables, among others, which help the development team of the project and the future maintenance of the system.

**Keywords:** Information Systems, Metrology, Watershed Indicators, Water Resources.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	<i>Alguns componentes envolvidos na análise de Sistemas de Recursos Hídricos (CURI &amp; CURI, 2008).....</i>	9
Figura 2.2.	<i>Integração entre os principais componentes para o planejamento dos Recursos Hídricos (CURI &amp; CURI, 2008).....</i>	10
Figura 2.3.	<i>Representação de um sistema como uma rede de fluxo (PORTO &amp; AZEVEDO, 2002)</i>	14
Figura 2.4.	<i>Exemplos de funções objetivo em Recursos Hídricos (CURI &amp; CURI, 2008)</i>	20
Figura 2.5.	<i>Distribuição da água no Brasil (Fonte: Portal São Francisco).....</i>	24
Figura 2.6.	<i>Distribuição da água no Brasil por regiões. (Fonte: Portal São Francisco)...</i>	24
Figura 2.7	<i>Precipitação Efetiva (USDA- Soil Conservation Service).....</i>	33
Figura 2.8.	<i>Indicadores de Sustentabilidade (SUURLAND, 2008).....</i>	34
Figura 2.9.	<i>Triângulo de sustentabilidade (REGO NETO, 2003).....</i>	35
Figura 2.10.	<i>Estrutura Geral do Sistema de banco de dados (SILBERSCHATZ et al., 1999).....</i>	57
Figura 2.11.	<i>O processo de transformação de dados em informação (STAIR, 1998).....</i>	58
Figura 2.12.	<i>Componentes de um sistema de informação (STAIR, 1998).....</i>	59
Figura 2.13.	<i>Arquitetura básica Cliente/Servidor.....</i>	60
Figura 2.14.	<i>Arquitetura Cliente/Servidor em quatro camadas.....</i>	62
Figura 2.15.	<i>Imagem da classe “AbrirCommand”.....</i>	63
Figura 2.16.	<i>Imagem do diagrama de classes da “classe AbrirCommand” .....</i>	64
Figura 2.17.	<i>Estrutura do grau de problemas de decisão (MALCZEWSKI, 2009).....</i>	68
Figura 2.18.	<i>Modelo conceitual de um SSD (STAIR, 1998).....</i>	68
Figura 2.19.	<i>Subsistema de dados (SPRAGUE JR. &amp; WATSON, 1991).....</i>	69
Figura 2.20.	<i>Subsistema de Modelos (SPRAGUE JR. &amp; WATSON, 1991).....</i>	70
Figura 2.21	<i>Interface usuário/sistema (SPRAGUE JR. &amp; WATSON, 1991).....</i>	71
Figura 2.22	<i>Sistema Hidro administrado pela ANA (ANA, 2009).....</i>	73
Figura 2.23	<i>Estrutura de um SSD para sistemas de recursos hídricos no nível de bacia hidrográfica (BH) (CURI &amp; CURI, 2008).....</i>	77

Figura 2.24	<i>Características da Curva de Permanência.....</i>	78
Figura 3.1.	<i>Estrutura de um SSD para sistemas de recursos hídricos no nível de bacia hidrográfica (BH) (CURI &amp; CURI, 2008).....</i>	80
Figura 3.2.	<i>Esquema de funcionamento do SI-RIOSS.....</i>	84
Figura 3.3.	<i>Diagrama do cadastro de Bacias Hidrográficas.....</i>	84
Figura 3.4.	<i>Diagrama de funcionamento cadastral e uso de Subacias.....</i>	85
Figura 3.5.	<i>Diagrama de funcionamento cadastral de Rios.....</i>	86
Figura 3.6.	<i>Diagrama da declividade de rios.....</i>	86
Figura 3.7.	<i>Diagrama dos reservatórios cadastrados.....</i>	87
Figura 3.8.	<i>Diagrama para cálculo de indicadores.....</i>	87
Figura 3.9.	<i>Esquema da base de dados do SI-RIOSS.....</i>	89
Figura 3.10.	<i>Cadastro de dados da subacia.....</i>	90
Figura 3.11.	<i>Cadastro de dados do reservatório.....</i>	90
Figura 3.12.	<i>Cadastro de dados do solo.....</i>	91
Figura 3.13	<i>Cadastro de dados do custo de irrigação.....</i>	91
Figura 3.14	<i>Cadastro de dados da cultura.....</i>	92
Figura 3.15	<i>Cadastro de dados da unidade de produção agrícola.....</i>	92
Figura 3.16	<i>Cadastro de dados dos coeficientes das culturas.....</i>	93
Figura 3.17	<i>Cadastro de dados do perímetro.....</i>	93
Figura 3.18	<i>Possível estrutura organizacional de um BD para um SSD em sistemas de recursos hídricos (CURI &amp; CURI, 2008).....</i>	94
Figura 3.20	<i>Metrologia no SI-RIOSS.....</i>	95
Figura 3.21	<i>Tipos de unidades de medidas cadastradas.....</i>	97
Figura 3.22	<i>Diagrama dos tipos de unidades de medidas.....</i>	98
Figura 3.23	<i>Diagrama do cadastramento das unidades de medidas.....</i>	98
Figura 3.24	<i>Grupos das variáveis cadastradas.....</i>	99
Figura 3.25	<i>Funcionamento dos Grupos das variáveis.....</i>	99
Figura 3.26	<i>Tipos das variáveis cadastradas.....</i>	100

Figura 3.27	<i>Classes das variáveis cadastradas.....</i>	101
Figura 3.28	<i>Valores das classes cadastradas.....</i>	101
Figura 3.29	<i>Estações de Medição.....</i>	102
Figura 3.30	<i>Diagrama das Estações de Medição.....</i>	103
Figura 3.31	<i>Variáveis das Estações de Medição.....</i>	104
Figura 3.32	<i>Valores das Variáveis das Estações de Medição.....</i>	105
Figura 3.33	<i>Imagem da tela inicial do SSD via o browser Mozilla Firefox.....</i>	106
Figura 3.34	<i>Imagem da tela que deve ser selecionado um projeto.....</i>	107
Figura 3.35	<i>Visão geral do Netbeans no desenvolvimento do SI-RIOSS.....</i>	108
Figura 4.1.	<i>Visão Geral do Sistema (SSD).....</i>	119
Figura 4.2.	<i>Fluxo de operação do Sistema (SSD).....</i>	120
Figura 4.3.	<i>Plataforma J2EE com os serviços disponíveis (BOND, 2003).....</i>	123
Figura 4.4.	<i>Imagem de um possível servidor da Web (Adaptado de BOND, 2003).....</i>	123
Figura 4.5.	<i>A interface de uma aplicação rodando no servidor (JENDROCK et al. 2011).....</i>	125
Figura 4.6.	<i>Java Web Tratamento de Solicitação (JENDROCK et al. 2011).....</i>	126
Figura 4.7.	<i>Tela que exibe uma tabela e outros componentes (UI).....</i>	127
Figura 4.8.	<i>Tela de cadastro que exibe alguns componentes (UI).....</i>	127
Figura 4.9.	<i>Ciclo de Vida Padrão de Solicitação-resposta do JavaServer Faces (JENDROCK et al. 2011).....</i>	131
Figura 4.10.	<i>Ilustração da especificação do MVC.....</i>	133
Figura 4.11.	<i>Tela inicial do SSD RIOSS.....</i>	136
Figura 4.12.	<i>Tela de confirmação do usuário.....</i>	136
Figura 4.13.	<i>Seleção do projeto previamente criado pelo usuário.....</i>	137
Figura 4.14.	<i>Menu geral do RIOSS.....</i>	138
Figura 4.15.	<i>Cadastramento dos itens apresentados.....</i>	138
Figura 4.16.	<i>Consulta e alteração dos dados dos Municípios.....</i>	139

Figura 4.17.	<i>Edição dos dados cadastrais de um Município.....</i>	139
Figura 4.18.	<i>Dados cadastrais de Instituições.....</i>	140
Figura 4.19.	<i>Edição dos dados cadastrais de uma Instituição.....</i>	140
Figura 4.20.	<i>Dados cadastrais de alguns usuários.....</i>	141
Figura 4.21.	<i>Dados cadastrais da usuária “Ana Luiza”.....</i>	141
Figura 4.22.	<i>Dados cadastrais de solos.....</i>	142
Figura 4.23.	<i>Dados cadastrais do solo denominado “Solo1”.....</i>	142
Figura 4.24.	<i>Processamento da Precipitação Efetiva.....</i>	143
Figura 4.25.	<i>Seleção do tipo de gráfico, mês, ano e tipo do gráfico se mensal ou anual.....</i>	143
Figura 4.26.	<i>Gráfico gerado da Precipitação e Precipitação Efetiva em Linha3D.....</i>	144
Figura 4.27.	<i>Diagrama de algumas (tabelas) classes da base de dados do SI-RIOSS.....</i>	146
Figura 4.28.	<i>Diagrama das classes Pessoas e Documentos.....</i>	147
Figura 4.29.	<i>Diagrama das Classes de Instituições.....</i>	148
Figura 4.30.	<i>Diagrama das classes dos Municípios.....</i>	148
Figura 4.31.	<i>Diagrama das classes das Variáveis.....</i>	149
Figura 4.32.	<i>Diagrama das classes dos Estados e Logradouros.....</i>	149
Figura 4.33.	<i>Diagrama das classes de Bacias e Subacias.....</i>	150
Figura 4.34.	<i>Diagrama das classes dos Rios e seus Afluentes.....</i>	150
Figura 4.35.	<i>Diagrama das classes das estações de medição.....</i>	151
Figura 4.36.	<i>Diagrama das classes referentes aos dados do solo.....</i>	152
Figura 4.37.	<i>Arquitetura do Hibernate. Adaptado de KING et al. (2011).....</i>	153
Figura 4.38.	<i>Exemplo de uso do DAO.....</i>	154
Figura 5.1.	<i>Tela inicial da aplicação.....</i>	156
Figura 5.2.	<i>Tela que permite a alteração dos dados de uma tabela selecionada.....</i>	157
Figura 5.3.	<i>Permite a modificação estrutural de uma tabela selecionada.....</i>	158
Figura 5.4.	<i>Permite à adição de uma tabela a base de dados.....</i>	159
Figura 5.5.	<i>Permite a eliminação de uma tabela selecionada.....</i>	160

Figura 6.1.	<i>Opções de cadastramento de dados Metrológicos.....</i>	162
Figura 6.2.	<i>Tabela que contém os dados de tipos de unidades de medidas.....</i>	163
Figura 6.3.	<i>Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo “Área”.....</i>	164
Figura 6.4.	<i>Tabela do grupo de variáveis cadastradas.....</i>	165
Figura 6.5.	<i>Tabela dos tipos das variáveis cadastradas.....</i>	166
Figura 6.6.	<i>Tabela das classes das variáveis cadastradas.....</i>	166
Figura 6.7.	<i>Tabela dos valores das classes das variáveis cadastradas.....</i>	167
Figura 6.8.	<i>Tabela das estações de medição.....</i>	168
Figura 6.9	<i>Diagrama de Fluxo de Operações das Estações de Medições.....</i>	168
Figura 6.10	<a href="http://www.dnocs.gov.br/barragens/boqueirao/boqueirao.htm">http://www.dnocs.gov.br/barragens/boqueirao/boqueirao.htm</a>	169
Figura 6.11.	<i>Tabela das variáveis das estações de medição (evaporação e precipitação....</i>	170
Figura 6.12.	<i>Tabela das variáveis das estações de medição (evaporação).....</i>	171
Figura 6.13.	<i>Tabela das variáveis das estações que permite o acesso a criação do gráfico (evaporação).....</i>	172
Figura 6.14.	<i>Gráfico dos valores das variáveis da estação de medição (evaporação).....</i>	173
Figura 6.15.	<i>Tabela das variáveis das estações de medição (precipitação).....</i>	174
Figura 6.16.	<i>Tabela dos valores da variável da estação de medição (precipitação).....</i>	174
Figura 6.17.	<i>Tabela das variáveis das estações que permite o acesso a criação do gráfico (precipitação).....</i>	176
Figura 6.18.	<i>Gráfico dos valores das variáveis da estação de medição (precipitação).....</i>	177
Figura 6.19.	<i>Estação de Qualidade de Água de Boqueirão.....</i>	179
Figura 6.20.	<i>Variáveis da Estação de Boqueirão de Qualidade de Água.....</i>	179
Figura 6.21.	<i>Valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio.....</i>	180
Figura 6.22.	<i>Gráfico da Demanda Bioquímica de Oxigênio.....</i>	180
Figura 6.23.	<i>Gráfico do Oxigênio dissolvido.....</i>	181
Figura 6.24.	<i>Gráfico do Potencial Hidrogeniônico (Boqueirão).....</i>	181
Figura 6.25.	<i>Gráfico de Nitrogênio (Boqueirão).....</i>	182
Figura 6.26.	<i>Gráfico de Coliformes Termotolerantes Boqueirão.....</i>	182



Figura 6.27.	<i>Gráfico de Fósforo Total (Boqueirão)</i> .....	183
Figura 6.28.	<i>Gráfico da Turbidez (Boqueirão)</i> .....	183
Figura 6.29.	<i>Gráfico da Temperatura da Água (Boqueirão)</i> .....	184
Figura 6.30	<i>Botões para calcular o Índice da Qualidade de Água</i> .....	185
Figura 6.31.	<i>Valores do Índice de Qualidade de Água (Boqueirão)</i> .....	186
Figura 6.32.	<i>Gráfico do índice IQA (Índice da Qualidade de Água)</i> .....	186
Figura 6.33	<i>Estação de medição cadastrada sobre o Rio Paraíba</i> .....	188
Figura 6.34.	<i>Estação de medição cadastrada sobre o Rio Paraíba</i> .....	188
Figura 6.35.	<i>Variáveis cadastradas da Estação de medição do Rio Paraíba</i> .....	189
Figura 6.36.	<i>Gráfico da variável “Condutividade elétrica”</i> .....	189
Figura 6.37.	<i>Gráfico da variável “Potencial Hidrogeniônico”</i> .....	190
Figura 6.38.	<i>Gráfico da variável “Salinidade”</i> .....	190
Figura 6.39.	<i>Gráfico da variável “Sólido Dissolvido Total”</i> .....	191
Figura 6.40.	<i>Gráfico da variável “Turbidez”</i> .....	191
Figura 6.41	<i>Gráfico da Curva de Permanência de Coliformes Fecais do Açude de Boqueirão</i> .....	193
Figura 6.42	<i>Gráfico da Curva de Permanência do Parâmetro DBO do Açude de Boqueirão</i> .....	193
Figura 6.43	<i>Gráfico da Curva de Permanência do Parâmetro OD do Açude de Boqueirão</i> .....	194
Figura 6.44	<i>Gráfico da Curva de Permanência do Parâmetro pH do Açude de Boqueirão</i>	194
Figura 6.45	<i>Calcular indicadores</i> .....	195
Figura 6.46	<i>Índices e Indicadores da Bacia do Reservatório de Boqueirão</i> .....	196
Figura 6.47.	<i>Representação de uma bacia hidrográfica (Fonte: Unicamp, 2011)</i> .....	197
Figura 6.48.	<i>Representação da forma de uma bacia hidrográfica</i> .....	197
Figura 6.49.	<i>Tela que permite acessar uma série de tabelas</i> .....	198
Figura 6.50.	<i>Tabela que contém os dados das Bacias cadastradas</i> .....	198
Figura 6.51.	<i>Tabela que contém os dados das Subacias cadastradas</i> .....	199

Figura 6.52.	<i>Declividades da subacia do Rio do Carmo.....</i>	199
Figura 6.53.	<i>Tabela de frequências.....</i>	200
Figura 6.54.	<i>Gráfico da distribuição de frequências das declividades (Rio do Carmo).....</i>	200
Figura 6.55.	<i>Dados do relevo da subacia do Rio Capivari.....</i>	201
Figura 6.56.	<i>Dados calculados do relevo da subacia (Rio Capivari).....</i>	202
Figura 6.57.	<i>Curva Hipsométrica (Rio Capivari.....</i>	202
Figura 6.58.	<i>Características físicas da subacia (Rio do Carmo).....</i>	203
Figura 6.59.	<i>Dados referentes aos rios cadastrados.....</i>	204
Figura 6.60.	<i>Declividades do rio cadastrado (Ribeirão Lobo).....</i>	205
Figura 6.61.	<i>Dados do perfil longitudinal do curso d'água.....</i>	205
Figura 6.62.	<i>Gráfico do perfil longitudinal.....</i>	206
Figura 6.63.	<i>Gráfico que representa os dados de cota, área e volume do Reservatório de Acauã.....</i>	207
Figura 6.64.	<i>Gráfico que representa os dados de cota, área e volume do Reservatório de Boqueirão.....</i>	208
Figura 6.65.	<i>Página de acesso a Precipitação e Evaporação.....</i>	209
Figura 6.66.	<i>Precipitação cadastrada para o Projeto I.....</i>	210
Figura 6.67.	<i>Página que permite a seleção dos dados para cálculo da Necessidade Líquida.....</i>	210
Figura 6.68.	<i>Botões para cálculo da PE, ETO, ETP, NL, (Tabelas e Gráficos) etc.....</i>	211
Figura 6.69.	<i>Precipitação Efetiva em mm/mês.....</i>	211
Figura 6.70.	<i>Gráfico da Necessidade Líquida da cultura (Feijão) em 1981.....</i>	212
Figura 6.71.	<i>Cálculo das diversas variáveis PE, ETO, ETP, NL, (Tabelas e Gráficos) etc...</i>	213
Figura 6.73a.	<i>Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo "Comprimento".....</i>	228
Figura 6.73b.	<i>Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo "Densidade".....</i>	228
Figura 6.73c.	<i>Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo "Massa".....</i>	229
Figura 6.73d.	<i>Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo</i>	229

	<i>“Meteorológica”</i> .....	
Figura 6.73e.	<i>Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo “Qualidade de Água”</i> .....	230
Figura 6.73f.	<i>Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo “Velocidade”</i> .....	230
Figura 6.73g.	<i>Cadastro de Município</i> .....	231
Figura 6.73h.	<i>Cadastro de Instituição</i> .....	231
Figura 6.73i.	<i>Cadastro de Irrigação</i> .....	232
Figura 6.73j.	<i>Cadastro de Solo</i> .....	232
Figura 6.73k.	<i>Cadastro de Subacia</i> .....	233

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1.	Bacias Rurais (Tucci, 2004).....	31
Tabela 2.2.	Bacias Urbanas e Suburbanas (Tucci, 2004).....	31
Tabela 2.3.	Características entre as tabelas 2.2 3 e 2.3 (Tucci, 2004).....	32
Tabela 2.4	Parâmetros de qualidade da água do IQA e seu respectivo peso (PQA, 2011).....	42
Tabela 2.5.	Faixas que determinam a qualidade de água (PQA, 2011).....	43
Tabela 6.1.	Lâmina evaporada média mensal do reservatório de Boqueirão (mm/mês) (AESAs, 2008, citado por Alencar, 2009).....	168
Tabela 6.2.	Precipitação média mensal dos reservatórios Boqueirão, Aroeiras e Cabaceiras (AESAs, citado por Santos, 2019).....	171
Tabela 6.3.	Dados de qualidade de água do Açude de Boqueirão (AESAs, 2009).....	173
Tabela 6.4.	Dados de qualidade de água do Rio Paraíba (AESAs, 2009).....	182
Tabela 6.5.	Dados de cota, área e volume do Reservatório de Acauã (AESAs).....	201
Tabela 6.6.	Dados de cota, área e volume do Açude de Boqueirão (AESAs).....	202

# ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	v
AGRADECIMENTOS.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	vii
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABELAS.....	xx
1. APRESENTAÇÃO.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo Geral.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. Componentes de um Sistema.....	7
2.1.1. Modelo de um Sistema.....	8
2.2. Análise de Sistemas em Recursos Hídricos.....	8
2.1.1. Modelo de Simulação.....	10
2.2.2. Modelo de Otimização.....	11
2.2.2.1. Programação Linear.....	12
2.2.2.2. Modelo de Rede de Fluzo.....	13
2.2.2.3 Programação não Linear.....	14
2.2.2.4 Programação Dinâmica.....	16
2.2.2.5 Otimização Multiobjetivo.....	18
2.2.2.6 Análise Multicritério.....	20
2.3. Bacia Hidrográfica.....	22
2.3.1. Caracterização de uma Bacia Hidrográfica.....	25
2.3.1.1. Sistema de Drenagem de uma Bacia Hidrográfica.....	25
2.3.1.2. Relevo da Bacia Hidrográfica.....	26
2.3.1.3.1. Curva Hipsométrica.....	27
2.3.2.3.2. Declividade do Leito ou Álveo D'água Principal.....	27
2.4. ETP e ETO.....	28
2.4.1. Evapotranspiração de Referência (ETO).....	29
2.4.2. Evapotranspiração Potencial (ETP).....	29
2.4.3. Escoamento Superficial.....	29
2.4.4. Necessidade Líquida.....	32
2.5. Indicadores.....	33
2.5.1. Índices de Sustentabilidade (Hashimoto).....	37
2.5.2. Índices referentes aos afluxos.....	38
2.5.3. Indicadores de Eficiência Associados aos Reservatórios.....	39
2.6. Indicadores de Qualidade de Água.....	42
2.6.1. Parâmetros do Indicador de Qualidade de Água.....	44
2.6.1.1. Coliformes Termotolerantes.....	44
2.6.1.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	45
2.6.1.3. Fósforo Total.....	46
2.6.1.4. Nitrogênio Total.....	46

2.6.1.5. Oxigênio Dissolvido.....	47
2.6.1.6. Potencial Hidrogeniônico (pH).....	49
2.6.1.7. Sólidos Totais.....	50
2.6.1.8. Temperatura da Água.....	51
2.6.1.9. Turbidez.....	52
2.7. Sistemas de Banco de Dados.....	53
2.7.1. Linguagem de Definição de Dados.....	55
2.7.2. Linguagem de Manipulação de Dados.....	55
2.7.3. Visão Geral da Estrutura do Sistema de Banco de Dados.....	55
2.8. Conceitos de Dados e Informação.....	57
2.9. Sistemas de Informação.....	58
2.10. Arquitetura Cliente/Servidor.....	59
2.10.1. Modelo em duas camadas.....	61
2.10.2. Modelo em três camadas.....	61
2.10.3. Modelo em quatro camadas (utilizado neste trabalho).....	61
2.11. Sistemas orientados a objetos.....	62
2.11.1. Classes.....	63
2.11.2. Encapsulamento.....	63
2.11.3. Herança.....	64
2.11.4. Polimorfismo.....	64
2.11.5. Padrões de Projeto.....	65
2.11.5.1. Padrões de criação.....	66
2.11.5.2. Padrões Estruturais.....	66
2.11.5.3. Padrões Comportamentais.....	67
2.12. Sistemas de Suporte a Decisão - SSD.....	67
2.12.1. Componentes de um SSD.....	68
2.13. Sistemas de Suporte a Decisão em Recursos Hídricos.....	71
2.13.1. SSD's Disponíveis para Aplicações.....	72
2.14. Curva de Permanência.....	77
3. METODOLOGIA.....	79
3.1. Arquitetura do Sistema de Suporte a Decisão.....	79
3.2. Modelagem do Processo.....	80
3.3. Prototipagem de Software.....	81
3.4. Tecnologias utilizadas no SI-RIOSS.....	81
3.5. Atividades e funcionalidades do SI-RIOSS.....	83
3.6. Base de Dados.....	88
3.7. Metrologia no SI-RIOSS.....	95
3.7.1. Grandezas.....	96
3.8. Características da Interface do SI-RIOSS.....	105
3.8.1. Frameworks utilizados na Interface.....	107
3.9. IDE NetBeans.....	107
3.9.1. Características do Netbeans.....	109
3.9.2. Recursos do Netbeans.....	109
3.9.3. Empresas que usam o Netbeans.....	110
3.10. Servidor de Aplicação WEB Glassfish.....	110
3.10.1. Suporte para Perfis Java EE.....	111
3.10.2. Desenho Modular.....	111

3.10.3. Integração da Ferramenta de Atualização.....	112
3.10.4. Suporte para Linguagens de Script.....	112
3.10.5. Serviços Web com Suporte para Tecnologias de Interoperabilidade (WSIT).....	112
3.11. Gerenciador de Banco de Dados PostgreSQL.....	113
3.11.1. Características do PostgreSQL.....	114
3.12. Modelos de Simulação e Otimização.....	116
4. Sistema de Suporte a Decisão - RIOSS.....	118
4.1. Visão Geral do Sistema.....	118
4.2. Interface do RIOSS.....	120
4.2.1. Tecnologia Java.....	120
4.2.2. JavaServer Faces.....	124
4.2.2.1. Benefícios da Tecnologia JavaServer Faces.....	125
4.2.2.2. Aplicações Web.....	126
4.2.2.3. Modelo de Componente da interface do usuário.....	126
4.2.2.4. Modelo de Conversão.....	128
4.2.2.5. Modelo de Evento e Ouvinte.....	129
4.2.2.6. Modelo de Validação.....	130
4.2.2.7. Modelo de Navegação.....	130
4.2.2.8. Beans de apoio (Backing Beans).....	130
4.2.2.9. O Ciclo de Vida de uma Página JSF.....	131
4.2.2.10. Fase de Visão de Restauração.....	132
4.2.3. MVC.....	132
4.2.4. Ajax.....	134
4.2.5. Principais telas do RIOSS.....	135
4.2.6. Internacionalização do sistema RIOSS.....	144
4.3. Especificação e Implementação da Base de Dados.....	145
4.3.1. Persistência dos dados e Hibernate.....	152
4.3.2. DAO (Data Access Object).....	154
4.4. Especificação dos Modelos.....	154
5. Ferramenta de Suporte a Banco de Dados.....	156
6. Resultados e Discussão.....	161
6.1. Metrologia.....	161
6.1.1. Evaporação e Precipitação do Açude de Boqueirão.....	169
6.1.2. Qualidade de Água do Açude de Boqueirão.....	177
6.1.2.1. IQA (Índice de Qualidade de Água) do Açude de Boqueirão.....	184
6.1.3. Qualidade de Água do Rio Paraíba.....	187
6.1.4. Curva de Permanência.....	192
6.1.5. Índices e Indicadores.....	195
6.2. Bacia Hidrográfica.....	196
6.3. Precipitação e Evaporação.....	209
7. Conclusões e Perspectivas Futuras.....	214
7.1. Conclusões.....	214
7.2. Perspectivas Futuras.....	216
8. Referências.....	218
Apêndice 1 Imagens cadastrais de uma série de tipos de dados.....	228

# Capítulo 1

## 1. APRESENTAÇÃO

### **1.1. Introdução**

Os recursos hídricos vêm sofrendo, ao longo dos anos, intensa pressão antrópica devido ao aumento populacional e desenvolvimento econômico que implica no incremento das demandas de diluição de esgotos, ecológicas, abastecimento humano e industrial, dessedentação de animais, geração de energia elétrica, irrigação, navegação, lazer, mineração, dentre outras. Este processo tem causado uma utilização crescente e descontrolada das águas superficiais e subterrâneas para atender estes múltiplos usos, levando a escassez ou degradação destes recursos no meio ambiente. O desequilíbrio causado no meio ambiente resulta em perdas que são, muitas vezes, irreversíveis ao homem e à natureza e, por isso, a água e energia, tornando a gestão dos recursos hídricos em termos de gestão dos recursos hídricos, vêm cada vez mais, em um elemento de grande desafio para a humanidade.

No Brasil, a Lei Federal 9.433/97 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 2006) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Entre os principais avanços quanto à gestão de recursos hídricos podem ser destacados aspectos como a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento e a gestão de recursos hídricos deve ser descentralizada e participativa. Além disso, ficaram estabelecidas diretrizes para cobrança (água como bem finito e limitado, dotado de valor econômico) e outorga da água, o enquadramento dos recursos hídricos (qualidade da água) e a criação do sistema nacional de informação. Passados treze (13) anos da instituição da lei das águas do Brasil, a quase totalidade dos estados brasileiros já criou seus sistemas estaduais de recursos, onde existem mais de uma centena de comitês de bacias hidrográficas no país, com mais de trinta consórcios intermunicipais de bacias hidrográficas e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos já deliberou mais de cinquenta resoluções voltadas ao tema.

No entanto, a gestão integrada do uso, controle e conservação das águas e meio ambiente envolve a consideração de uma grande diversidade de objetivos (econômicos, ambientais, sociais, etc.), usos (irrigação, geração de energia, abastecimento, etc.) e alternativas (LANNA, 1997). O



planejamento e gerenciamento desses sistemas estão associados, geralmente, a investimentos de grande porte; vários tipos de decisores com diferentes pontos de vista (autoridades federais, estaduais e municipais; empresas comerciais ou industriais, companhias de eletricidade e saneamento, populações urbanas e rurais, etc.); diferentes usos consuntivos (abastecimento urbano e rural, agricultura irrigada, pecuária, indústrias, etc.) e não consuntivos (geração de energia, piscicultura, navegação, etc.); dinamismo ao longo da vida útil; diferentes características técnicas (implantação, operação e manutenção); necessidade de planejamento e políticas de implantação, operação e manutenção de longo prazo; diferentes formas de julgamentos (econômicos, sociais, ambientais, técnicos, políticos, legais, institucionais, etc.), métricas de julgamento (quantitativa ou qualitativa) e ordem de grandeza (valores pequenos e grandes); aspectos operacionais (físicos, legais, ambientais, sociais, etc, capacidades, prioridades de uso, falhas no atendimento, etc.); existência de conflitos e, incertezas de diversas naturezas.

Portanto, a adequação de cada possível tomada de decisão, quer seja relativa aos aspectos operacionais ou de intervenções físicas ou econômicas ou, ainda, de uma combinação destes, deve ser feita levando-se em conta seus aspectos dinâmicos qualitativos e quantitativos inerentes aos sistemas hídricos, além dos diferentes pontos de vista de decisores, com foco na gestão participativa, como previsto pela Lei Federal 9433/97. Para atingir este objetivo é necessário que se leve em consideração, além dos aspectos físicos, a quantificação, em termos de índices ou indicadores, para efeitos comparativos, dos aspectos sócio-econômicos, ambientais e operacionais na forma de um planejamento integrado considerada de reservas hídricas de todas as disponibilidades e demandas. Para isso, faz-se necessário a utilização de sistemas de informação de modelos matemáticos apropriados e até de sistemas de suporte a decisão.

O Artigo 25 da Lei Federal 9.433/97 define, como um dos seus instrumentos de gestão, o SNIRH (Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos), caracterizando-o como sendo um “sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos e fatores intervenientes em sua gestão”, e que “os dados gerados pelos órgãos integrantes do SINGREH serão incorporados ao SNIRH”. Os princípios básicos do SNIRH, citados no art. 26 da mesma lei, compreendem a descentralização da obtenção e produção de dados e informações, a coordenação unificada do sistema e o acesso aos dados e informações garantidos a toda a sociedade. Assim, conforme o Art. 27/Lei 9433, os objetivos do SNIRH são: reunir, organizar, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil; atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional; e fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de

Recursos Hídricos. Estes virão, ainda, dar subsídios ao enquadramento, à outorga dos direitos de uso e a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Neste sentido, espera-se que o SNIRH não seja apenas um instrumento para coleta, armazenamento e disseminação de dados, mas também um forte instrumento para ajudar nos processos decisórios em sistemas de recursos hídricos. Dentro deste contexto, estes dados podem ser usados para estabelecer ou gerar índices e indicadores sócio-econômicos, ambientais e operacionais, obtidos via operadores simples ou complexos (modelos) que possam atuar sobre os dados disponíveis. Espera-se que a informação a ser fornecida promova o entendimento do que seria a sustentabilidade do sistema em termos da minimização dos potenciais conflitos oriundos da gestão da oferta (preservação da potencialidade e aumento da disponibilidade de recursos hídricos) e da demanda (minimização do desperdício ou da poluição das águas superficiais e subterrâneas).

Uma das atribuições da (Agência Nacional de Águas) ANA, é promover a coordenação das atividades desenvolvidas no âmbito da criação de uma Rede Hidrometeorológica Nacional. Do esforço da ANA e sua articulação com órgãos e entidades públicas e privadas nasceu o sistema HIDRO, com a finalidade de substituir o antigo banco de dados MSDHD da DNAEE/ANEEL. A migração emergencial do MSDHD para o HIDRO teve como foco principal a recuperação das séries históricas armazenadas, sem considerar o desenvolvimento de uma nova estrutura de armazenamento capaz de atender as necessidades atuais do planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

Quanto aos modelos matemáticos ou numéricos, que visam melhor compreender os fenômenos associados aos processos inerentes aos sistemas de recursos hídricos e suas conseqüências, a análise de sistemas de recursos hídricos contempla as duas técnicas principais: a simulação e a otimização. A técnica de simulação, além de permitir fazer uma descrição matemática mais realística do sistema, permite, ainda, efetuar análises do comportamento do mesmo para longos períodos de tempo para diversos tipos de cenários. Fica evidente sua importância em termos da determinação de políticas de longo prazo. Por outro lado, o processo de otimização (considerado métodos 'hard') permite alocar de forma ótima as disponibilidades frente as suas demandas observando as restrições de ordem física, ambiental (inclusive com estabelecimento de vazões ecológicas), econômica, legal, etc..

Existem outros pontos importantes que devem ser destacados, como é o caso de se fazer uso de índices e indicadores, como os índices de Hashimoto e outros associados, que ajudam no processo da tomada de decisão, e os índices de qualidade de água que permitem os gestores de recursos hídricos, bem como a população em geral acompanhar os diversos usos dos recursos

hídricos. A caracterização de uma Bacia Hidrográfica se constitui em fator de fundamental importância que pode contemplar diversos dados, como: declividades, coeficiente de compacidade, densidade de drenagem, sinuosidade de um curso d'água, relevo, curva hipsométrica, entre outros.

Convém destacar que o conceito de desenvolvimento sustentável insere-se em diversas áreas e através de indicadores de sustentabilidade é possível medir o grau de sustentabilidade e indicar ordens de grandeza e até mesmo apontar medidas corretivas ou alternativas que revertam situações adversas. No que se referem às dimensões ecológicas e ambientais, os objetivos da sustentabilidade formam um verdadeiro tripé (VEIGA, 2005): a) Preservação do potencial da natureza para a produção de recursos renováveis; b) Limitação do uso de recursos não-renováveis; c) Respeito e realce para a capacidade de autodepuração dos ecossistemas.

Os indicadores sócio-econômicos, ambientais e operacionais não devem ser elementos estáticos, mas sim quantificações oriundas da síntese de várias informações que representam, além de permitirem compreender, a dinâmica das inter-relações entre a situação e a evolução dos recursos naturais em termos das pressões de natureza antrópicas. Dentro deste contexto, os indicadores podem ser classificados de várias formas. Uma das sistematizações, adotada pela OCDE, (1993), e que procura traduzir a dinâmica causa-efeito dos processos, é determinada por indicadores de Pressão – Estado – Resposta.

De acordo com Braga (2008), o processo da tomada de decisão para gestão de recursos hídricos envolve uma série de participantes agrupados em ambientes decisórios como exemplo nos comitês de bacias hidrográficas, conselhos de recursos hídricos e colegiados de usuários que tem como finalidade realizar várias rodadas de negociações visando à obtenção de consenso entre os vários objetivos envolvidos. Para isso, é importante o desenvolvimento de ferramentas computacionais que podem ser incorporados aos Sistemas de Suporte a Decisão (SSD) na busca de se conseguir uma avaliação mais realista que viabilize ações de análise e a gestão de sistemas de recursos hídricos principalmente de cunho social.

Pela literatura consultada, existem algumas tendências no que concerne a novas tecnologias que podem ser utilizadas para o desenvolvimento de sistemas de suporte a decisão, onde se destacam: os SSD's baseados em restrições; os SSD's baseados em aporte computacional; o paradigma do "soft computing"; SSD's corporativos; Data Warehouses; OLAP (On Line Analytical Processing); mineração de dados; heurísticas, entre outros. Carlsson e Turban (2002) apresentam um sistema um "panorama" dos Sistemas de Suporte a Decisão para a próxima década, onde é relatado uma grande interação com a Internet, focada em 4 pontos: (i) os métodos e instrumentos para resolver problemas não-estruturados e semi-estruturados; (ii) os sistemas interativos que

utilizam exaustivamente a Internet; (iii) os sistemas direcionados para o usuário final, os quais são ótimos para decisores e (iv) a separação de Dados e Modelos nas aplicações no qual promete gerar uma maior eficiência na modelagem.

O Grupo de Otimização Total da Água ([www.gota.eng.br](http://www.gota.eng.br)) vem realizando pesquisas relativos ao desenvolvimento de ferramentas para otimizar a alocação da água para múltiplos usos, quer seja em termos quantitativos quanto qualitativo. Para isso desenvolveu ferramentas computacionais, no ambiente MATLAB, como o Optimal Reservoir Network Analysis Program - ORNAP (CURI & CURI, 2001b; SANTOS et al, 2011b) e o Cropping and Irrigation Systema Design with Reservoir and Groundwater Operation - CISDERGO (CURI & CURI, 2001a; ALENCAR, 2009). A integração destes módulos de simulação e otimização quali-quantitativo, multi-objetivo e multi-usos de sistemas de águas superficiais em recursos hídricos passou a se chamar de Riverbasin Information and Operation Support System - RIOSS. Além disso, estudos sobre outorga de água, baseado em métodos multiobjetivos e multicriteriais, para incluir aspectos sócio-econômicos, físicos, ambientais e técnico-operacionais, foram desenvolvidos (RODRIGUES, 2007; SANTOS, 2009).

Mediante o exposto, este trabalho de tese tem como finalidade principal, contribuir para o aperfeiçoamento dos processos decisórios através da elaboração de um sistema de informações para o sistema de suporte a decisão RIOSS (SI-RIOSS) composto dos três módulos (base de modelos, base de dados e módulo de diálogos). A base de dados, desenvolvida em software livre PostgreSQL, foi estruturada para permitir armazenar diversos tipos de séries temporais de dados a fim de poder armazenar, classificar e analisar, quer seja através da definição de classes ou representações gráficas, assim como a geração de alguns índices e indicadores, as diversas variáveis que caracterizam os aspectos hidrológicos e sócio-econômicos, físicos, ambientais e técnico-operacionais de uma bacia hidrográfica. A base de dados visa lidar com séries de dados de bacias, (subbacias) hidrográficas, rios, dados institucionais, dados dos usuários, dados hidroclimáticos, dados de culturas, entre outros. O banco de modelos permite efetuar alguns cálculos como o cálculo do IQA (índice de qualidade de água). Já o módulo de diálogos da interface do SSD, tem como finalidade fornecer acesso aos usuários via Internet. A interface do usuário foi desenvolvida utilizando a plataforma Java (JSF, Ajax, JSP, Richfaces, XML, HTML, entre outros) que é um software livre e é usado em diversos projetos corporativos de diversas empresas nacionais e internacionais.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo Geral**

Desenvolvimento e implementação de um Sistema de Informações para acesso on-line via Internet, que permita cadastrar séries temporais envolvendo características sócio-econômicas, físicas, ambientais e técnico-operacionais em nível de bacia hidrográfica, entre outros, composto da Interface com o usuário, da Base de Dados permitindo ainda a geração de uma série de informações no formato de tabelas, classes e gráficos que permitam armazenar vários tipos de variáveis associadas a sistemas de recursos hídricos, podendo prover alguns cálculos referentes à caracterização de bacias hidrográficas e alguns índices e indicadores como o IQA (Índice de Qualidade de Água).

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

1. Elaboração da base de dados, incluindo conceitos de metrologia para melhor caracterizar os processos específicos e inerentes em recursos hídricos;
2. Codificação do sistema (escolha do banco de dados, das linguagens de programação, algoritmos, etc.) que melhor se adéquem ao sistema;
3. Elaboração e implementação da interface do SI-RIOSS;
4. Definição de novas formas ergonômicas e flexíveis de armazenamentos (estruturais) e de disponibilização (via textos, tabelas, gráficos, etc.) de dados espaço-temporais.
5. Desenvolvimento de uma ferramenta que permite o gerenciamento da base de dados do sistema SI-RIOSS de forma on-line.
6. Caracterização de uma bacia hidrográfica, através de dados de entrada e efetuar diversos cálculos.
7. Geração de gráficos e cálculos de índices e indicadores de Hashimoto, curva de permanência, IAP, IUD, IUP, IQA, entre outros.
8. Aumentar o alcance da coleta e disponibilização das informações através do uso de recursos computacionais para o ambiente WEB, elaborando uma interface amigável com a finalidade de permitir o acesso dos usuários ao sistema de informações (SI) e a elaboração e implantação da base de dados.
9. O armazenamento de dados no BD pode ser adaptável (podem ser criadas novas tabelas ON-LINE, por intermédio do usuário devidamente autorizado).

# Capítulo 2

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico são abordados os pontos referentes a projetos de sistemas de suporte a decisão que tem como objetivo contribuir para o processo da tomada de decisão. Os principais temas são: componentes de um sistema; os conceitos de dados e informações; os termos referentes à sustentabilidade e os diversos tipos de indicadores; caracterização de uma Bacia Hidrográfica envolvendo o cálculo de uma série de itens referentes a recursos hídricos; os conceitos e utilização de bancos de dados; a arquitetura Cliente/Servidor que foi utilizada no projeto; os termos referentes à modelagem e metodologia de sistemas orientados a objetos e os testes de sistemas. São tratados, ainda, os conceitos e usos de sistemas de suporte a decisão de maneira em geral e os sistemas aplicados aos recursos hídricos disponibilizados por empresas, órgãos governamentais, universidades e institutos de pesquisas; a análise de sistemas em recursos hídricos que favorece ao planejamento desses sistemas (que poderá ser implantado no futuro) em que são destacados os conceitos de programação linear, programação não linear e programação dinâmica e análises multiobjetivo e multicriterial.

### ***2.1. Componentes de um Sistema***

De acordo com STAIR (1998), um sistema é um conjunto de elementos ou componentes que interagem para se atingir um ou mais objetivos. Os componentes de um sistema operam de forma integrada visando um ou mais objetivos a serem buscados para a solução de problemas. Um sistema pode ser simples e visa atingir objetivos também simples, bem como, um sistema pode ser complexo em que seus componentes realizam tarefas complexas com a finalidade de solucionar problemas complexos.

De acordo com a literatura, os sistemas podem ser classificados, de acordo com uma série de visões; como: simples (possuem poucos componentes e suas interações são diretas) ou complexos (têm muitos componentes que são interconectados); abertos (interagem com o ambiente) ou fechados (não interagem com o ambiente); estáticos (são imunes às alterações ambientais) ou dinâmicos (sofrem mudanças rápidas constantes devido às mudanças no seu ambiente); adaptáveis (monitoram o ambiente e recebe modificações em respostas às mudanças no ambiente) ou não

adaptáveis (não são alterados com um ambiente mutável); e permanentes (são elaborados para existirem por longos períodos de tempo, geralmente em torno de 10 anos ou mais) ou temporários (não existirão por longos períodos de tempos).

### 2.1.1. MODELO DE UM SISTEMA

Um modelo é uma abstração ou uma aproximação que se utiliza para fazer a simulação do mundo real. Na antiguidade já se usavam modelos para tentar se representar os sistemas reais e atualmente usa-se modelos, só que existem muito mais recursos para aumentar a precisão com a finalidade de auxiliar os gestores no processo da tomada de decisão, em que em muitos casos seria muito perigoso e mesmo catastrófico fazer experimentos reais, como é o caso de se projetar usinas nucleares, experimentos em auto-fornos, experimentos na aviação, experimentos de contaminação de águas subterrâneas, entre outros. Para STAIR (1998), os modelos podem ser tipificados em: narrativos (são modelos descritos através de palavras, como exemplo: relatórios, conversações a respeito de um dado sistema, relatórios, etc.); físicos (são modelos em miniaturas – maquetes ou mesmo simulados em computador); esquemáticos (são modelos representados por gráficos, diagramas, figuras, mapas, etc.); e matemáticos (são representações aritméticas da realidade).

Na sequência, são abordadas as considerações sobre a análise de sistemas de recursos hídricos, as técnicas utilizadas para o planejamento e gerenciamento dos Recursos Hídricos que podem ser destacadas: modelos de simulação, modelos de otimização (programação linear e não linear); redes de fluxo; programação dinâmica; algoritmos evolutivos, análise multiobjetivo e sistemas de suporte a decisão. São referidos alguns modelos de Simulação e Otimização, muito embora ainda não estejam implementados no sistema SI-RIOSS, o que poderá ocorrer no futuro, mas justifica a busca de uma estrutura de dados que seja adaptável aos seus requerimentos.

## 2.2. Análise de Sistemas em Recursos Hídricos

A análise de sistemas em recursos hídricos consiste de técnicas para solucionar problemas complexos de Engenharia de Recursos Hídricos a partir da abordagem sistêmica. Uma abordagem sistêmica implica na decomposição de um problema maior em subproblemas menores, que, a exemplo de sistemas de recursos hídricos, conforme mostra a Figura 2.3, podem ser caracterizados e analisados a partir de elementos essenciais como: em informações, regras operacionais (onde incluem os aspectos de oferta e demanda de água e estruturas hídricas), modelos (que são representações simplificadas do sistema real). Os subproblemas são analisados individualmente e, posteriormente, interligados, normalmente via teoria dos grafos, para recompor o sistema. Dentro

deste conceito, nos pontos de interligação são aplicados, entre outros, os princípios de conservação de massa e de energia. Dado o tipo de problema, técnicas matemáticas e computacionais de simulação e otimização que mais se adéquam a solução do problema, são utilizadas, visando à promoção e alteração dos padrões qualitativos e quantitativos de oferta e demanda segundo certos objetivos desejados.

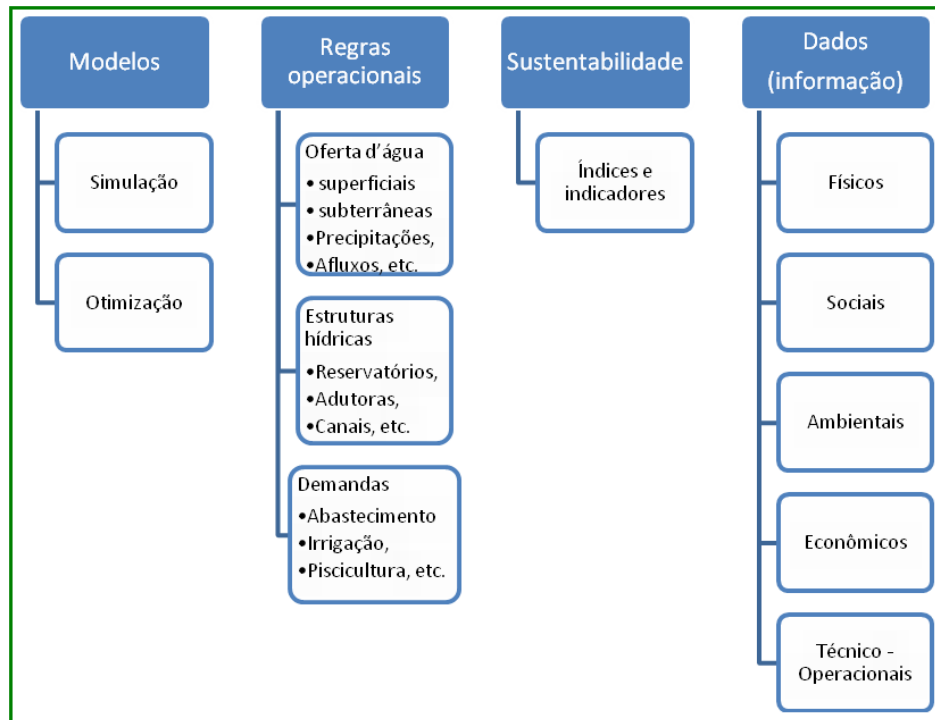


Figura 2.1. Alguns componentes envolvidos na análise de Sistemas de Recursos Hídricos (CURI & CURI, 2008)

Dado o fato que a água é um dos recursos naturais mais levados em conta nos últimos anos, uma vez que, devido a um mau gerenciamento, pode impactar seriamente o homem nos seus aspectos sócio-econômicos e ambientais, quer seja devido a sua escassez, bem como o seu excesso, quer seja em termos quantitativos ou qualitativos. Por conta desses fatos, a aplicação da análise sistêmica em sistemas de recursos hídricos, via a interconexão das partes que compõem o sistema (Figura 2.4), visa à compreensão dos processos e a busca da sua sustentabilidade, que é a meta principal a ser atingida, ou seja, visa à busca do bom desempenho, do equilíbrio, da equidade, da justiça social e econômica, além de preservar o meio ambiente.

Portanto, a complexidade da tomada de decisões por parte dos gestores dos Recursos Hídricos, decorrente tanto das diferentes possibilidades de suprimento como das demandas variáveis existentes, requer a interconexão de aspectos e estudos multidisciplinares:



- Sistemas de informação: proveem estruturas para armazenar, pré-processar e consultar uma grande quantidade de diferentes (grandezas, unidades, etc.) tipos de dados (distribuídos ou concentrados) e formas de aquisição;
- Modelos matemático-computacionais: simulação e otimização, etc.
- Modelos de otimização: servem para buscar o ótimo desempenho operacional, quer seja em termos de pontos operacionais ótimos (via programações linear, não linear, inteira, algoritmos evolutivos, etc.) ou escolha da melhor alternativa (métodos multicriteriais).

A Figura 2.4 ilustra a integração entre os principais componentes de um sistema voltado ao planejamento de recursos hídricos.

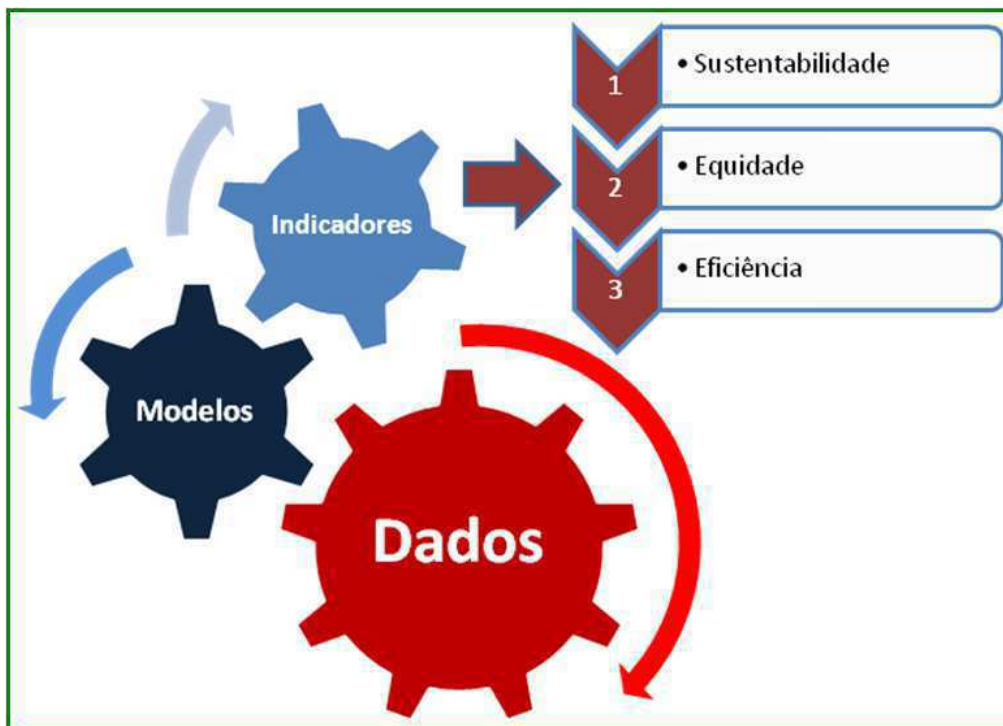


Figura 2.2. Integração entre os principais componentes para o planejamento dos Recursos Hídricos (CURI & CURI, 2008)

### 2.2.1. MODELO DE SIMULAÇÃO

A simulação corresponde ao emprego de técnicas matemáticas em computadores com o objetivo de “aproximar o comportamento”, ou seja, tenta representar um sistema físico e preservar seu comportamento dentro de determinadas condições como um processo ou operação do mundo real. Portanto, para se realizar uma simulação, é necessário construir um modelo computacional que corresponda à situação real que se deseja simular. Logo, a simulação pode ser empregada em um

dos seguintes problemas clássicos: para descrever o comportamento de um sistema (pode ser usada para mostrar como um sistema funciona, ao contrário de como se apareça como o mesmo funcione); quando experimentar é dispendioso (onde uma experiência real seria onerosa, e pode oferecer bons resultados sem a necessidade de grandes investimentos); quando experimentar não é adequado (situações que podem causar desastres, entre outros).

Neste modelo conhecem-se boa parte dos processos e as variáveis são determinadas via procedimentos que são realizados de forma sequencial no tempo e, muitas vezes, no espaço. Estes modelos são também recomendados para problemas que tem as seguintes características, conforme PORTO E AZEVEDO (2002):

- Simular períodos longos de tempo e, portanto, analisar o desempenho do sistema em termos de regras operacionais de longo prazo;
- As equações podem ser descritas de forma mais complexa e mais detalhada e, portanto, pode-se simular melhor o comportamento da realidade;
- As soluções são, geralmente, simples e diretas e, conseqüentemente, mais fáceis de implementar;
- Normalmente, exigem-se poucos recursos computacionais como memória, tempo de processamento, etc.

### 2.2.2. MODELO DE OTIMIZAÇÃO

Neste modelo podem ser utilizadas algumas técnicas matemáticas e computacionais entre, as quais podem ser destacadas: PL (Programação Linear); PNL (Programação Não Linear); PD (Programação Dinâmica). Para este modelo, conhecem-se a maioria dos processos, mas não se conhecem as variáveis de decisão, ou seja, podem existir inúmeras possíveis soluções. Portanto, os valores buscados para estas variáveis devem ser ótimos, ou seja, precisam ser determinados segundo alguma função objetivo que se deseja maximizar ou minimizar.

Este modelo é recomendado para problemas em que têm as seguintes características:

- Os objetivos são alcançados via uma busca da alternativa ótima;
- O sistema é descrito por muitas equações com suas variáveis, e em geral, devem ser todas resolvidas de forma simultânea (as soluções são, geralmente, atingidas de forma iterativa);
- Exige-se a execução de várias etapas de simulações no processo decisório, o que aumenta o tempo computacional para chegar-se a uma solução;

- As variáveis de decisão são determinadas e estão sob o controle do decisor, e tem influência na solução do problema de otimização;
- O que não se conhecem são os valores ótimos das variáveis de decisão;
- A descrição do modelo deve ser a mais parcimoniosa possível, ou seja, o problema deve ser o mais reduzido e as equações devem ser as mais simples (restrições são incluídas em modelos de otimizações);
- Os períodos de tempo em sistemas de recursos hídricos devem ser menores, quando comparados aos de simulação;
- Logo, são em geral, soluções mais complexas, de difícil implementação computacional e requerem mais recursos computacionais, tais como: memória, tempo de processamento, etc., conforme PORTO E AZEVEDO (2002).

Estes modelos, em sistemas de recursos hídricos, têm por objetivo maximizar os benefícios (lucros, produtividade, qualidade, eficiência, etc.) e minimizar perdas (flutuações econômicas, custos de produção, impactos, riscos, etc.) (CUNHA, 1999). A sua forma estrutural pode ser determinada por:

$$\text{Função Objetivo – optimize } f(X) \quad (2.1)$$

(restrições) sujeito a:

$$g_i(X) \leq b_i \quad i = 1, \dots, m \quad (2.2)$$

$$g_i(X) \geq b_i \quad i = m+1, \dots, m \quad (2.3)$$

$$g_i(X) = b_i \quad i = n+1, \dots, l \quad (2.4)$$

Na equação 2.1 o termo  $\rightarrow$  Otimize (pode significar prover a maximização ou minimização de uma função objetivo de um conjunto de variáveis “x”). As equações 2.2, 2.3 e 2.4 têm do lado esquerdo as funções de restrições e do lado direito as constantes limites em função dos operadores ( $\leq$ ,  $\geq$  e  $=$ ). O vetor de variáveis X é igual a  $[X_1, \dots, X_N]^T$ , onde N é o número de variáveis de decisão.

#### 2.2.2.1. PROGRAMAÇÃO LINEAR (PL)

Esta técnica é uma das mais conhecidas e mais utilizadas para a solução de problemas de otimização, onde podem ser destacadas as seguintes áreas: planejamento de atividades agrícolas; setor de transportes; atividades da indústria petrolífera; setor financeiro; setor das telecomunicações; entre outras. A PL é uma ferramenta matemática que contribui para uma economia de milhões de dólares a empresas dos mais diversos portes e setores.

O termo Linear refere-se a existir relações lineares entre as variáveis  $X_i$  das funções  $f(X)$  e  $g_i(X)$ ,  $i = 1, \dots, l$  (Equações 2.1 a 2.4) que são interpretadas pelas equações determinantes do problema em questão. Enquanto que o termo Programação refere-se ao planejamento de atividades que não tem nenhuma relação com a codificação computacional. Uma das primeiras aplicações realizadas com PL foi feita pelo “*Harvard Water Resources Group*” que teve como base o gerenciamento de águas subterrâneas (PORTO & AZEVEDO, 2002).

Um modelo de programação linear contempla quatro hipóteses implícitas aos referidos problemas podendo ser destacados: proporcionalidade (exige-se que a contribuição de cada atividade “variáveis  $X_i$ ” para o valor da função objetivo seja proporcional ao nível de atividade  $X_i$ , traduzida pelo coeficiente de proporcionalidade denominado de coeficiente de custo “ $C_i$ ” o que origina uma parcela de contribuição igual a  $C_i X_i$  na função objetivo); aditividade (exige que as funções entre as variáveis possam ser somadas de forma independente); divisibilidade (admite-se que as variáveis de decisão podem assumir valores fracionários – não inteiros); e coeficientes constantes – cenário determinístico (os coeficientes  $a_{ij}$ ,  $b_j$  e  $c_i$  são considerados como constantes conhecidas a cada rodada de um problema de PL).

Existem vários trabalhos que usam a PL para a solução de problemas em recursos hídricos, que podem ser observados a seguir: OLIVEIRA E LANA, (1997) usaram a PL em um sistema com cinco reservatórios para o abastecimento urbano e de irrigação na bacia do rio Acaraú no Estado do Ceará; OLIVEIRA (2000), (2000) realizou um estudo em que efetuou a maximização dos benefícios econômicos com a exploração do perímetro irrigado nas várzeas do Município de Souza no Estado da Paraíba; ALMEIDA, (2001), usou a PL para estimar a receita líquida e emprego da otimização do uso da água do reservatório Engenheiro Arcoverde localizado no município de Condado no Estado da Paraíba; BURMAN E GOIS (1992) fizeram uso da PL em sistemas de irrigação no Baixo de Irecê no Estado da Bahia; entre outros.

#### 2.2.2.2. MODELO DE REDE DE FLUXO

Este é um modelo de otimização, baseado em técnicas de programação linear, onde pode ser descrito por arcos e nós (conforme a Figura 2.1). Este modelo é bastante utilizado em sistemas de recursos hídricos pelo fato dos “nós” poderem representar reservatórios; demandas; reversões; confluências; entre outros, enquanto que os arcos são os elos de ligação e podem representar trechos de rios; adutoras; canais; entre outros.

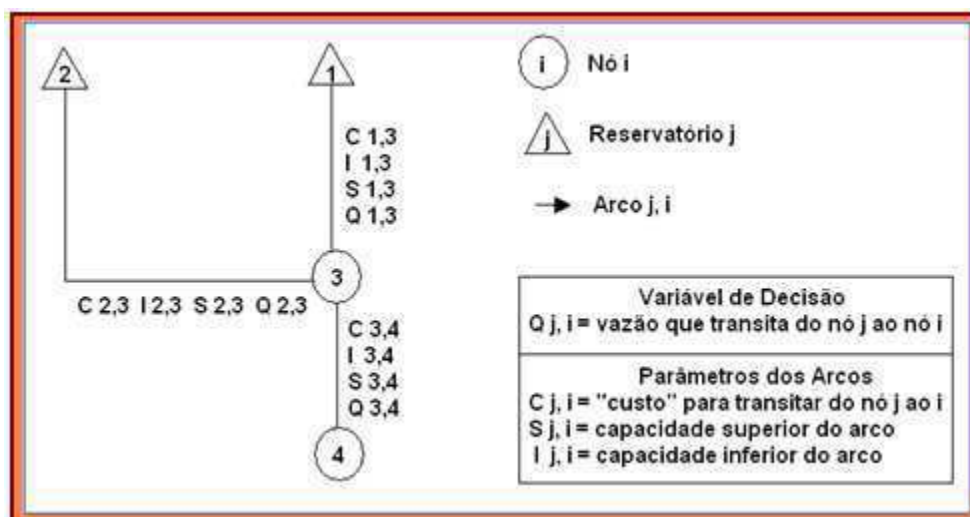


Figura 2.3 – Representação de um sistema como uma rede de fluxo (PORTO & AZEVEDO, 2002)

Cada um dos arcos do sistema possui três parâmetros que são: os limites superiores ( $S_{ij}$ ) e inferiores ( $I_{ij}$ ) do fluxo que passa pelo arco e um custo ( $C_{ij}$ ) por unidade de fluxo que transita pelo arco. Cada um dos nós do sistema deve conter as características da estrutura que representa.

O processo de otimização nos modelos de redes de fluxos aplicados a sistemas de recursos hídricos é, geralmente, executado a cada intervalo de tempo, de forma seqüencial, e o intervalo mensal. Portanto, os modelos de redes de fluxos requerem consideravelmente menos memória RAM comparados aos pacotes de programação linear. Por outro lado, isso o caracteriza como modelo de simulação, onde, a cada instante de tempo, pode-se obter soluções otimizadas. Além disso, a representatividade em termos de arcos e nós e o uso de equações lineares limitam a representação de muitos componentes de um sistema de recursos hídricos.

### 2.2.2.3. PROGRAMAÇÃO NÃO LINEAR (PNL)

Esta técnica permite uma formulação matemática mais realística dos processos físicos que acontecem na prática em problemas de engenharia que é composta de fórmulas e equações não lineares. Esta técnica deixou de ser usada por longos anos devido à inexistência de computadores potentes. Desse modo os problemas de PNL foram, em muitos métodos de resolução, submetidos a um processo de linearização (que consiste em transformar um gráfico curvo em uma linha reta, através de uma mudança de variáveis, transformando em retas, curvas aparentemente complexas) e executa-se a função linear, nas proximidades do ponto de pesquisa, para a busca da solução do problema. Atualmente existem métodos que fazem uso de maiores ordens de aproximações ou, até mesmo, trata as não linearidades como são. De acordo com CÂMARA, (2000), a PNL pode ser dividida em duas grandes classes denominadas de técnicas analíticas e técnicas de busca numérica. Nas técnicas analíticas, procura-se determinar soluções ótimas resolvendo sistemas de equações

utilizando-se de derivadas. Nestas técnicas, tem-se como exemplo os métodos de cálculo diferencial; o método dos multiplicadores de Lagrange; e a programação geométrica. Nas técnicas de busca numérica, usa-se de informações passadas, em um processo iterativo, para gerar melhores soluções no processo de otimização.

Em PNL, existem basicamente três métodos de busca unidimensional que são: método de Fibonacci; método de busca do meio termo; e o método DSC-Powell. Enquanto que para problemas de PNL sem restrições com direções de busca a partir de derivadas e problemas de otimização de várias variáveis de decisão, destacam-se: método de Newton-Raphson; método do maior gradiente; método dos gradientes conjugados; métodos quase-Newtonianos e outros algoritmos; e escolha da estimativa inicial (MARTÍNEZ & SANTOS, 1998).

Para os problemas de PNL sem restrições de acordo com (BRANDÃO, 2010), os métodos de busca sem derivadas se destacam: método de HOOKE E JEEVES método de Rosenbrock; método de Powell. Por outro lado, para os problemas de PNL com restrições destacam-se: aproximações lineares; método das funções de penalidade; entre outros. Seguem alguns programas computacionais de PNL: ADS (Automated Design Synthesis) – programa desenvolvido na linguagem FORTRAN na Universidade da Califórnia em Santa Bárbara em 1986; Programa GAMS (General Algebraic Modeling System) – é um sistema de otimização com códigos de programação específicos para programação linear e não linear desenvolvido com a finalidade de funcionar em várias plataformas e ambientes diferentes; programa LANCELOT desenvolvido em FORTRAN 77 no Rutherford Appleton Laboratory na Inglaterra; programa SOLVER que pertence a algumas planilhas eletrônicas, inclusive a EXCEL da Microsoft que pode ser usado tanto técnicas de PL como de PNL.

De acordo com CURI et al. (2006), o ORNAP, cuja primeira versão fez uso de um modelo de otimização não-linear, foi usado para analisar o potencial de ganhos financeiros e geração de empregos ao se utilizar da abordagem interdisciplinar realizado na bacia hidrográfica do Rio Piancó no Estado da Paraíba. Esta aplicação possibilitou agregar diversos processos de diferentes áreas do conhecimento como: economia, hidrologia, hidráulica, meteorologia, agricultura irrigada, geração de energia hidrelétrica e piscicultura. Com este modelo foi possível incluir e analisar vários aspectos interdisciplinares e suas interações envolvidos em estudos de sistemas de recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica..

#### 2.2.2.4. PROGRAMAÇÃO DINÂMICA (PD)

A Programação Dinâmica tem como finalidade a busca de uma solução para o problema de otimização através da análise de uma seqüência de problemas mais simples do que o problema original. A busca da solução do problema original de N variáveis consiste na determinação de uma variável e pela resolução de um problema que possua uma variável a menos (N-1) (CALDAS, 2004). Portanto, este problema é resolvido pela determinação de uma variável e pela resolução de um problema de N-2 variáveis e assim por diante. A questão a ser solucionada, pode ser assim expressa: existem N atividades ou estágios numerados de 1 a N, onde,  $X_i$  é a quantidade de recursos colocados nas atividades ou estágios i,  $g_i(X_i)$  é a função que representa o ganho ou o retorno devido a colocação de  $X_i$  recursos na atividade i, conforme a equação 2.5.

$$Q = x_1 + x_2 + \dots + x_N \quad (2.5)$$

Esta equação representa a quantidade total de recursos disponíveis (NOGUEIRA, 2009).

A finalidade principal da PD é determinar a distribuição de recursos  $X_i$  que maximiza o ganho total. De acordo com a equação 2.6.

$$R(X_1, X_2, \dots, X_N) = g_1(X_1) + g_2(X_2) + \dots g_N(X_N). \quad (2.6)$$

Considerando que as atividades são independentes e os ganhos  $g_i$  sejam aditivos.

Formulação:

Maximizar R dependente de Q e N. Esta dependência é explicada conforme segue:  $f_N(Q)$  representa o ganho máximo devido à distribuição de Q quantidades de recursos nas N atividades.

Condição Inicial:

- a)  $g_i(0) = 0 \Rightarrow$  para cada atividade i (ganho nulo para zeros recursos distribuídos).
- b)  $f_N(0) = 0 \Rightarrow$  para  $N = 1, 2, \dots$  (se o total Q de recursos é nulo, o ganho máximo também é nulo).
- c)  $f_1(Q) = g_1(Q) \Rightarrow$  se existir  $N = 1$  atividade, então  $R(X_1) = g_1(X_1)$ .

Relação de Recorrência entre  $f_N(Q)$  e  $f_{N-1}(Q)$

Ao atribuir a quantidade de recursos à atividade N, restarão  $Q - X_N$  recursos a serem distribuídos nas N-1 atividades restantes e o ganho máximo proveniente dessas N-1 atividades pode ser expresso por  $f_{N-1}(Q - X_N)$ . Sendo assim, o ganho total das N atividades pode ser expresso por:

$$g_N(X_N) + f_{N-1}(Q - X_N) \quad (2.7)$$

Na escolha de  $X_N$ , que maximize esse ganho, tem-se o valor  $f_N(Q)$  do ganho máximo devido à aplicação de  $Q$  recursos em  $N$  atividades. Tem-se então a relação fundamental da Programação Dinâmica, que é dada por:

$$f_N(Q) = \max_{0 \leq X_N \leq Q} \{g_N(X_N) + f_{N-1}(Q - X_N)\} \text{ para } N = 2, 3, \dots \quad (2.8)$$

Para  $N = 1 \Rightarrow f_1(Q) = g_1(Q)$

Por outro lado, a PD possui uma desvantagem que merece ser destacada que é chamada “praga da dimensionalidade”, termo este proposto por Bellman em 1957 que tem a seguinte característica: este problema ocorre em situações nas quais a discretização das variáveis de estado é muito elevada em que se constitui no chamado problema multi-estágio. Logo, a busca do ótimo é dificultada, devido ao grande número de possibilidades que devem ser analisadas a cada estágio, portanto, exige-se muita memória e tempo de processamento em um computador (VIEIRA, 2007; PORTO E AZEVEDO, 2002).

Existe uma série de pesquisas realizadas que usam a PD, algumas dessas pesquisas podem ser destacadas: Costa et al. (1989) usaram a programação dinâmica estocástica na operação de sistemas hidrotérmicos para a minimização do custo de operação ao longo do tempo; Mello Jr. & Matos (1999), usaram a programação dinâmica estocástica, só que num processo de otimização com a finalidade da regularização de vazão de um determinado reservatório; Barros & Braga Jr. (1991) usou a programação dinâmica estocástica para a operação de sistemas de reservatórios considerando múltiplos objetivos; enquanto que Galvão et al. (1994) usaram a PD no sentido de otimizar a água em reservatórios do semi-árido do Nordeste Brasileiro, mediante a estratégia do uso racional da água em períodos críticos de volume no reservatório, entre outros.

Vários tipos de problemas podem ser resolvidos via PD: estocásticos; múltiplos objetivos; situações envolvendo variáveis aleatórias; objetivos conflitantes; múltiplos decisores; entre outros. Segue algumas questões da área de recursos hídricos que podem ser resolvidos com a PD: abastecimento e irrigação, geração de energia, sistemas de distribuição de água, operação de sistemas para recarga de água subterrânea, operação de sistemas de tratamento, operações com reservatórios, etc. (PORTO & AZEVEDO, 2002).



### 2.2.2.5. OTIMIZAÇÃO MULTIOBJETIVO

A otimização multiobjetivo consiste na obtenção de um conjunto de variáveis que atendam a algumas restrições e otimizem simultaneamente diferentes funções objetivo, que podem apresentar diferentes unidades ou valores de escala.

$$\text{Minimizar (ou maximizar) } z = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_r(x)) \quad (2.9)$$

Sujeito a  $x \in X^*$

Onde,

$X$  = Espaço de Decisões;

$x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X$  = Vetor de Decisão;

$Z$  = imagem de  $X$  ou Espaço Objetivo;

$z = (z_1, z_2, \dots, z_r) \in Z$  = Vetor Objetivo;

$X^* = \{x \in X : g(x) \leq b\}$  = Conjunto de Soluções Factíveis;

$g(x)$  = restrições;

$b \in R^p$ .

Nesta análise não existe um ótimo global, como na busca do máximo ou mínimo de uma função, e sim um conjunto de ótimos que devem atender aos diferentes objetivos envolvidos na análise.

A resolução de problemas multiobjetivo está vinculada a forma em que são utilizadas as preferências do decisor e a natureza do problema. Para Porto e Azevedo (2002), existem três técnicas que podem ser assim divididas: a) técnicas que geram o conjunto de soluções não dominadas; b) técnicas que utilizam uma articulação antecipada das preferências; e c) técnicas que utilizam uma articulação progressiva das preferências.

As técnicas que geram o conjunto de soluções não dominadas ou não inferiores usam um vetor de funções objetivo e, deste modo, geram o conjunto das soluções não dominadas. Uma solução não dominada é então uma solução multiobjetivo que não pode ser melhorada em um objetivo sem prejudicar um ou os outros. Deste modo, não é considerada no processo as preferências do decisor, tratando-se somente com as restrições físicas do problema. Os exemplos dessas técnicas podem ser: método das ponderações; método das restrições; e método multiobjetivo linear.

Já as técnicas que utilizam uma articulação antecipada das preferências, requisitam na resolução do problema, a opinião do decisor a respeito das trocas possíveis entre os objetivos e dos valores relativos a estes. Logo, este problema pode se transformar na otimização de um único

objetivo e usam-se as metodologias clássicas de otimização direta e exata. Os exemplos dessas técnicas podem ser: programação por metas; método ELECTRE; método PROMETHEE; método da matriz de prioridades; entre outros.

Por outro lado, as técnicas que utilizam uma articulação progressiva das preferências, funcionam assim: ao ser alcançada uma solução, pergunta-se ao decisor se o objetivo foi satisfatório, caso não seja, o problema modificado é resolvido novamente. Os exemplos podem ser: método de passo; método da programação por compromisso, etc.

Os problemas multiobjetivo podem possuir algumas características que podem ser:

- a) Otimização Combinatória Multiobjetivo → neste tipo o Espaço de Decisões compõem variáveis discretas e fica caracterizado conforme Arroyo (2002):
- b) Métodos Heurísticos → constitui uma classe de algoritmos utilizada para a obtenção de soluções aproximadas em problemas de otimização combinatória. A heurística procura alcançar uma solução satisfatória, sem necessariamente varrer todo o espectro de soluções de proporções exponenciais (VELDHUIZEN e LAMONT, 2000). Os métodos heurísticos podem ser: Heurísticas Construtivas, Busca Local e Metaheurísticas.
- c) Critérios de Avaliação → algumas buscas de soluções não são triviais, logo, técnicas na literatura são propostas de modo a identificar a qualidade de um conjunto de soluções aproximadas H em relação ao conjunto Pareto-ótimo ou conjunto de referência R (ARROYO, 2002).

A Figura 2.2 fornece uma idéia das várias funções objetivo (multiobjetivo) que podem ser usadas em problemas de recursos hídricos. Deste modo, podem ser feitas pesquisas utilizando diversos cenários que envolvem a disponibilidade hídrica, fatores econômicos, ambientais, sociais e outros. Em um determinado cenário, pode ser envolvida a disponibilidade dos recursos (que consiste no atendimento as demandas de abastecimento, recreação, navegação, entre outros) versus o fator econômico (que consiste em obras de investimento, insumos, geração de energia, entre outros). Logo, percebe-se que existem conflitos entre os dois fatores envolvidos, onde se deve maximizar o uso dos recursos existentes e disponíveis e buscar minimizar os investimentos de cunho econômicos inerentes ao estudo.

Numa outra situação, pode-se imaginar a disponibilidade hídrica em função dos fatores sociais e ambientais. Percebe-se que nem sempre a maximização dos benefícios sociais está de

acordo com o meio ambiente, logo, deve-se buscar a equidade sem necessariamente afetar demasiadamente o meio ambiente.

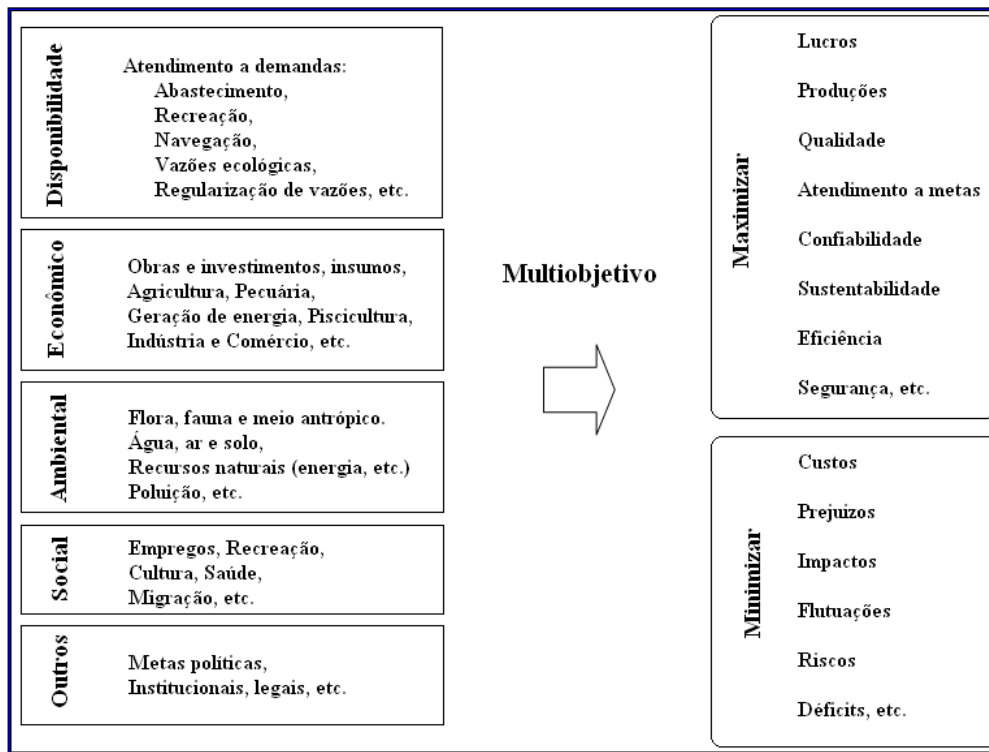


Figura 2.4. Exemplos de funções objetivo em Recursos Hídricos (CURI & CURI, 2008)

#### 2.2.2.6. ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Num sistema que usa da metodologia de Multicritério, vários agentes estão ativos e possui os seguintes componentes básicos:

- a) **Decisores** → São agentes ou indivíduos que influenciam e fazem escolhas no processo de decisão de acordo com o juízo de valores que representam. O processo de decisão possui relações dinâmicas e poderão ser modificadas durante todo o processo.
- b) **Analistas** → São agentes ou indivíduos encarregados de interpretar e quantificar as opiniões dos decisores, estruturar o problema, elaborar o modelo matemático e apresentar os resultados para a decisão. Atua em constante diálogo e interação com os decisores, em um processo de aprendizagem constante. O mesmo também pode fazer o papel de um decisor.
- c) **Modelos** → É o conjunto de regras e operações matemáticas e/ou computacional que permitem transformar as preferências e opiniões dos decisores em um resultado quantitativo.

- d) **Alternativas** → As Alternativas são ações globais, ou seja, ações que podem ser avaliadas isoladamente. Podem representar diferentes cursos de ação, diferentes hipóteses sobre a natureza de uma característica, diferentes conjuntos de características etc.
- e) **Crítérios** → Os critérios segundo Roy (1993) são as ferramentas que permitem a comparação das ações em relação a pontos de vista particulares. Para Bouyssou (1990), um critério é uma função de valor real no conjunto  $A$  das alternativas, de modo que seja significativo comparar duas alternativas  $a$  e  $b$  de acordo com um ponto de vista particular.
- f) **Pesos** → São valores que expressam as preferências dos decisores com relação a cada critério.

O problema de análise multicriterial possui características em que se deseja escolher uma alternativa, que seja ótima, dentro de um conjunto finito de possíveis alternativas, segundo a consideração, para fins de julgamento, de vários critérios que são ponderados de acordo com as preferências dos decisores. A resolução deste tipo de problema está vinculada a Pesquisa Operacional, que pode trabalhar tanto com a transformação de um problema multicritério em um com um único critério ou com múltiplos critérios que não é uma simples generalização das abordagens tradicionais. Logo, surge um novo paradigma para auxiliar na tomada de decisão, caracterizado pelas metodologias multicritério.

Neste contexto surgem duas correntes e escolas que são a Escola Americana e a Escola Européia. A primeira possui um vínculo muito forte com a Pesquisa Operacional tradicional e criou a metodologia denominada MCDM (*Multicriteria Decision Making*). Enquanto que, a segunda escola trabalha em busca de um conhecimento em vez da simples busca da solução para permitir identificar os objetivos a serem alcançados.

A metodologia de multicritérios de acordo com Bouyssou (1989), permite a criação de um modelo que reflete a estabilidade do juízo de valores dos decisores quando há conflitos entre os mesmos ou ainda quando a identificação do problema não está muito bem clara para os atores envolvidos na busca da solução mais conveniente.

Segundo Brans et al. (1984), a busca da solução para um problema que envolve múltiplos critérios não é matematicamente bem definido e geralmente não é possível encontrar uma solução que otimize todos os critérios simultaneamente. Portanto, um método para apoiar a decisão deve ser simples e não possuir um alto grau de complexidade evitando a não compreensão pelo tomador de decisão. Dentre os métodos utilizados para contribuir na solução de problemas de aplicação de análise multicriterial, podem ser destacados: ELECTRE II, PROMETHEE II, Programação por

Compromisso (CP), Teoria dos Jogos Cooperativos (CGT), o método Analítico Hierárquico (AHP), entre outros.

### **2.3. BACIA HIDROGRÁFICA**

Neste tópico são abordados os conceitos de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, a distribuição da água no Brasil por regiões, apresentando-se as principais características físicas, de uma bacia hidrográfica, com o cálculo dos diversos parâmetros envolvidos.

O ciclo hidrológico, se considerado de maneira global, pode ser visualizado como um sistema fechado, uma vez que a quantidade total da água existente em nosso planeta é tida como constante. Apesar desta visão simplificada, o ciclo hidrológico conveniente de apresentar os fenômenos hidrológicos, dando-se ênfase as quatro fases básicas que são: precipitação, evaporação e evapotranspiração, escoamento superficial e escoamento subterrâneo.

Embora possa parecer contínuo, para o ciclo hidrológico é na realidade bem diferente, pois o movimento da água em cada uma das fases básicas do círculo se dá de forma aleatória, variando tanto no tempo como nos espaços atmosférico ou territorial.

É neste último elemento (territorial, que pode ser visto como um sub-sistema aberto, onde normalmente se analisa e se avalia os componentes básicos hidrológicos. Este território ou região, de maior interesse para a hidrologia, é a bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica destaca-se como região de efetiva importância prática devido à simplicidade de que oferece na aplicação do balanço hídrico.

Pela literatura consultada (CBHSF, 2012), entende-se por bacia hidrográfica toda a área de captação natural da água da chuva que escoam superficialmente para um corpo de água ou seu contribuinte. Os limites da bacia hidrográfica são definidos pelo relevo, considerando-se como divisores de águas as áreas mais elevadas. O corpo de água principal, que dá o nome à bacia, recebe contribuição dos seus afluentes, sendo que cada um deles pode apresentar vários contribuintes menores, alimentados direta ou indiretamente por nascentes. Assim, em uma bacia existem várias sub-bacias ou áreas de drenagem de cada contribuinte. Estas são as unidades fundamentais para a conservação e o manejo, uma vez que a característica ambiental de uma bacia reflete o somatório ou as relações de causa e efeito da dinâmica natural e ação humana ocorridas no conjunto das sub-bacias nela contidas.

A bacia hidrográfica serve como unidade básica para gestão dos recursos hídricos e até para gestão ambiental como um todo, uma vez que os elementos físicos naturais estão interligados pelo ciclo da água. De acordo com Tucci (2004), a bacia hidrográfica pode ser vista como um sistema físico em que a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado no exutório, em que se pode considerar como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados, bem como, os volumes infiltrados profundamente.

A necessidade de promover a recuperação ambiental e a manutenção de recursos naturais escassos como a água, fez com que, a partir da década de 70, a bacia hidrográfica passasse a ser difundida e consolidada como uma unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos a nível mundial. Para enfrentar problemas como poluição, escassez e conflitos pelo uso da água, foi preciso reconhecer a bacia hidrográfica como um sistema ecológico, que abrange todos os organismos que funcionam em conjunto numa dada área.

Por outro lado, quando o curso de um rio é alterado para levar esgotos para longe de uma determinada área, acaba por poluir outra. Da mesma forma, a impermeabilização do solo em uma região provoca o escoamento de águas para outra, provocando enchentes. Por isso, tornou-se necessário reconhecer na dinâmica das águas, que os limites geográficos para trabalhar o equilíbrio ecológico devem ser o da bacia hidrográfica, e não aquelas regiões delimitadas por divisões políticas definidas pela sociedade, como municípios, estados e países, que não coincidem com a dinâmica da natureza.

O Brasil reúne oito (8) grandes regiões que envolvem as principais bacias hidrográficas, distribuídas conforme a Figura 2.5, que apresenta a vazão específica e precipitação anual de cada bacia hidrográfica. A distribuição da água no Brasil não é uniforme e as regiões mais populosas e industrializadas apresentam menor disponibilidade de recursos hídricos. Esse é um dos fatores que obriga o país a adotar um sistema nacional de recursos hídricos, com gestão integrada, tendo a bacia hidrográfica como unidade planejamento e gerenciamento.

A Lei 9.433/97 – A Lei das Águas do Brasil, estabelece que a bacia hidrográfica seja a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Com o objetivo de respeitar as diversidades sociais, econômicas e ambientais do País, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH aprovou em 15 de outubro de 2003, a Resolução N°32 que instituiu a Divisão Hidrográfica Nacional (Figura 2.5).



Figura 2.5. Distribuição Hidrográfica Nacional (Regiões Hidrográficas). (Fonte: Portal São Francisco)

Uma bacia hidrográfica é o conjunto de meios hídricos (aquáticos) cujos cursos (ou leitos) se interligam. É um conjunto de terras banhadas por um rio principal e seus tributários (afluentes, subafluentes, etc.). A formação da bacia hidrográfica dá-se através dos desníveis dos terrenos que direcionam os cursos da água, sempre das áreas mais altas para as mais baixas. E é essa tendência que a água tem em seguir uma determinada orientação dada pelo relevo e pelo efeito da gravidade, a qual passa a ser chamada de “bacia hidrográfica”.

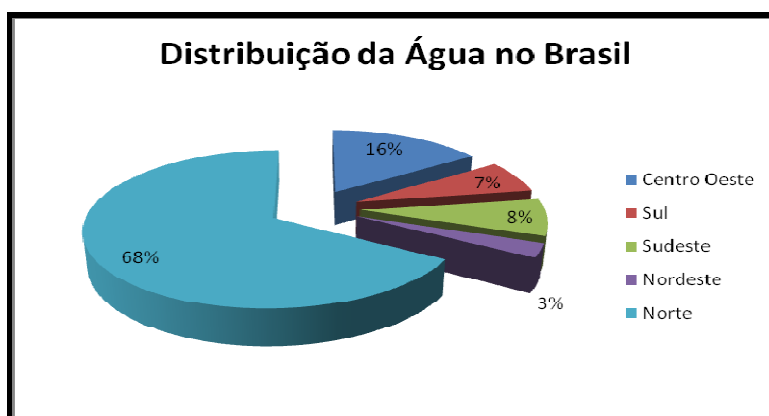


Figura 2.6. Distribuição da água no Brasil (Fonte: Portal São Francisco)

A Figura 2.6 ilustra a distribuição da água doce pelo Brasil, conforme as regiões geográficas. Observa-se que a distribuição da água doce não é conforme, conforme: Villela, & Mattos (1975).

### 2.3.1. CARACTERIZAÇÃO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA

A caracterização de uma Bacia Hidrográfica consiste em determinar uma série de parâmetros dessa bacia, começando por sua área de drenagem que corresponde à área plana inclusa entre seus divisores topográficos e é obtida com a utilização de um planímetro. O Sistema de Informações do RIOSS passa a conter todos os cálculos baseados nas equações responsáveis utilizadas por esta caracterização, conforme explanados em seguida. A forma da bacia é, portanto um parâmetro que determina seu formato e este tem influência sobre o escoamento global. De acordo com Gravelius (citado por Cardoso, et al. 2006), dois índices podem ser calculados, ou seja, o coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) e o fator de forma ( $K_f$ ),

O coeficiente de compacidade é dado pela equação:

$$K_c = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2.10)$$

Onde: P -> corresponde ao perímetro da bacia medido com o curvímetro (km)  
A -> Área da bacia medida com o planímetro (Km<sup>2</sup>)

Enquanto que o fator de forma é dado pela equação:

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (2.11)$$

Onde: A -> Área da bacia medida com o planímetro (km<sup>2</sup>)  
L -> Comprimento axial da bacia hidrográfica

### 2.3.1.2. SISTEMA DE DRENAGEM DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA

- Origem dos cursos d'água

O sistema de drenagem de uma bacia consiste de um rio principal e seus efluentes. As características de uma rede de drenagem podem ser razoavelmente descritos pela ordem dos cursos d'água, densidade de drenagem, extensão média do escoamento superficial e sinuosidade do curso d'água. A ordem dos rios ou cursos d'água é uma classificação que reflete o grau de ramificação dentro de uma bacia. De acordo com (Horton, 1945 e Strahler, 1952, citado por Morais, 2002), essa ordem, consiste de todos os afluentes que não se ramificam (podendo desembocar no rio principal ou em seus ramos) como sendo de primeira ordem. Os cursos d'água que somente recebem afluentes que não se subdividem são de segunda ordem. Os de terceira ordem são formados pela reunião de dois cursos d'água de segunda ordem, e assim sucessivamente, ou seja, a ordem do rio principal mostra a extensão da ramificação da bacia.



- Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem é medida pelo comprimento total de todos os cursos d'água de uma bacia, sejam eles: efêmeros, intermitentes ou perenes e sua área total, de acordo com a seguinte expressão:

$$dd = \frac{\sum L_i}{A} \quad (\text{km/km}^2) \quad (2.12)$$

Onde:  $L_i$  -> Comprimento total dos cursos d'água

$A$  -> Área de drenagem

Enquanto que a extensão média percurso médio do escoamento superficial é uma medida indicativa da distância média que a água da precipitação teria que escoar até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer da bacia. Este índice é calculado pela equação:

$$L_{es} = \frac{1}{4 * dd} \quad (2.13)$$

Por outro lado, a sinuosidade de um curso d'água é um fator que controla a velocidade do escoamento e é definida pela equação:

$$\sin = \frac{L}{L_{tw}} \quad (2.14)$$

Onde:  $L$  -> Comprimento do rio principal

$L_{tw}$  -> Comprimento do talvegue

### 2.3.1.3. RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA

Uma bacia hidrográfica tem suas nascentes em relevos mais altos e drenam seus rios para menores altitudes, devido à água ter a tendência de correr para baixo pelo fato da ação da força gravitacional exercido pelo planeta Terra sobre os corpos. De acordo com Villela e Mattos (1975), a declividade dos terrenos de uma bacia mantém a velocidade com que se dá o escoamento superficial. Significa que quanto mais íngreme for o terreno, mais rápido será o escoamento superficial, o tempo de concentração será menor e os picos de enchentes serão maiores.

De acordo com Lima Neto et al (2008), a declividade da bacia pode ser determinada através do Método das Quadrículas. Este método consiste em pesquisar sobre o mapa topográfico da bacia, em papel transparente sobre o qual está traçada uma malha quadriculada, com os pontos de

interseção assinalados. A cada um desses pontos associa-se um vetor perpendicular à curva de nível mais próxima (orientado no sentido do escoamento). As declividades em cada vértice são obtidas, medindo-se na planta, as menores distâncias entre curvas de níveis subsequentes. Deste modo, a declividade é o quociente entre a diferença da cota e a distância medida em planta entre as curvas de nível.

Uma maneira de se representar a declividade da bacia hidrográfica é efetuar a construção de um gráfico das declividades em função da frequência acumulada das ocorrências. Portanto, deve-se fazer o seguinte: a) efetuar a determinação das declividades pontuais; b) classificar as declividades em ordem decrescente; c) definir o tamanho do intervalo de classes, em função do número de pontos de plotagem; d) contar as observações dentro de cada intervalo e efetuar a contagem em frequência relativa; e e) fazer a contagem das frequências acumuladas. Então, constrói-se o gráfico levando-se em conta os pares de valores das frequências acumuladas em função do limite inferior do intervalo da classe correspondente e então se traça uma linha em torno destes pontos.

#### **2.3.1.3.1 CURVA HIPSOMÉTRICA**

Consiste da representação gráfica do relevo médio de uma bacia, ou seja, representa o estudo da variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível médio do mar (Carvalho e Silva, 2011). Essa variação é indicada por meio de um gráfico que exhibe a porcentagem da área de drenagem que existe acima ou abaixo das várias elevações. A construção do gráfico pode ser feito da seguinte forma: a) obter por planimetria as áreas entre as curvas de nível consecutivas delimitadas no mapa; b) determinar a área total e calcular os valores relativos das áreas entre as curvas de nível; c) obter os valores das áreas relativas acumuladas; d) construir o gráfico das cotas das curvas de nível em função das áreas relativas acumuladas correspondentes e então se traça uma linha de concordância.

#### **2.3.2.3.2. DECLIVIDADE DO LEITO OU ÁLVEO DO CURSO D'ÁGUA PRINCIPAL**

O rio principal de uma bacia hidrográfica é normalmente considerado como sendo aquele que drena a maior área dentro da bacia. O seu comprimento, aqui indicado por  $L$ , é medido no mapa topográfico com o uso do curvímetro. A declividade do rio principal de uma bacia é uma medida representativa do seu relevo e muito utilizada em diversos estudos hidrológicos. A velocidade do escoamento de um rio depende da declividade da calha fluvial ou álveo: quanto maior a declividade, maior a velocidade do escoamento.

A declividade do álveo pode ser obtida de diferentes modos. Para rios que apresentam um perfil longitudinal razoavelmente uniforme, a declividade entre extremos,  $S_1$  (Declividade Média), é

uma boa estimativa da sua declividade. A declividade entre extremos é obtida dividindo-se a diferença entre as cotas máximas (cabeceira) e mínimas (foz) do perfil pelo comprimento do rio. Portanto,  $S_1$  é a linha com declividade obtida tomando a diferença total de elevação do leito pela extensão horizontal do curso d'água (Barbosa Jr., 2011), dado pela seguinte equação:

$$S_1 = \frac{Z_{cabeceira} - Z_{foz}}{L} \quad (2.15)$$

Por outro lado,  $S_2$  é a linha com declividade obtida por compensação de áreas, de forma que a área entre ela e a abscissa seja igual à compreendida entre a curva do perfil e a abscissa, conforme as duas equações em seguida:

$$A_p = \frac{(z_1 + z_{foz}) * (x_1) + (z_2 + z_1) * (x_2 - x_1) + \dots + (z_{cabeceira} + z_n) * (L - x_n)}{2} \quad (2.16)$$

$$S_2 = 2 * \left( \frac{A_p}{L^2} \right) - 2 * \left( \frac{z_{foz}}{L} \right) \quad (2.17)$$

Enquanto que,  $S_3$  é a linha obtida a partir da consideração do tempo de percurso; é a média harmônica ponderada da raiz quadrada das declividades dos diversos trechos retilíneos, tomando-se como peso a extensão de cada trecho, dado pela equação seguinte:

$$S_3 = \frac{L^2}{\left[ \sum \left( \frac{L_i}{\sqrt{S_i}} \right) \right]^2} \quad (2.18)$$

## 2.4 ETP E ETO

Neste tópico é apresentada parte do procedimento que envolve o processamento de algumas variáveis ligadas a precipitação e a evaporação. Os valores de entrada consistem da precipitação que devem ser digitados mês a mês de janeiro a dezembro dados em milímetros por mês. Em seguida devem-se digitar os valores médios mensais em milímetros da evaporação, além dos valores do coeficiente do tanque e do coeficiente da cultura. Após isso, o sistema passa a calcular e mostra os valores em forma de tabelas e/ou gráficos das seguintes variáveis: ETO (evapotranspiração de

referência), ETP (evapotranspiração potencial), PE (precipitação efetiva), e NL (necessidade líquida da cultura).

#### 2.4.1. EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO)

Corresponde a uma taxa de evapotranspiração medida em um local no qual a vegetação é rasteira, verde e uniforme com altura de 0,08 a 0,15 m, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água, conforme Abumanssur (2006). No caso de se utilizar um tanque classe A, comum na região Nordeste do Brasil, pode-se determiná-la por:

$$ETO = E_v * K_t \quad (2.19)$$

Onde:  $E_v$  - Evaporação do Tanque – Evaporimétrico (Tanque Classe “A”)

$K_t$  - Coeficiente do Tanque - Evaporimétrico.

Evapotranspiração Potencial (ETP)

#### 2.4.2. EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ETP)

Quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, em uma unidade de tempo, de uma superfície extensa, completamente coberta de vegetação de porte baixo e bem suprida de água, segundo Penman citado por Abumanssur (2006).

$$ETP = ETO * K_c \quad (2.20)$$

Onde:  $K_c$  - Coeficiente da Cultura.

A ETP consiste da necessidade líquida máxima mensal (ou diária) de uma cultura ao longo do seu ciclo fenológico.

#### 2.4.3. ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Uma das fórmulas consagradas para determinar o escoamento superficial e fornecido pelo NRSC (*Natural Resource Conservation Service*) que é um dos modelos mais utilizados em aplicações práticas devido a sua simplicidade, facilidade de aplicação e qualidade dos resultados fornecidos, de acordo com TUCCI (2004).

O Modelo SCS considera os seguintes valores: P: chuva total; ES: escoamento superficial; Ia: infiltração inicial; Fa: infiltração após início do escoamento superficial direto; e S: infiltração potencial máxima.

Hipótese do Soil Conservation Service:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{ES}{P - I_a} \quad (2.21)$$

Continuidade:  $P = ES + I_a + F_a$

Combinando as equações e isolando o Escoamento Superficial, tem-se que:

$$P = ES + I_a + \frac{ES \cdot S}{P - I_a} \quad P - I_a = ES \cdot \left( \frac{P - I_a + S}{P - I_a} \right)$$

$$\therefore ES = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (2.22)$$

Após pesquisa de diversas bacias, o Soil Conservation Service chegou à seguinte relação empírica:

Substituindo na equação da Precipitação Efetiva, tem-se que:

$$I_a = 0,2 \cdot S \quad ES = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S}, P > (0,2 \cdot S) \quad (2.23)$$

Para parametrizar estas curvas, o Soil Conservation Service criou um adimensional denominado CN (*Curve Number*), que possui as seguintes propriedades:

$$0 < CN \leq 100$$

Para áreas impermeáveis CN = 100

Para outras superfícies CN < 100

O número da curva CN e a infiltração potencial S estão relacionados através da expressão:

$$S(mm) = 25,4 \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (2.24)$$

Esta expressão foi obtida em unidades métricas, que estabelece o valor de CN numa escala de 1 a 100. Esta escala retrata as condições de cobertura e solo, variando desde uma cobertura muito

impermeável (limite inferior) até uma cobertura completamente permeável (limite superior). Este fator foi tabelado para diferentes tipos de solo e cobertura, associando-se também às condições conforme as Tabelas 2.1 e 2.2, vistas em TUCCI (2004).

Tabela 2.1. *Bacias Rurais (Tucci, 2004)*

Valores de CN para Bacias Rurais - Fonte: TUCCI (2004)					
		A	B	C	D
Terrenos cultivados	Com Sulcos Retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceado em nível	64	73	79	82
Plantações de cereais	Em fileiras retas	64	76	84	88
	Em curvas de nível	62	74	82	85
	Terraceado em nível	60	71	79	82
Plantações de legumes ou campos cultivados	Em fileiras retas	62	75	83	87
	Em curvas de nível	60	72	81	84
	Terraceado em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
Pastagens	Normais	49	69	79	94
	Boas	39	61	74	80
	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
Campos permanentes	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
Chácaras	Densas, de alta transpiração	25	55	70	77
	Normais	59	74	82	86
Estradas de terra	Más	72	82	87	89
	De superfície dura	74	84	90	92
Florestas	Muito esparsas, baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76

O CN pode ser obtido, considerando-se uma classificação do solo em quatro grupos, de acordo com a Tabela 2.2. Enquanto que a Tabela 2.3 define os valores para as Bacias Urbanas e Suburbanas.

Tabela 2.2. *Bacias Urbanas e Suburbanas (Tucci, 2004)*

Tipos	Rurais / Urbanas
A	Solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração
B	Solos menos permeáveis que o anterior, arenosos de menor profundidade
C	Solos que geram escoamento superficial acima da média e infiltração abaixo da média
D	Solos que contêm argilas expansivas e pouco profundas com baixa capacidade de infiltração

Tabela 2.3. *Características entre as Tabelas 2.2 e 2.3. (Tucci, 2004)*

Valores de CN para Bacias Urbanas e Suburbanas - Fonte: TUCCI (2004)				A	B	C	D
Zonas cultivadas	Sem conservação do solo		72	81	88	91	
	Com conservação do solo		62	71	78	81	
Pastagens ou terrenos baldios	Em más condições		68	79	86	89	
	Em boas condições		39	61	74	80	
Prado em boas condições			30	58	71	78	
Bosques ou zonas florestais	Má cobertura		45	66	77	83	
	Boa cobertura		25	55	70	77	
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golfe, cemitérios (em boas condições)	Com relva em mais de 75% da área		39	61	74	80	
	Com relva em 50 a 75% da área		49	69	79	84	
Áreas comerciais e de escritórios			89	92	94	95	
Distritos industriais			81	88	91	93	
Áreas residenciais	Tamanho médio do lote	% impermeável					
	Até 500 m <sup>2</sup>	65%	77	85	90	92	
	500 a 1000 m <sup>2</sup>	38%	61	75	83	87	
	1000 a 1300 m <sup>2</sup>	30%	57	72	81	86	
	1300 a 2000 m <sup>2</sup>	25%	54	70	80	85	
	2000 a 4000 m <sup>2</sup>	20%	51	68	79	84	
Estacionamentos pavimentados, viadutos, telhados, etc.			98	98	98	98	
Ruas e estradas	Asfaltadas, com drenagem de águas pluviais		98	98	98	98	
	Pavimentadas com paralelepípedos		76	85	89	91	
	De terra		72	82	87	89	

#### 2.4.1. NECESSIDADE LÍQUIDA

A lâmina líquida de rega a ser aplicada para suprir as necessidades agronômicas, denominada de necessidade líquida, pode ser dada por:

$$NL = ETP - Pe - G - W \quad (2.25)$$

Onde:

$N_L$  = necessidade de irrigação líquida, em mm ou m<sup>3</sup>/ha.

ETp = evapotranspiração da cultura, em mm ou m<sup>3</sup>/ha.

Pe = precipitação efetiva, em mm ou m<sup>3</sup>/ha.

G = dotação de água por capilaridade à zona radicular da cultura, em mm ou m<sup>3</sup>/ha.

W = reserva de água do solo existente no princípio do intervalo de tempo considerado, em mm ou m<sup>3</sup>/ha.

A precipitação efetiva, desconsiderando aspectos como interceptação foliar, pode ser dada por

$$Pe = P - ES \quad (2.26)$$

Para efeitos deste trabalho, ao se trabalhar com planejamento em nível mensal, foi desconsiderado a percolação e escoamento sub-superficial, logo:

$$\begin{aligned}
 NL &= ETP - (P - ES) \\
 &= ETP - P + ES
 \end{aligned}
 \tag{2.27}$$

Onde: PE - Precipitação Efetiva (Conforme calculado pelo método SCS).

Outra forma do cálculo da precipitação efetiva pode ser determinado pela metodologia desenvolvida pelo Soil Conservation Service - USDA, 1969. (Dastane, 1978).

Precipitação Efetiva (USDA-Soil Conservation Service) - FAO - Paper-25																
Dados Mensais	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100	113	125	138	150	163	175	188	200
Etp cultura mm	Precipitação Efetiva Mensal Média (mm)															
25	8	16	24													
50	8	16	25	32	39	46										
75	9	18	27	34	41	48	56	62	69							
100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
150	10	21	31	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133
175	11	23	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150
225	12	25	35	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	142	150	159
250	13	25	38	5	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167
Exemplo para o milho: Precipitação média mensal = 100mm								→	Precipitação Média Mensal = 1,07 * 74 = 79mm							
Etp = 150 e ΔS = 175mm																
Quando a água armazenada no solo, no momento é mantida por irrigação, for superior																
ΔS (mm no solo)	20	25	27,5	50	62,5	75	100	125	150	175	200					
Fator de correção	0,73	0,77	0,86	0,93	0,97	1	1,02	1,04	1,06	1,07	1,08					

Figura 2.7. Precipitação Efetiva (USDA- Soil Conservation Service)

## 2.5. INDICADORES

Neste item são discutidos os conceitos de sustentabilidade e indicadores, que podem ser aplicados aos sistemas de suporte à decisão em Recursos Hídricos, os quais foram implementados no SI-RIOSS. A sustentabilidade é um tema de extrema importância na atualidade devido à busca pela manutenção dos diversos ecossistemas com o intuito de usar os recursos naturais no presente, preservando-os para as futuras gerações. Enquanto que indicador entende-se por parâmetros que podem medir a diferença entre a situação desejada e a situação atual, ou seja, o mesmo pode indicar um problema ou quantificar um processo.



O termo sustentabilidade é bastante abrangente e ao se intentar defini-lo necessariamente devem ser incluídos aspectos de cunho social, econômico, ambiental, político, dentre outros. Seu marco inicial foi o relatório da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) em 1972, tendo a sua consagração ocorrida no fórum das Nações Unidas, no Rio de Janeiro em 1992.

Suurland (2008) propôs a combinação dos aspectos sociais, econômicos e ambientais sob a ótica de um prisma de sustentabilidade, conforme Figura 2.8, a partir destas considerações Rego Neto (2003) apresentou de forma unindo as três faces do prisma construiu um triângulo de sustentabilidade (Figura 2.9), cuja representação indica para o desenvolvimento sustentável, contudo devido às peculiaridades apresentadas por cada bacia hidrográfica, segundo o autor, a configuração dos triângulos internos sofre variação de uma bacia para outra.

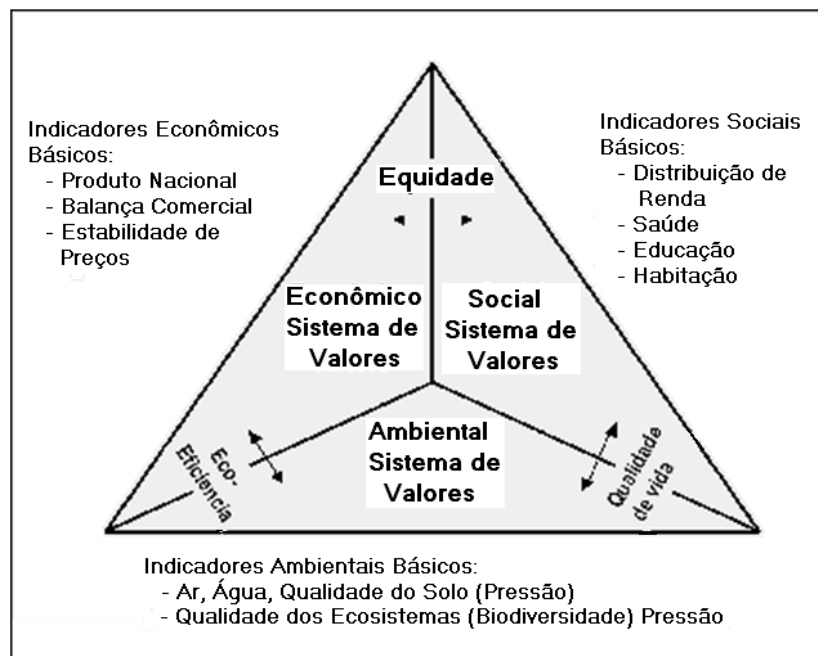


Figura 2.8 – Indicadores de Sustentabilidade (SUURLAND, 2008)

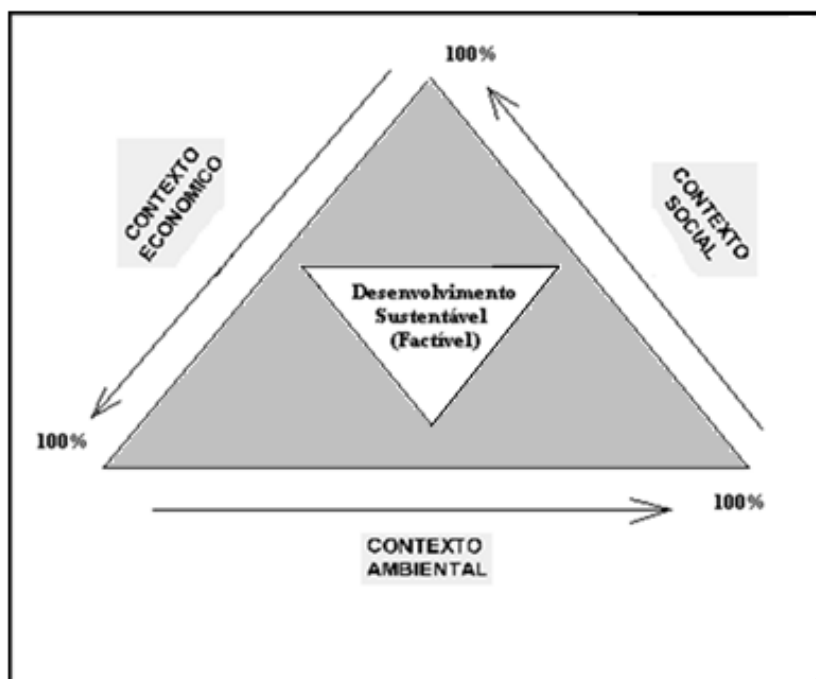


Figura 2.9 – Triângulo de sustentabilidade (REGO NETO, 2003)

Convém destacar que o conceito de desenvolvimento sustentável insere-se em diversas áreas e através de indicadores de sustentabilidade é possível medir o grau de sustentabilidade e indicar ordens de grandeza e até mesmo apontar medidas corretivas ou alternativas que revertam situações adversas.

No que se referem às dimensões ecológicas e ambientais, os objetivos da sustentabilidade formam um verdadeiro tripé (VEIGA, 2005): a) Preservação do potencial da natureza para a produção de recursos renováveis; b) Limitação do uso de recursos não renováveis; c) Respeito e realce para a capacidade de autodepuração dos ecossistemas.

Os indicadores são ferramentas úteis para operacionalização dos objetivos na perspectiva do desenvolvimento sustentável e, importantes referências no processo decisório. Podem ser avaliados em suas variáveis repetidamente ao longo do tempo (POGGIANI & STAPE, 2009). São bastante úteis como apoio à tomada de decisão uma vez que servem para quantificar e agregar valores que possibilitam a determinação das mudanças ocorridas no sistema além do mais fornece informações que ajudam os decisores a entender o motivo das mudanças ocorridas e assim, compreender melhor o processo de mudança.

Para Sato (2009), os indicadores de sustentabilidade não são indicadores tradicionais de sucesso econômico e qualidade ambiental. E ainda, a sustentabilidade requer uma visão de mundo mais integrada, isto é, os indicadores devem relacionar a economia, o meio ambiente e a sociedade

de uma comunidade, podendo variar em formato, mas sempre com o mesmo propósito: fornecer informações sobre o meio ambiente e suas interações sociais, econômicas e institucionais.

De acordo com Pelissari & Sarmiento (2005), algumas das definições e características para indicadores, podem ser destacadas:

- a) *Indicadores ambientais* – refletem uma relação significativa entre um aspecto do desenvolvimento econômico e social e um fator ou processo ambiental;
- b) *Indicador de desenvolvimento* – é a quantificação de um fator que permite a comparação entre os graus de desenvolvimento econômico de diversas economias nacionais/regionais;
- c) *Indicadores ecológicos* – são organismos, ou tipos de organismos, tão estritamente associados a condições ambientais específicas, que sua presença é indicativa da existência dessas condições naquele ambiente;
- d) *Indicadores de impacto* – é um elemento ou parâmetro que fornece uma medida do significado de um efeito, isto é, da magnitude de um impacto ambiental.
- e) *Indicadores de pressão ambiental* - descrevem as pressões que as atividades humanas exercem sobre o meio ambiente, inclusive a quantidade e a qualidade dos recursos naturais e;
- f) *Indicadores de resposta social* – mostram em que grau a sociedade está respondendo às mudanças ambientais e às preocupações com o meio ambiente.

Esta estrutura de indicadores apresenta uma vasta aplicação em trabalhos de diversas áreas nas esferas nacionais e internacionais e permite descrever: a) As alterações sobre o meio ambiente devido às adversidades exercidas pelo homem (Pressão); b) As reações do próprio ambiente (Estado); e c) A manifestação da sociedade para reverter os impactos negativos resultantes das pressões (Resposta).

Vários tipos de indicadores podem ser gerados a partir de um conjunto de informações. As técnicas de geração dos indicadores, por intermédio da agregação quantitativa das informações, podem fazer uso de análises estatísticas multivariada, métodos não paramétricos, métodos exclusivos, métodos de análise comparativa ou métodos baseados em formas aditivas, multiplicativas ou distância composta (LAURA, 2004).

Deste modo, um indicador ou índice consiste de informações calculadas baseadas em uma série de parâmetros de entrada que corresponde a uma medida de forma geral quantitativa dotada de

significado substantivo e usado para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito. Os indicadores sociais, econômicos, financeiros, sustentáveis e outros, são de interesse teórico ou programático para, respectivamente, a pesquisa acadêmica e a formulação de propostas e políticas públicas. Estes indicadores informam aspectos da realidade social de interesse, de modo que tais valores podem medir e avaliar determinadas tendências e contextos da realidade.

Os índices e indicadores devem possuir as seguintes características de acordo com Tunstall (1992): a) Reter apenas os significados essenciais (simplificar os mecanismos); b) São medidas estáticas que quantificam ou qualificam dados/informações; c) Preferencialmente, devem ser gerados segundo análise de sistemas; d) Tornam a análise de um fenômeno mais compreensível a todos (componentes e suas interações); e) Reduzem complexidade (não internalizam o tempo ou interações); f) Na maioria das vezes, não devem ser utilizados isoladamente; g) São utilizados para: Monitorar, estudar, prever ou comparar condições ou tendências, além de comparar lugares, situações ou alternativas e advertir sobre algum impacto/ação ou guiar decisões. Alguns indicadores e índices têm sido usado em sistemas de recursos hídricos, tais como:

### 2.5.1. INDICES DE SUSTENTABILIDADE (HASHIMOTO)

HASHIMOTO et al. (1982), citado por ANDRADE (2006) e ALENCAR (2009):, estabeleceu três indicadores de sustentabilidade (Confiabilidade, Resiliência e Vulnerabilidade) e um índice de sustentabilidade, que é uma agregação destes, com relação ao risco no atendimento às demandas, os quais auxiliam na avaliação da operação do sistema hídrico e na análise de futuros projetos a serem implantados (são indicadores de adequação operacional).

O indicador de confiabilidade mede a percentagem do tempo em que o sistema funciona sem falhas, ou seja, é a probabilidade de funcionamento sem falhas de atendimento as demandas. A fórmula estabelecida é de acordo com a equação:

$$Conf = \frac{Ns}{N} \quad (2.28)$$

Onde: Ns -> Número de sucessos

N -> Número de períodos de tempo simulado

Enquanto que o indicador de Resiliência mede a forma como o sistema retorna de uma falha caso esta tenha ocorrido, ou seja, avalia a média do quão rapidamente o sistema retorna a um estado satisfatório de atendimento a demanda. Por exemplo, um sistema que tenha muitas falhas, mas que

tende a se recuperar rapidamente, em alguns casos, é preferível a um sistema que tenha poucas falhas, mas que se recupere lentamente, a equação pode ser vista abaixo:

$$Res = \frac{\text{Número de vezes que sai de uma falha}}{\text{Número total de falhas}} \quad (2.29)$$

E o indicador de vulnerabilidade mede a magnitude das falhas, caso esta tenha ocorrido, conforme equação em seguida.

$$Vul = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Percentual da falha } i \text{ no atendimento a demanda}}{\text{Número total de falhas}} \quad (2.30)$$

Conforme visto em Kjeldsen e Rosbjerg (2001), citado por (Alencar, 2009), ainda foi proposto um índice de sustentabilidade geral definido de acordo com a equação em seguida.

$$\text{Sustentabilidade} = \text{Confiabilidade} * \text{Resiliência} * [1 - \text{Vulnerabilidade}] \quad 2.29$$

### 2.5.2. INDICADORES REFERENTES AOS AFLUXOS

As variabilidades dos afluxos em reservatórios indicam as necessidades de se armazenar água, conforme podem ser observados nas equações em seguida.

$$\eta_{va1} = \frac{\min Qa_t}{\max Qa_t} \quad (2.31)$$

Onde:  $Qa_t$  -> corresponde à vazão dos afluxos

$$\eta_{va2} = \frac{\sum |Qa_t - Qa_{médio}|}{n * Qa_{médio}} \quad (2.32)$$

Intermitência dos Afluos

$$\eta_{ia} = \frac{(\text{número de } Qa_t = 0)}{\text{Número de meses}} \quad (2.33)$$

### 2.5.3. INDICADORES DE EFICIÊNCIA ASSOCIADOS AOS RESERVATÓRIOS

Para medir a eficiência dos reservatórios foram utilizados alguns indicadores, vistos em Barbosa (2008), os quais são:

$\eta_{vr}$  -> Relação entre a variabilidade volumétrica do reservatório e a vazão total afluyente no período de estudo. Esse indicador denota a perda ou ganho de volume no reservatório (variabilidade intra-anual do volume do reservatório), conforme equação em seguida.

$$\eta_{vr} = \frac{Vr_{final} - Vr_{inicial}}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (2.34)$$

$\eta_E$  -> Relação entre a evaporação anual (superfície do reservatório) e a vazão total afluyente no período estudado. Este indicador representa o percentual perdido por evaporação de toda aflüência e possui as seguintes características: a) Estabelece a eficiência quanto ao armazenamento da água; b) Pode indicar que o reservatório tenha baixa profundidade e grande área do espelho líquido; c) Pode ser usado no estabelecimento de quão rápido a água tenha que ser usada para amenizar as perdas evaporativas; d) Altos valores indicam que reservatórios são incapazes de prover regularização interanual; e e) No nordeste têm valores que variam de 5% até valores acima de 30%. Conforme equação em seguida.

$$\eta_E = \frac{\sum E_t}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (2.35)$$

$\eta_p$  -> Relação entre o volume precipitado sobre o reservatório e a vazão total afluyente no período de estudo. Esse indicador representa o percentual de precipitação direta sobre a bacia hidráulica do reservatório e possui as seguintes características: a) Pode indicar que o reservatório tenha baixa profundidade e grande área do espelho líquido; e b) Altos valores indicam que a bacia de contribuição é pequena. Conforme a equação em seguida.

$$\eta_p = \frac{\sum P_t}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (2.36)$$

$\eta_v$  -> Relação entre o vertimento anual (sangria do reservatório) e a vazão total afluyente no período de estudo e possui as seguintes características: a) Estabelece, também, a eficiência quanto ao armazenamento da água e a capacidade do reservatório; b) Indica o quanto o reservatório desperdiça da água afluyente; e c) No Nordeste esses índices são muito baixos. Conforme a equação em seguida.

$$\eta_v = \frac{\sum Qv_t}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (2.37)$$

$\eta_e$  -> Relação entre descarga de fundo (perenizar o rio, vazões ecológicas ou atendimento às demandas de jusante) e a quantidade de água (vazão afluyente total) e possui as seguintes características: a) Estabelece a eficiência quanto ao uso da água; b) Altos valores indicam que existem poucos desperdícios; e c) Nordeste tem valor médio na faixa de 25%. É determinado conforme a equação em seguida.

$$\eta_e = \frac{\sum Qe_t}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (2.38)$$

$\eta_{cap1}$  -> Relação entre a capacidade de acumulação e a vazão afluyente anual (eficiência acumulativa) e possui as seguintes características: a) Estabelece a eficiência quanto a capacidade de armazenamento da água; b) – Altos valores indicam ou que reservatórios estão super dimensionados ou alta variabilidade dos afluxos; e c) O Nordeste possui o valor médio na faixa de 2 devido a alta variabilidade dos afluxos (Bacia Piranhas-Acu : 2,24 - devido açude Armando Ribeiro Gonçalves; Bacia do Jaguaribe: 1,7; Bacia do Rio São Francisco: 1,34). Conforme a equação em seguida.

$$\eta_{cap1} = \frac{VRcap}{\sum Qa_t} \quad (2.39)$$

$\eta_{cap2}$  -> Relação entre o **volume máximo** mensal armazenado e a **capacidade de acumulação (eficiência acumulativa)**, e possui as seguintes características: a) Estabelece a eficiência quanto à capacidade de armazenamento da água; b) – Valores menores que 1 indicam que reservatórios estão super dimensionados; e c) Ocorre, geralmente, quando se constroem reservatórios a sua montante. É determinado conforme a equação em seguida.

$$\eta_{cap2} = \frac{VRmax}{VRcap} \quad (2.40)$$

$\eta_{Vvar}$  -> Relação entre a **variabilidade máxima volumétrica (VRmax - VrRmin)** e o **volume máximo anual (variabilidade volumétrica)** e possui as seguintes características: a) Estabelece a forma com que o reservatório trabalha em termos de variabilidade volumétrica; e b) Altos valores indicam que reservatórios têm uma alta variabilidade de demandas ou afluxos (ex: Reservatórios de usinas hidrelétricas têm índices próximos a 0, enquanto que, no nordeste, os pequenos e médios reservatórios têm, em geral, índices superiores a 0,5). É determinado conforme a equação em seguida.

$$\eta_{Vvar} = \frac{VRmax - VrRmin}{VRmax} \quad (2.41)$$

Outros três indicadores associados aos reservatórios relacionam potencialidade, disponibilidade e demanda. A **potencialidade** é obtida pela soma dos afluxos mais a precipitação direta, a **disponibilidade** é igual a soma dos afluxos mais a precipitação direta menos as perdas por evaporação ou em trânsito e as **demandas** são os usos consuntivos (tomadas d'água para abastecimento humano e irrigação).

IAP -> Índice de Ativação da Potencialidade, definido como a razão entre a disponibilidade e a potencialidade. Indica o percentual de água utilizado em relação a totalidade de água disponível na bacia (retirando as perdas por evaporação e vertimento), conforme equação em seguida.

$$IAP = \frac{Disponibilidade}{Potencialidade} \quad (2.42)$$

IUD -> Índice de Utilização da Disponibilidade, razão entre a demanda e a disponibilidade. Indica o quanto da água disponível foi destinada para o atendimento as demandas, de acordo com a equação em seguida.

$$IUD = \frac{Demanda}{Disponibilidade} \quad (2.43)$$

IUP -> Índice de Utilização da Potencialidade, razão entre a demanda e a potencialidade. Indica o quanto de água (total das afluições) foi utilizada para as demandas, conforme a equação em seguida.



$$IUP = \frac{\text{Demanda}}{\text{Potencialidade}} \quad (2.44)$$

## 2.6. INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA

Neste tópico é comentado sobre a análise da água que é consumida pelos seres humanos e a dessedentação dos animais. A quantidade de água é fundamental para as necessidades dos vários ecossistemas existentes, bem como, sua qualidade é de suma importância para a vida neste planeta. Portanto, a qualidade da água é analisada e determinada baseando-se em uma série de parâmetros químicos e bioquímicos feitos por profissionais devidamente qualificados, através de amostras colhidas periodicamente.

Deste modo, o Índice de Qualidade das Águas, IQA, foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation (NSF, 2011) fundada em 1944, que é uma Fundação Nacional de Saneamento sem fins lucrativos, não-governamental dedicada ao desenvolvimento de normas, certificações de produtos e práticas de gestão de risco para a saúde e segurança públicas. A NSF se concentra principalmente em alimentos, água, qualidade do ar interior e do meio ambiente durante o desenvolvimento de seus padrões.

No Brasil, foi iniciada a partir de 1975 a utilização do IQA pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) – (CETESB, 2011). Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram esse índice, que hoje é o principal indicador de qualidade da água utilizado no país. O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta objetivando seu uso para o abastecimento público, depois de ser tratada. Os parâmetros usados no cálculo do IQA são indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

A avaliação da qualidade da água através do IQA tem limitações, uma vez que este índice não analisa outros parâmetros importantes para o abastecimento público, como: substâncias tóxicas (exemplo: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água. Este índice (IQA) é composto por nove parâmetros (Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Oxigênio Dissolvido, Potencial Hidrogeniônico - pH, Sólidos Totais, Temperatura da Água e Turbidez), que possuem pesos (w), e foram fixados para a conformação global da qualidade da água de acordo com a Tabela 2.4.

Tabela 2.4: Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e seu respectivo peso (PQA, 2011).

PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (w)
Coliformes Termotolerantes	0,15
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	0,10
Fósforo Total	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Oxigênio Dissolvido	0,17
Potencial Hidrogeniônico - pH	0,12
Sólidos Totais	0,08
Temperatura da Água	0,10
Turbidez	0,08

O cálculo do IQA é feito por meio do somatório, ou produtório ponderado dos nove parâmetros, conforme as seguintes equações:

$$\sum_{i=1}^9 q_i \times w_i \quad \text{Ou} \quad \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad (2.45)$$

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

$q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro. Um valor entre 0 e 100, obtido do gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

$w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de acordo com a equação:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2.46)$$

Onde:

“ $n$ ” representa o número de parâmetros para o cálculo do IQA.

Os valores do IQA são classificados em faixas, de acordo com a Tabela 2.4, conforme estabelecidos pelos estados brasileiros.

Tabela 2.5: Faixas que determinam a qualidade de água (PQA, 2011).

IQA nos Estados: AL, MG, MT, RJ, RS, PR e RN	IQA nos Estados: SP, PE, PB, BA, CE, GO, ES e MS	Avaliação da Qualidade da Água
91-100	80-100	Ótima
71-90	52-79	Boa
51-70	37-51	Razoável
26-50	20-36	Ruim
0-25	0-19	Péssima

### 2.6.1. PARÂMETROS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA

Aqui são descritos os nove (9) parâmetros utilizados para o cálculo do índice de qualidade de água (IQA), onde é fornecida uma breve definição desses parâmetros e as respectivas equações.

#### 2.6.1.1. COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Os coliformes são indicadores da existência de microrganismos patogênicos presentes na água, essas bactérias encontradas na água, significa que o rio ou reservatório recebeu matérias fecais, ou esgotos. Portanto, a presença de coliformes fecais na água indica a possível contaminação dessas águas com seres patogênicos, causadores de doenças (Martins, 2009). Essas bactérias em seres humanos ou animais de sangue quente causam doenças de veiculação hídrica (exemplo: cólera disenteria bacilar, febre tifoide, entre outras).

Deste modo, há a necessidade de se calcular a determinação da potencialidade de um corpo d'água por possuir agentes causadores de doenças de maneira indireta, por intermédio dos organismos indicadores de contaminação fecal do grupo dos coliformes (Franco, 2003, citado por Martins, 2009). Os principais indicadores de contaminação fecal são as concentrações de coliformes totais e coliformes fecais, expressa em número de organismos por 100 ml de água. Ainda de acordo com (Franco, 2003, citado por Martins, 2009), as águas utilizadas para abastecimento não deve ultrapassar 4.000 coliformes em 100 ml de água em 80% das amostras colhidas em qualquer período do ano.

De acordo com Ferreira & Almeida (2005), as equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro Coliformes são os seguintes:

$$\text{Para CF} \leq 10^5 \text{ NMP/100mL}$$

$$q_s = 98,24034 - 34,7145 \times (\log(CF)) + 2,614267 \times (\log(CF))^2 + 0,107821 \times (\log(CF))^3 \quad (2.47)$$

Para  $CF > 10^5$  NMP/100mL

$$q_s = 3,0 \quad (2.48)$$

### 2.6.1.2. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

A DBO exprime o valor da poluição produzida por matéria orgânica oxidável biologicamente, significa a quantidade de oxigênio que é consumida pelos microorganismos do esgoto ou águas poluídas. Esta retrata de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água (Martins, 2009).

De acordo com (AGSOLVE, 2011), o oxigênio é um parâmetro fundamental para o controle e acompanhamento da degradação do carbono e dos processos de nitrificação e desnitrificação em estações de tratamento de esgoto doméstico e águas residuais, principalmente, com relação à sua concentração. Ainda segundo AGSOLVE (2011), uma solução inovadora para a determinação do oxigênio, já está disponível no mercado, que é um sensor de oxigênio completamente novo, desenvolvido pela empresa Hach e comercializado pela Ag Solve no Brasil. O aparelho, chamado de BOD utiliza um medidor de Oxigênio Dissolvido por Luminescência patenteado (LDO®), é portátil, rápido e preciso, funciona por meio de um sistema óptico, que não apresenta os inconvenientes dos demais sensores eletroquímicos ou outros processos.

Portanto, valores altos de  $DBO_{5,20}$ , num corpo d'água são normalmente causados pelo lançamento de esgotos domésticos. Logo, valores altos deste parâmetro provocam uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode causar mortandades de peixes e extinção de outros organismos aquáticos.

Conforme Ferreira & Almeida (2005), as equações para o cálculo do parâmetro DBO é:

Para  $DBO \leq 30$  mg/L

$$q_s = 100,9571 - 10,7121 \times DBO + 0,49544 \times DBO^2 - 0,011167 \times DBO^3 + 0,0001 \times DBO^4 \quad (2.49)$$

Para  $DBO > 30,0$  mg/L

$$Q_s = 2,0 \quad (2.50)$$

### 2.6.1.3. FÓSFORO TOTAL

O fósforo é um nutriente muito importante para os processos biológicos e o excesso deste parâmetro pode causar a eutrofização das águas. Logo, esgotos domésticos são as principais fontes de fósforo, devido à presença dos detergentes superfosfatados e da matéria fecal. Entretanto, a drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas pode também ser uma fonte significativa de fósforo em corpos d'água.

De acordo com (Reynolds & Davies, 2001, citado por Pellegrini, 2005), a disponibilidade do fósforo na água depende da interação qualitativa e quantitativa entre os sedimentos e a água, no espaço e no tempo. Desta forma, a dinâmica deste elemento interfere na qualidade da água e nas formas e quantidades de fósforo no escoamento e no deflúvio superficial dos agroecossistemas esses são dependentes dos seguintes fatores: fontes de poluição; mecanismos de transferência de sedimento e fósforo e; das transformações que ocorrem durante sua trajetória.

De acordo com (Sperling, 1996, citado por Martins, 2009) O fósforo orgânico é normalmente de menor importância. Portanto, o fósforo é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, causando a eutrofização.

De acordo com Ferreira e Almeida (2005), os cálculos para o parâmetro Fósforo Total é:

Para  $PO_4 \leq 10$  mg/L

$$q_s = 79,7 \times (PO_4 + 0,821) - 1,15 \quad (2.51)$$

Para  $PO_4 > 10,0$  mg/L

$$q_s = 5,0 \quad (2.52)$$

### 2.6.1.4. NITROGÊNIO TOTAL

De acordo com o (PQA, 2011), nos corpos d'água o nitrogênio pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato (são tóxicos aos seres humanos, e em altas concentrações causa uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que pode ser letal para crianças). Uma vez que compostos de nitrogênio são nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água, junto com outros nutrientes como o fósforo,

causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática.

De acordo com (Kipnis *et al*, 1978; Reed, 1972; Paganini, 1997, citado por Melo et al 2000), o nitrogênio é um elemento muito importante na síntese de proteínas pelas plantas e pode vir a ser um fator limitante na produção de alimentos. Portanto, o nitrogênio enquanto nutriente pode causar problemas de superprodução de algas em estações de tratamento que não forem capazes de retirar ou reduzir a quantidade desse elemento. Nos esgotos o nitrogênio pode aparecer de diversas formas, desde nitrogênio orgânico, amônia, ou até em formas mais oxidadas como nitrito e nitrato.

Conforme Ferreira & Almeida (2005), os cálculos para o parâmetro Nitrato Total, é:

Para  $\text{NO}_3 \leq 10 \text{ mg/L}$

$$q_s = -5,1 \times \text{NO}_3 + 100,17 \quad (2.53)$$

Para  $10 < \text{NO}_3 \leq 60 \text{ mg/L}$

$$q_s = -22,853 \times \ln(\text{NO}_3) + 101,18 \quad (2.54)$$

Para  $60 < \text{NO}_3 \leq 90 \text{ mg/L}$

$$q_s = 10.000.000.000 \times (\text{NO}_3) - 5,1161 \quad (2.55)$$

Para  $\text{NO}_3 > 90 \text{ mg/L}$

$$q_s = 1,0 \quad (2.56)$$

#### 2.6.1.5. OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O oxigênio dissolvido é vital para a preservação da vida aquática, já que vários organismos (ex: peixes) precisam de oxigênio para respirar. As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Por outro lado as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5mg/L, exceto se houverem condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro.

De acordo com (Fiorucci & Benedetti Filho, 2005), a concentração de oxigênio dissolvido (OD) em um corpo d'água é controlada por vários fatores, sendo um deles a solubilidade do oxigênio em água. Este processo na água, como em outras moléculas de gases apolares com interação intermolecular fraca com água, é pequena devido à característica polar da molécula de água. Portanto, a presença do O<sub>2</sub> na água se deve, em parte, à sua dissolução do ar atmosférico para

a água. Com isso, conforme (Esteves, 1998, citado por Fiorucci & Benedetti Filho, 2005) dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos.

Por isso, as águas eutrofizadas podem apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg/L, situação conhecida como supersaturação. Esse processo ocorre principalmente em lagos e represas em que o excessivo crescimento das algas faz com que durante o dia, por causa da fotossíntese, os valores de oxigênio fiquem mais elevados. De outra forma, no período da noite não ocorre à fotossíntese, e a respiração dos organismos diminuem drasticamente as concentrações de oxigênio, podendo acontecer à morte de peixes.

De acordo com Ferreira & Almeida (2005), O primeiro passo para a determinação do índice para o parâmetro Oxigênio Dissolvido é a determinação da Concentração de saturação de oxigênio:

$$C_s = (14,2 \times e^{-0,0212T} - (0,0016 \times C_{Cl} \times e^{-0,0264T})) \times (0,994 - (0,0001042 \times H)) \quad (2.57)$$

onde:

$C_s$  – concentração de saturação de oxigênio (mg/L)

T – temperatura (°C)

$C_{Cl}$  – Concentração de Cloreto (mg/L)

H – Altitude (m)

Depois se calcula a porcentagem de oxigênio dissolvido, dada pela fórmula:

$$\%OD = (OD/C_s) \times 100$$

onde:

OD% – porcentagem de oxigênio dissolvido

OD – oxigênio dissolvido (mg/L)

$C_s$  – concentração de saturação de oxigênio dissolvido (mg/L)

Posteriormente deve-se fazer o cálculo do  $q_s$  para este parâmetro, conforme abaixo:

Para OD% saturação  $\leq 100$

$$q_s = 100 \times (\text{sem}(y_1))^2 - [(2,5 \times \text{sem}(y_2) - 0,018 \times OD\% + 6,86) \times \text{sem}(y_3)] + 12 / (e^{y_4} + e^{y_5}) \quad (2.58)$$

Sendo:

$$y_1 = 0,01396 \times OD\% + 0,0873$$

$$y_2 = PI / 56 \times (OD\% - 27)$$

$$y_3 = PI / 85 - (OD\% - 15)$$

$$y_4 = (OD\% - 65) / 10$$

$$y_5 = (65 - OD\%) / 10$$

Para  $100 < OD\%$  saturação  $\leq 140$

$$q_s = - 0,00777142857142832 \times (OD\%)^2 + 1,27854285714278 \times OD\% + 49,8817148572 \quad (2.59)$$

Para  $OD\%$  saturação  $> 140$

$$q_s = 47,0 \quad (2.60)$$

#### 2.6.1.6. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

O pH, potencial hidrogeniônico ou potencial hidrogênio iônico, é um índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer. A escala do pH pode variar de 0 até 14, sendo que quanto menor o índice do pH de uma substância, mais ácida esta substância será. A Resolução CONAMA 357 determina que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9, uma vez que o pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. De outra forma, alterações nos valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, como os metais pesados.

O potencial hidrogeniônico pode ser de origem natural através da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, ou pode ter origem antropogênica, através de despejos domésticos oxidação da matéria orgânica e despejos industriais. De acordo com (Lima, 2001, citado por Martins, 2009), o pH da grande maioria dos corpos d'água varia entre 6,0 e 8,0. Ecossistemas que apresentam valores baixos de pH têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone.

Conforme Ferreira & Almeida (2005), os cálculos para o parâmetro de pH é:

Para  $pH \leq 2,0$

$$q_s = 2,0 \quad (2.61)$$

Para  $2,0 < pH \leq 6,9$



$$q_s = - 37,1085 + 41,91277 \times \text{pH} - 15,7043 \times \text{pH}^2 + 2,417486 \times \text{pH}^3 - 0,091252 \times \text{pH}^4$$

(2.62)

Para  $6,9 < \text{pH} \leq 7,1$

$$q_s = - 4,69365 - 21,4593 \times \text{pH} - 68,4561 \times \text{pH}^2 + 21,638886 \times \text{pH}^3 - 1,59165 \times \text{pH}^4$$

(2.63)

Para  $7,1 < \text{pH} \leq 12$

$$q_s = -7,698,19 + 3,262,031 \times \text{pH} - 499,494 \times \text{pH}^2 + 33,1551 \times \text{pH}^3 - 0,810613 \times \text{pH}^4$$

Para  $\text{pH} > 12,0$

$$q_s = 3,0$$

(2.64)

#### 2.6.1.7. SÓLIDOS TOTAIS

O sólido ou resíduo total é a matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura. Quando os resíduos sólidos se depositam nos leitos dos corpos d'água podem causar seu assoreamento, que gera problemas para a navegação e pode aumentar o risco de enchentes. Além disso, podem causar danos à vida aquática, pois ao se depositarem no leito eles destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos, além de danificar os locais de desova de peixes.

De acordo com (Lougan et al 2009), o lançamento de águas residuárias nos cursos d'água, sem nenhum tratamento prévio, pode ocasionar sérios problemas ambientais. Os sólidos agem de maneira indireta sobre a vida aquática, impedem a penetração da luz, induzem o aquecimento da água o que, conseqüentemente, diminui a quantidade de oxigênio dissolvido no meio. Com isso, de acordo com o CONAMA, a concentração de sólidos dissolvidos deve ser menor que 500 mg/L em água para abastecimento público.

Conforme (Branco, 1983, citado por Martins, 2009), todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos, esses podem ser classificados de acordo com suas características físicas (suspensos e dissolvidos) e químicas (orgânicos e inorgânicos). Deste modo, os sólidos voláteis representam uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos, à medida que os sólidos fixos caracterizam a presença de matéria inorgânica ou mineral.

Conforme Ferreira & Almeida (2005), os cálculos para o parâmetro Sólidos Totais, é como segue:

Para  $ST \leq 500$

$$q_s = 133,17 \times e^{(-0,0027 \times ST)} - 53,17 \times e^{(-0,0141 \times ST)} + [(-6,2 \times e^{(-0,00462 \times ST)}) \times \text{sen}(0,0146 \times ST)] \quad (2.65)$$

Para  $ST > 500$

$$q_s = 30,0 \quad (2.66)$$

#### 2.6.1.8. TEMPERATURA DA ÁGUA

Consiste da medida da intensidade de calor, ou seja, é um parâmetro importante, uma vez que, influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido, entre outros), com reflexos sobre a vida aquática. A temperatura pode variar em função de fontes naturais (energia solar) e fontes antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas).

De acordo com (Martins, 2009), os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que pode provocar impactos sobre seu crescimento e reprodução. A transferência de calor pode acontecer por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo), ou ainda pode ter origem em despejos industriais. O aumento da temperatura pode elevar as taxas das reações químicas e biológicas, podendo aumentar também a taxa de transferência dos gases, o que pode provocar mau cheiro e diminuir a solubilidade dos gases. Ainda conforme (Martins, 2009), todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. No entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água.

Os cálculos da variação da temperatura da água, de acordo com Ferreira & Almeida (2005), as equações e as curvas desenvolvidas pela NSF, levam em conta as características dos corpos de água e variações climáticas dos Estados Unidos, sendo que a variação da temperatura de equilíbrio o principal parâmetro influente no cálculo. Para o Brasil, as variações climáticas não são elevadas e com isso as equações mostram que a variação da temperatura é próxima de zero e, portanto, tem-se que:

$$\Delta T \cong 0$$

$$\text{Para } -0,625 < \Delta T \leq 0,625$$

$$q_s = 4,8 \times \Delta T + 93$$

$$q_s = 4,8 \times (0) + 93$$

$$q_s = 93 \tag{2.67}$$

#### 2.6.1.9. TURBIDEZ

De acordo com (Correia et al, 2008), a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água é chamada de Turbidez. Essa turbidez é produzida por matérias sólidas em suspensão, como exemplo: silte, argila, colóides, matéria orgânica, entre outros. A turbidez é medida através do equipamento chamado “turbidímetro”, isso é feito através da comparação do espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior for o espalhamento, maior será a turbidez e os valores são expressos em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). Por outro lado, a cor da água interfere negativamente na medida da turbidez devido à sua propriedade de absorver luz. Conforme a OMS (Organização Mundial da Saúde), o limite máximo de turbidez em água potável deve ser 5 UNT.

Uma das principais fontes de turbidez é a erosão dos solos que acontece durante o período chuvoso, onde as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d’água. Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que produzem uma elevação da turbidez das águas. O aumento da turbidez faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (exemplo: coagulantes) sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos de tratamento. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação.

De acordo com Ferreira & Almeida (2005), os cálculos para o parâmetro Turbidez, é:

Para  $Tu \leq 100$

$$q_s = 90,37 \times e^{(-0,0169 \times Tu)} - 15 \times \cos(0,0571 \times (Tu - 30)) + 10,22 \times e^{(-0,231 \times Tu)} - 0,8 \tag{2.68}$$

Para  $Tu > 100$

$$q_s = 5,0 \tag{2.69}$$

Uma vez armazenado os dados de séries temporais, há a necessidade do armazenamento de mais uma série de outros dados para a efetivação de uma série de cálculos. Portanto, há a necessidade da elaboração de um sistema que suporte todas as informações, logo se precisa de um gerenciador de bando de dados para melhor administrar esses dados.

## **2.7. SISTEMAS DE BANCOS DE DADOS**

A tomada de decisões nas organizações tem impulsionado o desenvolvimento dos sistemas de processamento de informações que podem ser citados os processadores de texto (editoração eletrônica), as planilhas eletrônicas (cálculos com tabelas de valores), e os sistemas de gerenciamento de bancos de dados (SGBDs) (armazenamento de grandes volumes de dados, estruturados em registros e tabelas, com recursos para acesso e processamento das informações).

De acordo com Date (1995), um Sistema Gerenciador de Banco de Dados ou Sistema Gestor de Base de Dados (SGBD) é o conjunto de programas (softwares) responsáveis pelo gerenciamento de uma base de dados. O principal objetivo é retirar da aplicação cliente a responsabilidade de gerenciar o acesso, manipulação e organização dos dados. O SGBD disponibiliza uma interface para que os seus usuários possam incluir, alterar ou consultar dados. Em bancos de dados relacionais a interface é constituída pelas (*Application Programming Interface*) APIs ou drivers do SGBD, que executam comandos na linguagem (*Structured Query Language*) SQL. Um sistema de banco de dados consiste de um sistema de manutenção e manipulação de registros em um computador, que compreende os seguintes componentes: dados; hardware; software; e usuários.

Um sistema de banco de dados isola os usuários dos detalhes mais internos do banco de dados que corresponde à abstração de dados. Deve-se prover independência dos dados às aplicações que é a estrutura física de armazenamento e a estratégia de acesso. Algumas das vantagens que um sistema de banco de dados pode oferecer são: compartilhamento de dados; rapidez na manipulação e no acesso aos dados; disponibilidade dos dados em tempo hábil; reduzir o esforço humano em seu desenvolvimento de softwares; controle integrado de informações distribuídas fisicamente; aplicação automática de restrições de segurança; redução de problemas de integridade dos dados; entre outros.

Um sistema de banco de dados deve fornecer uma visão abstrata dos dados para os usuários que consiste na abstração em três níveis: nível de visão dos usuários (que descreve partes do banco de dados conforme as necessidades de um usuário individualmente); nível conceitual (que consiste

na forma como os dados estão armazenados no banco de dados); e nível físico (que consiste no mais baixo nível de abstração e descreve como os dados estão armazenados realmente).

De acordo com Silberschatz et al., (1999), um banco de dados pode ser dividido basicamente em dois modelos lógicos de dados que são: modelos baseados em registros e modelos baseados em objetos. No modelo baseado em registros, os dados são descritos nos níveis conceituais e de visões de usuários e o banco de dados é estruturado em registros de formatos fixos de diversos tipos, onde cada tipo de registro tem sua coleção de atributos e podem ser um dos três tipos: relacional; rede; ou hierárquico. Enquanto que nos modelos lógicos baseados em objetos, os dados são descritos nos níveis conceituais e de visões de usuários e o banco de dados pode ser um dos dois tipos: entidade-relacionamento; ou orientado a objetos. Especificamente no modelo orientado a objetos, o código executável é parte integrante do modelo de dados.

O modelo de banco de dados relacional é um modelo de dados baseado em lógica e na teoria de conjuntos. Este foi o primeiro modelo formal e somente depois seus antecessores, os bancos de dados hierárquicos e em rede, passaram a ser também descritos em linguagem formal. A principal proposição do modelo relacional é que todos os dados são representados como relações matemáticas, isto é, um subconjunto do produto cartesiano de  $n$  conjuntos. No modelo matemático, a análise dos dados é feita numa lógica de predicados de dois valores, ou seja, sem o valor nulo, que existem dois possíveis valores para uma proposição: verdadeira ou falsa. Os dados são tratados pelo cálculo relacional ou álgebra relacional. Deste modo, tanto os dados quanto os relacionamentos são representados por tabelas.

O modelo de banco de dados em redes surgiu como uma extensão ao modelo hierárquico, eliminando o conceito de hierarquia e permitindo que um mesmo registro estivesse envolvido em várias associações. Neste modelo os registros são organizados em grafos onde aparece um único tipo de associação que define uma relação 1:N entre 2 tipos de registros: proprietário e membro, em que os dados são representados por coleções de registros e seus relacionamentos são representados por elos.

Um modelo de banco de dados hierárquico é um tipo de sistema de gerenciamento de banco de dados que conecta registros numa estrutura de dados em árvore através de ligações em que cada tipo de registro tenha apenas um possuidor. A base de dados tem como fundamento um Modelo de Entidades e Relacionamentos: onde cada registro é uma coleção de atributos (campos) e cada um contendo somente uma informação e uma ligação que é a associação entre dois registros.

Um sistema de gerência de banco de dados possui dois tipos de linguagens que são utilizadas para o trabalho direto com o banco de dados que podem ser: as linguagens de definição

de dados, as chamadas DDL (*Data Definition Language*) e as linguagens de manipulação dos dados que são chamadas de DML (*Data Manipulation Language*). As DDL's permitem especificar o esquema do banco de dados, por intermédio de um conjunto de definições de dados que são os chamados metadados e são armazenados no dicionário de dados. Enquanto que as DML's permitem ao usuário acessar ou manipular os dados no mais alto nível de abstração, isso é feito através de comandos de consulta, inserção, alteração e remoção de dados via a linguagem denominada SQL.

### **2.7.1. LINGUAGEM DE DEFINIÇÃO DE DADOS**

Conforme visto, um esquema de banco de dados é especificado por um conjunto de definições em uma linguagem especial denominada DDL. Um conjunto de tabelas armazenadas em um arquivo especial consiste no resultado da compilação de comandos de uma DDL que é denominado de dicionário (ou diretório) de dados. Um dicionário de dados é um arquivo que contém metadados, ou seja, dados sobre dados. Este arquivo é consultado antes que os dados sejam lidos ou modificados no sistema de banco de dados. Enquanto que a estrutura de armazenagem e os métodos de acesso usados em um sistema de banco de dados são especificados por um conjunto de definições em um tipo especial de DDL chamado linguagem de armazenagem e definição de dados. O resultado da compilação destas definições é um conjunto de instruções para especificar a implementação de detalhes do esquema de banco de dados que estão normalmente escondidos dos usuários.

### **2.7.2. LINGUAGEM DE MANIPULAÇÃO DE DADOS**

De acordo com Silberschatz et al. (1999), esta linguagem tem como finalidade facilitar o acesso aos dados diretamente do banco de dados que pode ser feita uma das seguintes manipulações: busca da informação armazenada no banco de dados; inserção de novas informações nos bancos de dados; eliminação de informações no banco de dados; e modificação de dados armazenados no banco de dados. DML é a linguagem que permite aos usuários fazer o acesso aos dados ou manipulá-los, conforme modelo de dados apropriados, ou seja, existem basicamente dois tipos que são: DML's procedurais que requerem do usuário a especificação de qual dado é necessário e de como obtê-lo; e DML's não-procedurais que requerem do usuário a especificação de qual dado é necessário sem especificar como obtê-lo.

### **2.7.3. VISÃO GERAL DA ESTRUTURA DO SISTEMA DE BANCO DE DADOS**

Conforme Silberschatz et al. (1999), um sistema de banco de dados deve realizar suas operações em conjunto com o sistema operacional que lida com o hardware do computador como é

o caso do disco rígido. Deste modo, o projeto do banco de dados deve considerar a interface entre o sistema de banco de dados e o sistema operacional. Portanto, os componentes funcionais do sistema de banco de dados podem ser divididos pelos componentes de processamento de consultas e pelos componentes de administração de memória. Logo, os componentes de consultas podem ser: compilador DML; pré-compilador para comandos DML; interpretador DDL; e componentes para o tratamento de consultas.

Enquanto que os componentes que administram o armazenamento de dados, proporcionam a interface entre os dados de baixo nível, armazenados no banco de dados, os programas de aplicações e as consultas submetidas ao sistema. Logo, os componentes de administração de armazenamento de dados podem ser: gerenciamento de autorizações e integridade (estes testam o cumprimento das regras de integridade e a permissão ao usuário no acesso ao dado); gerenciamento de transações (estes garantem que o banco de dados permanecerá em estado consistente quanto às transações concorrentes); administração de arquivos (estes gerenciam a alocação de espaço no armazenamento em disco); administração de buffer (este é responsável pela intermediação de dados do disco para a memória principal e pela decisão de quais dados por em memória cachê).

Por outro lado, as estruturas de dados são exigidas como parte da implementação física do sistema que podem ser: arquivo de dados (armazenam o próprio banco de dados); dicionário de dados (armazena os metadados concernentes a estrutura do banco de dados); índices (permitem o acesso rápido aos itens de dados associados aos valores específicos); estatísticas dos dados (armazenam as estatísticas referentes aos dados do banco de dados). A estrutura geral do sistema pode ser vista na Figura 2.10.

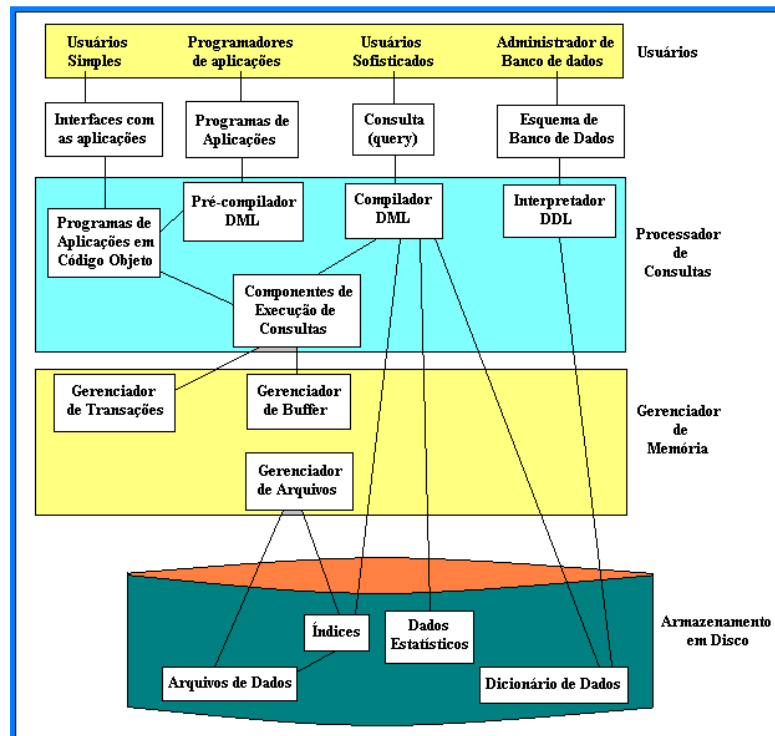


Figura 2.10. Estrutura Geral do Sistema de banco de dados (SILBERSCHATZ et al., 1999)

## 2.8. CONCEITOS DE DADOS E INFORMAÇÃO

Aqui são abordados os conceitos de dados e informações que são de extrema importância para os gestores das diversas bacias hidrográficas que precisam administrar esses recursos de forma a compatibilizar a oferta com a demanda dentro de um contexto que leve em consideração, também, os aspectos socioeconômicos e ambientais. Deste modo, os dados introduzidos em SSD's que devem ser analisados e após as análises, deve fazer comparações e submeter a processos complexos de engenharia e retornar informações através de gráficos, imagens e outros, com a finalidade de ajudar no processo da tomada de decisão.

Portanto, os dados correspondem aos fatos em sua formação primária, ou seja, o nome de qualquer objeto em si, como: cadeira, mesa, casa, não estão organizados e os mesmos soltos sem nenhum vínculo, servem apenas para designar os objetos. Enquanto que esses dados arranjados ou organizados de alguma forma, passam a ter um sentido mais profundo e são denominados de informação. Melhor dizendo, a informação é um conjunto de fatos organizados de tal forma que adquirem valor adicional, além do valor do fato em si (STAIR, 1998).

As informações também têm uma importância fundamental para o desenvolvimento de planos estratégicos de qualquer empresa, visando aumentar seu mercado, bem como, pode



possibilitar o desenvolvimento de novos produtos e formas de atuação para atingir novos mercados e novos públicos. Na agricultura, por exemplo, o planejamento de plantio em função de atender a vários objetivos, seja, financeiro, social, ambiental, entre outros, permite aos agricultores planejarem melhor seus cultivos em função da demanda, do acesso ao público, entre outros. Deste modo, é preciso dispor as informações de forma ágil e precisa para permitir maior lucratividade, obedecendo aos ditames atuais do mercado que exigem produtos cultivados de maneira menos agressiva ao meio ambiente e que seja mais sadio e mais em conta.

As informações necessitam ser disponibilizadas para os gestores de forma rápida, ágil, precisa, correta e que atenda as suas necessidades para que se possam dar subsídios na tomada de decisão. A informatização é um processo que tem permitido essa agilidade e precisão nas diversas áreas do conhecimento, sejam na administração de pessoal, negócios, indústrias, comércio, agricultura, etc. Portanto, dispor as informações on-line é tarefa do departamento de informática de qualquer empresa que permite aos diferentes gestores tomarem suas decisões de forma mais inteligente e racional possível, objetivando os diferentes interesses, seja público, privado, etc.

De acordo com Stair (1998), a informação deve ser extraída e processada por intermédio dos dados obtidos para que possam ser úteis e tenham um valor agregado as mesmas, conforme a Figura 2.11. Logo, o SSD aqui proposto deve produzir como inovações primordiais, um número maior na quantidade e qualidade das informações.



Figura 2.11 – O processo de transformação de dados em informação (STAIR, 1998)

## 2.9. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

O SSD desenvolvido nada mais é que um sistema computacional composto de módulos que lidam com dados e a medida do possível tenta processar esses dados transformando-os em informações úteis com a finalidade de auxiliar no processo de decisão.

Logo, um SI (Sistema de Informação) é um tipo especial de sistema que pode ser definido de várias formas, os quais podem abranger pessoas, máquinas, e/ou métodos organizados para coletar, processar, transmitir e disseminar dados que representam informação para os usuários. Os sistemas

de informação podem ser a combinação de recursos humanos e recursos computacionais que inter-relacionam à coleta, o armazenamento, a recuperação, a distribuição e o uso de dados com o objetivo de eficiência gerencial (planejamento, controle, comunicação e tomada de decisão) nas organizações. Podem também ajudar os gerentes e os usuários a analisar problemas, criar novos produtos e serviços e visualizar questões complexas.

De acordo com Stair (1998), um sistema de informação possui os seguintes componentes, segundo a Figura 2.12. A Entrada consiste na atividade de captar e juntar os dados primários, e o processamento consiste na conversão ou transformação dos dados em saídas utilizáveis, este pode envolver cálculos, comparações e tomada de ações alternativas, e o armazenamento dos dados para futuro uso. A saída consiste na produção de informações úteis tais como: relatórios, documentos, dados de transações, gráficos, etc. Enquanto que o Feedback consiste na saída usada para realizar ajustes ou modificações nos componentes de entrada e processamento.

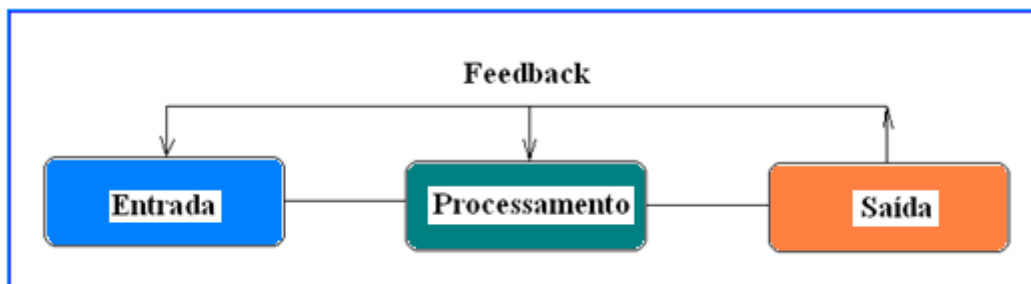


Figura 2.12. Componentes de um sistema de informação (STAIR, 1998).

Os sistemas de informações têm evoluído e podem ser categorizados em: sistemas de processamento de transações (sistemas que funcionam com o propósito de substituir pessoas em processos rotineiros como: folha de pagamentos, controle de estoque, etc.); sistemas de informações gerenciais (sistemas que tipicamente fornecem relatórios pré-programados gerados com dados e informações do sistema de processamento de transações); sistemas de suporte a decisão (sistemas que auxiliam os gestores no processo da tomada de decisão); e sistemas especialistas (sistemas da área da inteligência artificial que tem como fundamento um agrupamento organizado de pessoas, procedimentos, bancos de dados e dispositivos utilizados para gerar um parecer especializado ou mesmo sugerir uma decisão); sistemas de telecomunicações (sistemas responsáveis pela transferência e o compartilhamento de informações através dos diversos equipamentos como: fac-símile, sistemas telefônicos, equipamentos de redes – roteadores, pontes, hubs, etc.).

## 2.10. ARQUITETURA CLIENTE/SERVIDOR

O SSD desenvolvido neste trabalho será disponibilizado na Internet e para isso há a necessidade de se utilizar dos recursos de redes de computadores e dos protocolos de comunicação que permitem o acesso remoto aos sistemas e dados sem necessariamente usar os sistemas localmente. Portanto, a arquitetura Cliente/Servidor é a arquitetura que permite esse acesso de forma rápida e fácil.

Logo, a arquitetura Cliente/Servidor é um modelo computacional que contém um ou mais sistemas ou processos denominados servidores que são responsáveis por atender a requisições dos clientes. Os Clientes por outro lado, são os processos responsáveis por requisitar serviços ou processos aos Servidores. Geralmente os clientes e servidores estão em locais físicos diferentes e interagem por intermédio de redes de computadores ou a Internet.

De acordo com Battisti (2001), esta arquitetura processa a informação em módulos ou processos distintos, em que o processo Servidor é responsável pela manutenção da informação e do outro lado o Cliente é responsável pela requisição e obtenção dos dados ou respostas. E segundo Vaskevitch (1995), esta arquitetura é um modelo lógico que consiste de uma abordagem que separa os processos em plataformas independentes e permite a interação e o compartilhamento de recursos, obtendo o máximo de cada equipamento ou dispositivo interligado. A Figura 2.13 ilustra a arquitetura básica Cliente/Servidor.

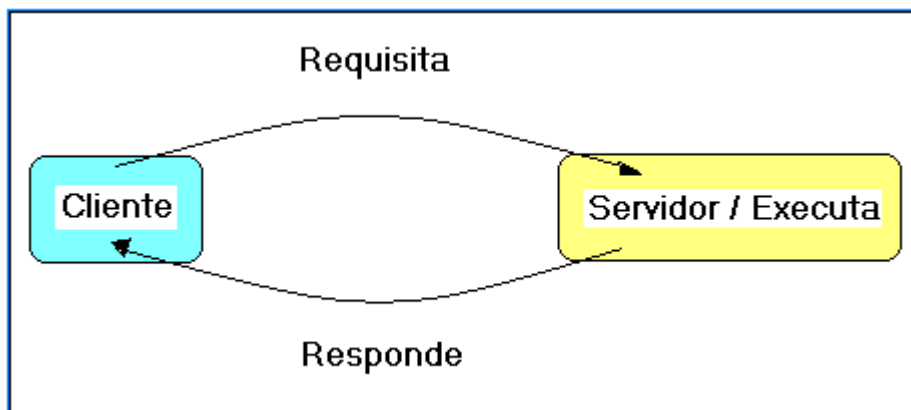


Figura 2.13 – Arquitetura básica Cliente/Servidor

Os equipamentos que compõem o Servidor são geralmente de maior poder computacional em que podem processar dados mais rapidamente, além de possuir maior capacidade de armazenamento. Enquanto que os clientes são equipamentos de menor porte, ou seja, os microcomputadores denominados de PCs conectados em rede. As características mais importantes dos clientes podem ser: são processos ativos; se comunicam apenas com os servidores, ou seja, não se comunicam com outros clientes; requisitam e terminam a comunicação com os servidores quando desejam; a rede de comunicação é transparente ao usuário; entre outros. Enquanto que as

características dos servidores podem ser: são processos reativos, ou seja, apenas respondem a requisições dos clientes; são ligados sem interrupção, ou seja, executam continuamente; recebe requisições, processa essas requisições e as responde aos clientes; atende a diversos clientes simultaneamente; presta serviços distribuídos; entre outros.

#### **2.10.1. MODELO EM DUAS CAMADAS**

Este modelo foi pioneiro nesta arquitetura, em que a aplicação cliente é responsável por toda a interface visível do software cliente, além de toda a lógica do negócio. Nesta parte inclui todos os formulários, menus, botões e demais elementos visuais. Portanto, qualquer alteração de versão do sistema, todos os clientes devem receber uma nova atualização desta aplicação, dificultando a manutenção e o gerenciamento.

#### **2.10.2. MODELO EM TRÊS CAMADAS**

Este modelo é um avanço desta arquitetura em que as regras do negócio foram retiradas e passaram a fazer parte do servidor de aplicações. Portanto, o acesso ao banco de dados ficou acessível apenas pelo servidor de Banco de Dados, facilitando a manutenção e futuras versões da aplicação. Este modelo passou a ser mais seguro, uma vez que o acesso aos dados foi centralizado.

#### **2.10.3. MODELO EM QUATRO CAMADAS (UTILIZADO NESTE TRABALHO)**

Neste modelo, passou-se a ter acesso à aplicação, através de um servidor WEB, ou seja, o cliente passou a interagir com o servidor por intermédio da Internet. Logo, o cliente não precisa mais ter um programa baixado em seu computador para acessar a aplicação servidora. O acesso é feito a partir da Internet por intermédio de um navegador como: Mozilla Firefox, Internet Explorer, etc., como pode ser visto na Figura 2.14.

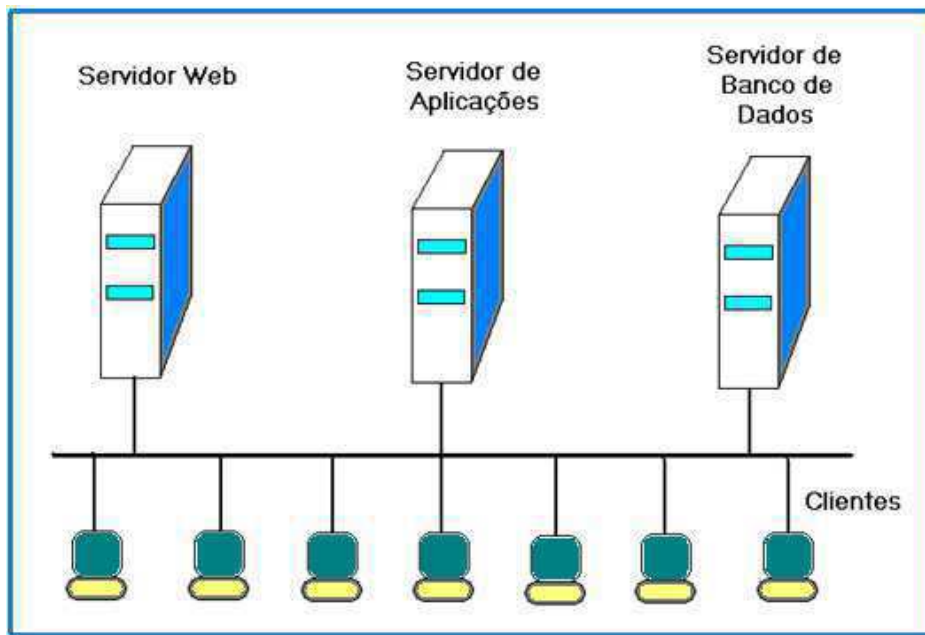


Figura 2.14 – Arquitetura Cliente/Servidor em quatro camadas.

## 2.11. SISTEMAS ORIENTADOS A OBJETOS

Um sistema orientado a objetos é de suma importância para o desenvolvimento de novos sistemas que é permitido dividir um sistema em partes, beneficiando e diminuindo o grau de complexidade do mesmo. Portanto, um sistema orientado a objetos contempla uma gama de conceitos, tais como: classes, objetos, herança, polimorfismo, agregação, composição, entre outros. O desenvolvimento de software vem crescendo desde sua origem que teve início na invenção das primeiras máquinas de calcular e as máquinas de Von Newman. A programação orientada a objetos não foi concebida instantaneamente, mas sim a partir das primeiras linguagens de programação como Fortran, C e Visual Basic que tiveram seus aperfeiçoamentos ao longo dos anos com refinamentos como procedimentos e funções.

O objetivo desta tecnologia de software é tornar os sistemas mais fáceis de serem concebidos e muito mais ágeis durante sua manutenção ao longo de sua vida útil. Portanto, a programação orientada a objetos tem como estilo de desenvolvimento o conceito de “objeto” que é uma entidade que possui características e comportamentos.

O estado de um objeto é o significado combinado das variáveis internas do objeto de forma que uma variável interna possui um valor mantido dentro deste objeto. Deste modo, um programa orientado a objetos é dividido em vários objetos de alto nível, onde cada objeto modela algum aspecto do problema que está sendo buscada sua solução. Na programação orientada a objetos,

existem alguns novos conceitos que merecem ser destacados, tais como: classes, objetos, encapsulamento, herança, polimorfismo, entre outros, que são descritos a seguir.

### 2.11.1. CLASSES

As classes no mundo do software consistem na classificação dos objetos de um determinado problema semelhante ao mundo real, como é o caso da classificação da biologia no que diz respeito aos diversos tipos de animais, como os mamíferos que tem diversas similitudes. Logo a classe define todos os atributos e comportamentos expostos por um objeto, ou seja, a classe define a quais mensagens seus objetos respondem.

Os atributos de uma determinada classe são as características visíveis externamente, como é o caso da cor de um carro, tipo de motorização, tipo de direção (hidráulica ou comum), etc. Enquanto que o comportamento de uma classe ou objeto é uma ação executando uma operação sobre este objeto. Na Figura 2.15, são exibidas as linhas de código na Linguagem Java que mostra a classe denominada “AbrirCommand”.

```
package command;
public class AbrirCommand implements Command{
    private Portao portao;
    public AbrirCommand(Portao portao) {
        this.portao = portao;
    }
    public void execute() {
        portao.abrir();
    }
    public void undo() {
        portao.fechar();
    }
}
```

Figura 2.15. Imagem da classe “AbrirCommand”

### 2.11.2. ENCAPSULAMENTO

É a característica da programação orientada a objetos que é considerada como o primeiro pilar deste tipo de programação. Este tem como objetivo permitir a construção de uma aplicação de forma independente no que diz respeito a seus módulos que funcionam independentes uns dos outros, ou seja, exatamente o contrário da programação monolítica praticada antigamente em que um programa tinha apenas um módulo sequencial. O sistema pode ser desenvolvido por partes independentes e cada uma das partes tem sua funcionalidade e seus detalhes de implementação que

podem ser ocultos para o mundo exterior, podendo se tornar visíveis apenas sua interface com seus parâmetros e algum possível retorno deste módulo.

### 2.11.3. HERANÇA

Esta característica é considerada o segundo pilar da programação orientada a objetos, ou seja, esta permite que uma determinada classe possa ser construída a partir de outra classe previamente estabelecida. A nova classe passa a ter todas as características da classe antiga (herda todas as funcionalidades e atributos) e mais alguma característica particular desenvolvida para esta nova classe.

Além de possíveis redefinições de algumas das funcionalidades que se chama sobreposição que é importante em muitos casos, mudar a maneira como um objeto funciona sem tocar na definição original, a Figura 2.16 apresenta um diagrama simples que facilita a visualização do conceito de herança, em que as classes “Passageiro” e “Agente” utilizam do mecanismo de herança, ou seja, essas classes tem uma semelhança muito grande com a classe “PapelPessoa”.

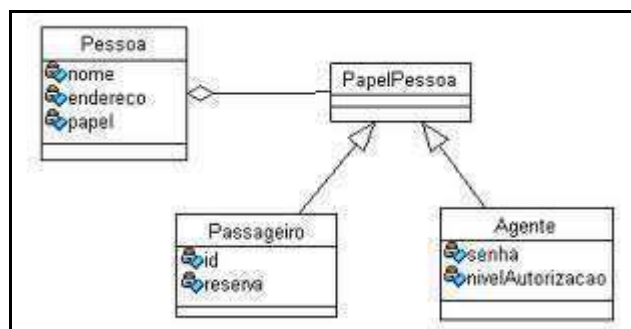


Figura 2.16. Imagem do diagrama de classes “classe “AbrirCommand”

### 2.11.4. POLIMORFISMO

Esta característica é considerada como o terceiro pilar da programação orientada a objetos e não pode existir sem os dois pilares anteriores que são o encapsulamento e a herança, ou seja, o polimorfismo permite que um único nome de classe ou nome de método represente um código diferente, selecionado por algum mecanismo automático. O polimorfismo quer dizer múltiplas formas e através de um único nome pode expressar muitos comportamentos diferentes. De acordo com Sintes (2002), o polimorfismo pode apresentar as seguintes quatro formas: polimorfismo de inclusão, polimorfismo paramétrico, sobreposição e sobrecarga.

O polimorfismo de inclusão que é considerado o polimorfismo puro, modela herança e subtipos e permite a um objeto pertencer a várias classes simultaneamente, criando uma hierarquia de herança. Numa subclasse, um objeto pode ter um comportamento modificado com relação à classe original.

O polimorfismo paramétrico consiste em que um mesmo objeto pode ser utilizado uniformemente como parâmetro em diferentes contextos sem necessidade de alterações. Uma função que exhibe polimorfismo paramétrico que pode ser considerada uma função genérica, permite que o tipo do seu argumento seja determinado por um parâmetro de tipo implícito ou explícito, executando uma mesma operação, independente do tipo do argumento.

A sobreposição ou coerção permite que um argumento seja convertido para o tipo esperado por uma função, evitando assim um erro de tipo. É uma operação semântica que reduz o tamanho do código (um compilador determina as conversões de tipo necessárias e as insere automaticamente).

A sobrecarga permite que um mesmo nome denote diferentes funções, de acordo com o contexto. Constitui apenas uma abreviação sintática (um pré-processamento pode atribuir nomes diferentes as diferentes funções).

#### 2.11.5. PADRÕES DE PROJETO

Os padrões de projeto de software que corresponde ao termo em inglês *Design Patterns* ou também pode ser denominado de padrões de desenho de software, tem como objetivo aplicar técnicas visando à solução de problemas no desenvolvimento de softwares que podem ocorrer com determinada frequência. Durante o desenvolvimento do SI-RIOSS, foram usados uma série de padrões de projeto que contribuem para a facilidade de manutenção do sistema. Todos os padrões de projeto possui uma denominação (nome) e busca a solução para um determinado problema, logo, os padrões de projeto objetivam a reutilização de soluções de desenho. Deste modo, a busca ocorre na fase de projeto do software, sem levar em conta a reutilização de código. Também acarretam um vocabulário comum de desenho, facilitando a comunicação, a documentação e o aprendizado dos sistemas de software.

De acordo com Alexander (1977), um padrão de desenho de software deve ter as seguintes características: 1) **encapsulamento**: significa que um padrão encapsula um problema/solução bem definido e deve ser independente, específico e formulado de maneira a ficar claro onde este se aplica; 2) **generalidade**: significa que todo padrão deve permitir a construção de outras realizações



a partir deste mesmo padrão; 3) **equilíbrio**: quando um padrão é utilizado em uma aplicação, o equilíbrio dá a razão, relacionada com cada uma das restrições envolvidas, para cada passo do projeto. Uma análise racional que envolva uma abstração de dados empíricos, uma observação da aplicação de padrões em artefatos tradicionais, uma série convincente de exemplos e uma análise de soluções ruins ou fracassadas pode ser a forma de encontrar este equilíbrio; 4) **abstração**: os padrões representam abstrações da experiência empírica ou do conhecimento cotidiano; 5) **abertura**: um padrão deve permitir a sua extensão para níveis mais baixos de detalhe; 6) **combinatoriedade**: os padrões são relacionados hierarquicamente. Padrões de alto nível podem ser compostos ou relacionados com padrões que endereçam problemas de nível mais baixo.

Conforme Gamma et al. (2000), os padrões de projeto de software são de grande utilidade em desenvolvimento de aplicações dos mais diversos tipos, facilitando a manutenção destas aplicações, bem como permite uma melhor qualidade do software desenvolvido. Deste modo, para o desenvolvimento do SSD aqui proposto foram utilizados os mais diversos tipos de padrões, de acordo com a necessidade durante o desenvolvimento e implementação deste sistema. Logo, estes padrões podem ser divididos em: padrões de criação, padrões estruturais e padrões comportamentais, os quais são descritos a seguir.

#### 2.11.5.1. PADRÕES DE CRIAÇÃO

Estes padrões têm como características à criação de objetos, de modo que ajudem a tornar um sistema independente de como esses objetos são criados, compostos e representados. Estes tipos de padrões usam a herança para variar a classe que é instanciada e delega a instanciação para outro objeto. Segue o catálogo de padrões de projetos que usam essas características, de acordo com Gamma et al. (2000). Estes padrões podem ser: **ABSTRACT FACTORY**; **BUILDER**; **FACTORY METHOD**; **PROTOTYPE**; e **SINGLETON**.

#### 2.11.5.2. PADRÕES ESTRUTURAIS

Estes padrões têm como características a preocupação com a forma como classes e objetos são compostos para formar estruturas maiores. Estes tipos de padrões utilizam a herança para compor interfaces ou implementações, além de compor objetos para obter funcionalidades. Com isso a flexibilidade obtida pela composição de objetos provém da capacidade de mudar a composição em tempo de execução, o que é impossível com a composição estática de classes. Segue o catálogo de padrões de projetos que usam essas características, de acordo com Gamma et al. (2000). Estes padrões podem ser: **BRIDGE**; **COMPOSITE**; **DECORATOR**; **FAÇADE**; **FLYWEIGHT**; e **PROXY**.

### 2.11.5.3. PADRÕES COMPORTAMENTAIS

Estes padrões têm como características a preocupação com algoritmos e a abstração de responsabilidades entre objetos, além da comunicação entre estes. Os padrões comportamentais de objetos utilizam a composição de objetos em vez da herança e são descritos como um grupo de objetos pares (*peer objects*), onde cooperam para a execução de uma tarefa que nenhum objeto sozinho poderia executar por si mesmo. Segue o catálogo de padrões de projetos que usam essas características, de acordo com Gamma et al. (2000). Estes padrões podem ser: **CHAIN OF RESPONSIBILITY**; **COMMAND**; **INTERPRETER**; **ITERATOR**; **MEDIATOR**; **MEMENTO**; **OBSERVER**; **STATE**; **STRATEGY**; **TEMPLATE METHOD**; e **VISITOR**.

## 2.12. SISTEMAS DE SUPORTE A DECISÃO - SSD

Um SSD é um tipo de Sistema de Informação baseado em conhecimentos que é utilizado para auxiliar gestores (gerentes, diretores, etc.) na tomada de decisão a nível operacional, tático e estratégico a respeito de uma determinada questão (STAIR, 1998). No nível operacional, os decisores podem ser auxiliados com tomadas de decisões diárias e rotineiras. No nível tático, os decisores podem sempre receber suporte de ferramentas de análise que auxiliam no planejamento e controle adequados. Enquanto que no nível estratégico, os decisores podem ser ajudados pelo SSD, recebendo informações analíticas para decisões de longo prazo que exigem informações internas e externas. Alguns autores como (FINLAY, 1994) definem um SSD, de um modo geral, como um sistema computacional que auxilia o processo da tomada de decisão. Enquanto que (TURBAN, 1995) define um SSD como um Sistema de Informação interativo, flexível e adaptável para auxiliar e resolver um problema gerencial não estruturado.

Quanto à taxonomia, um SSD, segundo HÄTTENSCHWILLER (1999), pode ser: ativo, passivo e cooperativo, ou seja, um SSD ativo pode trazer sugestões ou soluções para o problema em questão. Já um SSD passivo é um sistema que auxilia na tomada de decisão, mas que não oferece sugestões nem soluções explícitas. Por outro lado, um SSD cooperativo apresenta para o tomador de decisões sugestões para modificar, completar ou mesmo refinar a solução para a validação do sistema.

Um SSD pode ter diferentes arquiteturas, conforme os diversos autores encontrados na literatura. Para HOLSAPPLE (2000) um SSD tem os seguintes frameworks: SSD orientado ao contexto; SSD orientado ao banco de dados; SSD orientado à spreadsheet (planilha); SSD orientado

à solução; SSD orientado às regras de negócio; SSD complexo. A Figura 2.17 exibe a estrutura de um SSD.

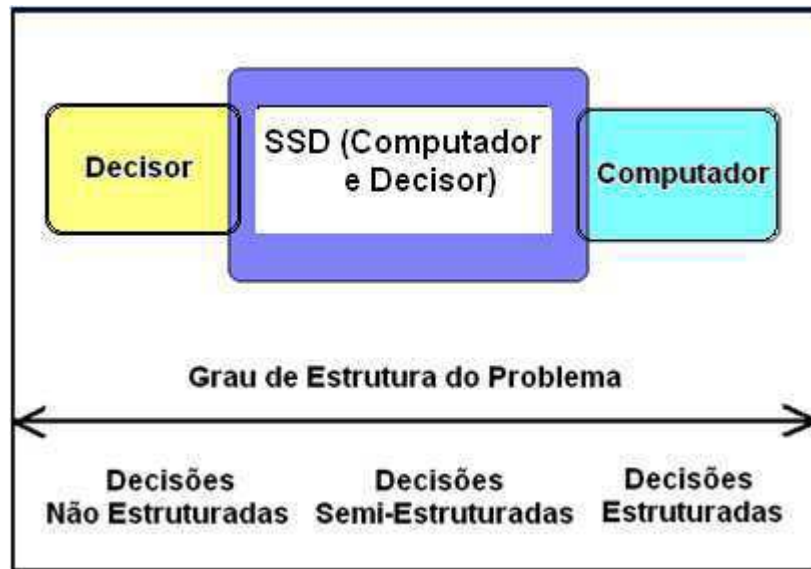


Figura 2.17 – Estrutura do grau de problemas de decisão (MALCZEWSKI, 2009)

### 2.12.1. COMPONENTES DE UM SSD

Um SSD é composto dos seguintes componentes: um banco de dados; um banco de modelos; um gerador de SSD; uma interface com o usuário; uma conexão para o banco de dados externo; e acesso a outros sistemas computacionais de acordo com a Figura 2.18 (STAIR, 1998).

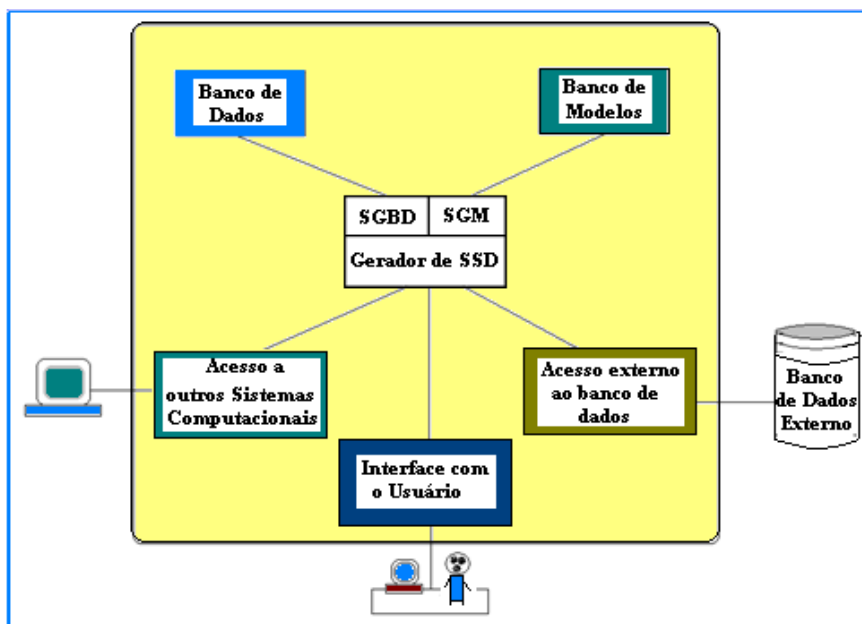


Figura 2.18 – Modelo conceitual de um SSD (STAIR, 1998).

O banco de dados ou subsistema de dados consiste no repositório dos dados armazenados geralmente em tabelas e arquivos gerenciados pelo sistema gerenciador do banco de dados que permite o armazenamento, alteração e recuperação das informações nele contidas. Este subsistema é considerado como um conjunto de recursos bem compreendidos devido à tecnologia em constante evolução relacionada aos bancos de dados e seu gerenciamento. Logo, as características básicas do banco de dados podem ser vistas na Figura 2.19 (SPRAGUE JR. & WATSON, 1991).

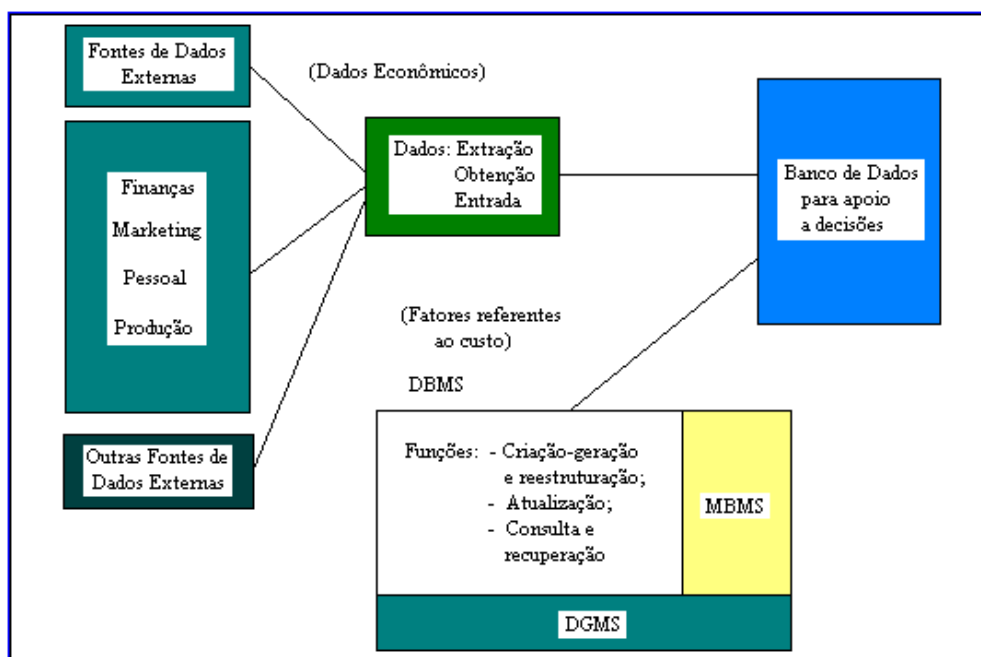


Figura 2.19 – Subsistema de dados (SPRAGUE JR. & WATSON, 1991)

O banco de modelos é composto de uma série de modelos previamente elaborados com o objetivo de resolver determinados problemas, como: modelos matemáticos, modelos financeiros, modelos estatísticos, modelos gráficos, modelos de gerenciamento de projetos, etc. Este deve ter a capacidade de integrar acessos a dados e modelos de decisões, embutindo modelos de decisões num sistema de informação que usa o banco de dados como mecanismo de integração e comunicação entre os modelos. Portanto, a Figura 2.20 resume os componentes do banco de modelos. Por outro lado, os principais recursos de um SSD no subsistema de modelos devem incluir: capacidade de criar novos modelos de forma rápida e fácil; deve ter a capacidade de catalogar e manter uma ampla variedade de modelos, dando suporte a todos os níveis gerenciais; e deve ter também a capacidade de inter-relacionar esses modelos através do banco de dados.

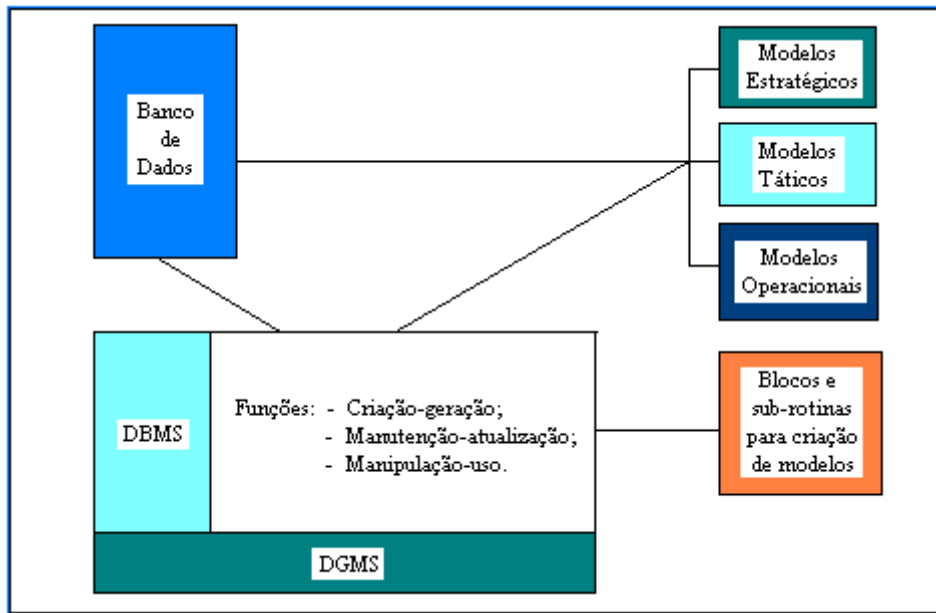


Figura 2.20 – Subsistema de Modelos (SPRAGUE JR. & WATSON, 1991)

A interface com o usuário, mais conhecida como gerenciador de diálogo, é a porta de acesso do SSD por intermédio dos decisores que permite seu uso e manipulação com facilidade, além do acesso através de termos e expressões comerciais comuns. O acesso aos bancos de dados externos permite que o SSD pesquise em grandes massas de dados contidas nessas bases corporativas. Enquanto que o acesso a outros sistemas computacionais permite ao SSD fazer pesquisas e mesmo se interligar a outros poderosos sistemas e subsistemas com funções específicas na busca da solução de um determinado problema.

Portanto, de acordo com SPRAGUE JR. & WATSON (1991), os componentes de um subsistema que representa a interface usuário/sistema, pode ser dividido nas seguintes três partes: linguagem de ação que determina o que o usuário pode fazer ao se comunicar com o sistema por intermédio de uma série de equipamentos como teclado, mouse, voz, etc; linguagem de apresentação que consiste no que o usuário pode ver, como gráficos, imagens, saída em áudio, saída impressa, etc.; banco de conhecimentos que consiste no que o usuário tem de saber fazer como helps do sistema, manual do usuário, cartões de referências, etc, conforme Figura 2.21.

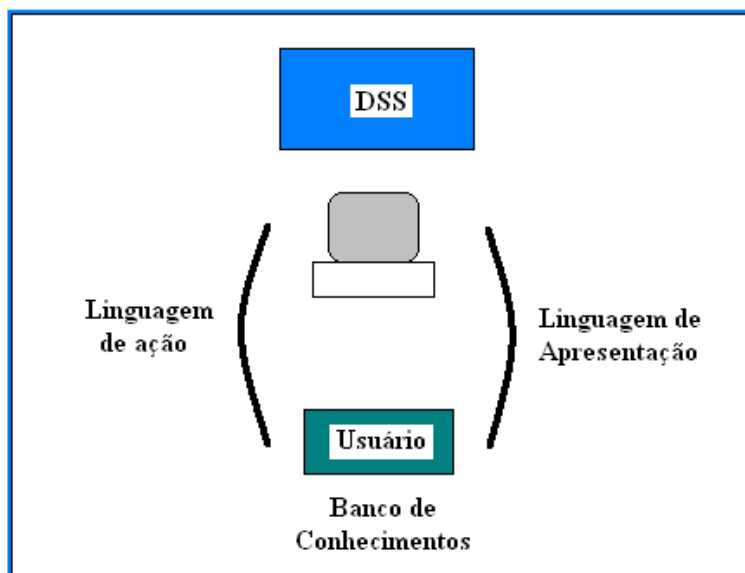


Figura 2.21 – Interface usuário/sistema (SPRAGUE JR. & WATSON, 1991)

### 2.13. SISTEMAS DE SUPORTE A DECISÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

Os sistemas de suporte a decisão desenvolvidos para ajudar na tomada de decisão na área de recursos hídricos são inúmeros e estão em franca expansão. VIANNA JR. (2007) afirma que é premente a necessidade de uma melhor gestão dos recursos hídricos disponíveis e que essa gestão envolve aspectos multidisciplinares que devem ser mais bem aproveitados para auxiliar os tomadores de decisão, seja a nível político, econômico, social e ambiental. Os SSD's são muito úteis, pelo fato dos computadores serem muito mais rápidos que os seres humanos nos cálculos de dezenas e centenas de fórmulas que envolvem processos de simulação e otimização.

A tentativa de prever e administrar os recursos hídricos para que se possam evitar problemas de escassez e problemas de cheias por parte dos decisores contando apenas com sua experiência empírica e extenso conhecimento não faz mais sentido nos dias atuais, uma vez que as variáveis envolvidas são muitas e, portanto há a necessidade das mais diversas avaliações. Deste modo, os sistemas de suporte a decisão entram com as potencialidades dos computadores e os modelos matemáticos para resolver problemas estruturados e ajudar na decisão de problemas semi e não estruturados, fornecendo desta forma informações úteis para ajudar os tomadores de decisão.

CASTRO (2000) enfatiza que a utilização dos recursos hídricos em condições de abundância permite que as interações entre os diferentes usos sejam mitigadas pelas capacidades naturais do meio, podendo bastar apenas uma gestão casuística. Enquanto que numa situação diferente, em que a utilização da água é intensificada, emergem rapidamente problemas de escassez

e conflito, obrigando à coordenação dos diferentes usos do meio hídrico através de um planejamento mais abrangente e de uma gestão mais interveniente. Deste modo, os sistemas de suporte a decisão são fundamentais para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos para a maioria das bacias hidrográficas ou sistemas de bacias hidrográficas.

A tomada de decisão em sistemas de recursos hídricos envolve muita complexidade, incertezas de diversas naturezas, a existência de conflitos, os investimentos são de porte elevados, há a necessidade de planejamento de longo prazo, existe um dinamismo ao longo da vida útil desses sistemas, há também repercussões de cunho econômico, social e ambiental significativos, além da participação de grupos heterogêneos no processo decisório.

A abordagem para os estudos dos problemas decisórios, principalmente em recursos hídricos, pode ser dividida em normativa ou descritiva. Na abordagem normativa, procura-se atingir uma decisão ótima, admite-se que o tomador de decisões deve agir no sentido de maximizar a utilidade de sua escolha, prescrevendo como escolher entre diferentes alternativas, além de apoiar-se na teoria da decisão através dos mecanismos como: programação linear, programação não linear, programação dinâmica, otimização de redes de fluxo, entre outros. Já que na abordagem descritiva, deve se ter a preocupação em entender como as pessoas agem diante de problemas decisórios, de como as mesmas reagem diante das incertezas, quais os desvios ou falhas que podem ocorrer, utilizando um ambiente interativo e didático que possibilite o aprendizado do usuário e o ajude no processo da tomada de decisão.

### **2.13.1. SSD'S DISPONÍVEIS PARA APLICAÇÕES**

Com o avanço tecnológico dos sistemas computacionais, quanto ao armazenamento e o poder de processamento, ficou mais fácil o desenvolvimento de softwares que usam os diversos tipos de sistemas. Na análise de sistemas de recursos hídricos, em apoio às atividades de planejamento e gerenciamento, existem duas técnicas mais usuais que são a otimização e a simulação, as quais podem ser usadas em conjunto.

Em recursos hídricos como exemplo, existem dois métodos de planejamento, denominados de simulação e otimização que podem ser usados de forma integrada, visando auxiliar o tomador de decisões no processo de gerenciamento dos diversos recursos, principalmente os recursos hídricos. Neste tópico, são descritos alguns desses softwares que estão consolidados nos vários ambientes de pesquisas e no mercado.

De acordo com a Agência Nacional de Águas, ANA (2009), foi desenvolvido um sistema denominado “Hidro” que é uma aplicação de banco de dados do tipo cliente/servidor capaz de acessar tanto um banco de dados local quanto remoto. Este sistema pode ser acessado por conexão remota através da rede interna da organização (intranet) ou até mesmo da Internet para o caso de usuários externos autorizados (Figura 2.22). A ANA é o órgão responsável por manter e desenvolver novas versões do sistema Hidro. Deste modo, o Hidro é uma aplicação projetada especificamente para o ambiente gráfico Windows 32bits (95/98/Me/NT4/2000/XP) e seus principais objetivos são: permitir o gerenciamento de uma base de dados hidrometeorológica, armazenada centralizadamente em um banco de dados relacional; permitir a entrada de dados por parte das entidades que operam uma rede hidrometeorológica; efetuar cálculos de funções hidrometeorológicas básicas; visualização de dados (gráficos, imagens etc.).

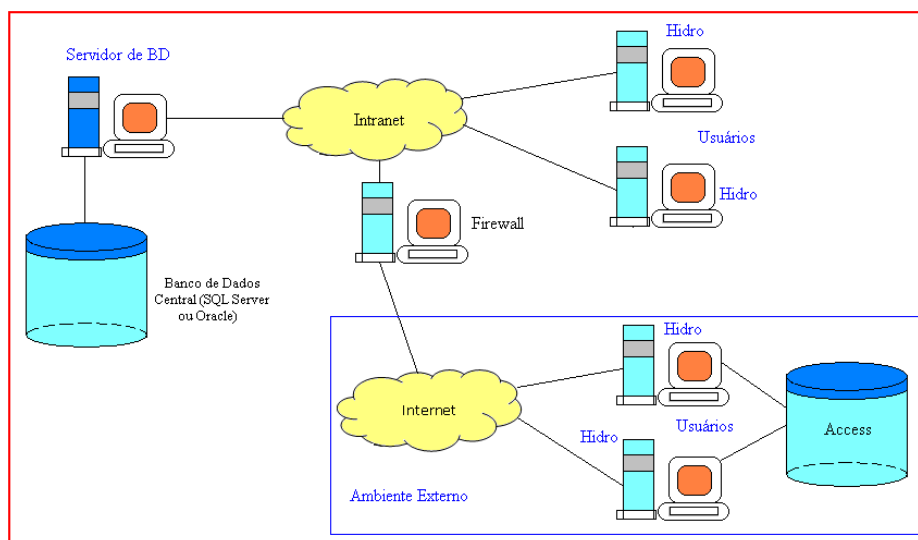


Figura 2.22 – Sistema Hidro administrado pela ANA (ANA, 2009)

O Hidro suporta dois tipos de dados hidrometeorológicos que consiste de dados de inventário e de dados de séries. Os registros de inventário podem ser: em nível de Bacia, Sub-bacia, Rio, Estado, Município, Entidade, Estação e Plano de Trabalho. Enquanto que os dados de registros de série podem ser: Cotas, Vazões, Chuvas, Clima, Qualidade da Água, Resumo de Descarga, Sedimentos, Curva de Descarga e Perfil Transversal.

MODSIM-DSS que é um sistema de suporte a decisão que usa é um método de simulação com otimização em nível mensal e foi originalmente desenvolvido nos Estados Unidos, mais precisamente na Universidade do Colorado (Colorado State University). Este é um sistema genérico desenvolvido para atender as demandas crescentes e pressões sobre os gestores de bacias hidrográficas. Este possui uma interface gráfica que permite aos usuários criarem qualquer topologia de rios e bacias hidrográficas (MODSIM, 2009; VIEIRA, 2007).



WaterWare (WATERWARE, 2009) que é um sistema de suporte a decisão, desenvolvido na arquitetura de orientação a objetos e pode ser usado plenamente via Internet. Este sistema possui uma base de dados, SIG, técnicas de simulação com otimização em nível mensal, uma interface multimídia com o usuário, além da arquitetura cliente/servidor. Possui também as seguintes características: realiza análise de séries temporais, tem um sistema especialista integrado, emite relatórios, possui um sistema de ajuda em hipermídia, entre outros.

WEAP (WEAP, 2009) que é um sistema de suporte a decisão baseado em técnicas de simulação com otimização em nível mensal para apoiar gestores de recursos hídricos em suas decisões quanto ao gerenciamento. Este sistema oferece aos gestores uma interface amigável e flexível, além de permitir uma política de planejamento dos recursos hídricos, efetuando a simulação de: demanda de água, abastecimento, escoamento superficial, vazões, armazenamento, tratamento e descarga, qualidade ecológica da água, entre outros.

Pode ser referindo ainda o AQUARIUS (AQUARIUS, 2009), que é um sistema baseado em técnicas de otimização desenvolvido na linguagem orientada a objetos (C++) que tem como finalidade gerenciar a alocação de água de forma temporal e espacial. Este pode ser usado na modelagem de águas superficiais e águas subterrâneas, que permite monitorar: geração de energia, irrigação, vazão ecológica, abastecimento humano e industrial, recreação ecológica, entre outros.

AQUANET (AQUANET, 2009) é um sistema desenvolvido pelo LabSid da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e tem as características do MODSIM. Este software é um modelo integrado para análise de sistemas complexos em recursos hídricos. É constituído por um módulo base, responsável pelo traçado e pela integração entre os seguintes módulos: (1) alocação de água; (2) qualidade da água; (3) irrigação; (4) produção de energia; (5) análise econômica para alocação e (6) CAR - curvas de aversão a risco.

O Grupo de Pesquisa GOTA - Grupo de Otimização Total da Água, acessado pelo site [www.rioss.com](http://www.rioss.com), vem desenvolvendo metodologias para modelos de simulação e otimização com vistas à análise integrada quali-quantitativa de sistemas de recursos hídricos (FIRMINO, 2007; SANTOS, 2007; VIEIRA, 2007 e RODRIGUES, 2007, entre outros). O foco de tais modelos está na linearização das não-linearidades inerentes aos sistemas de recursos hídricos e na identificação de indicadores sócio-econômico e ambiental, com vistas a aplicar métodos de programação linear, que não tenham as limitações dos algoritmos baseados em redes de fluxo, a um problema de natureza multi-objetivo.

O CISDERGO (CURI & CURI, 2001a), *Cropping and Irrigation System DEsign with Reservoir and Groundwater (Optimal) Operation*, é um programa de otimização baseado em PL

recursiva, ou seja, considera-se a natureza não linear do problema de forma recursiva, desenvolvido no ambiente MATLAB. Este programa é destinado a maximizar múltiplos benefícios ou objetivos relativos à implantação ou melhoramento da operação de um ou mais perímetros irrigados dentro do contexto das disponibilidades de dados físicos, sócio-econômicos e ambientais que, normalmente, o projetista dispõe para analisar e projetar o sistema. Para isso, pode-se, de forma integrada, otimizar o uso e operação da água captada de um reservatório, poços ou rios. Também, podem-se otimizar os usos de vários sistemas de motobombas levando-se em consideração suas capacidades de elevação: sucção e recalque (ALENCAR, 2009).

O ORNAP (CURI & CURI, 2001b; BARBOSA, 2001), *Optimal Reservoir Network Analysis Program*, é um programa de otimização, envolvendo aspectos qualitativos e quantitativos da água, baseado em técnicas de programação linear ou não linear destinado a maximizar múltiplos benefícios ou objetivos relativos aos múltiplos usos da água resultante da operação de um sistema de reservatórios. Estes múltiplos usos podem incluir benefícios específicos associados com o abastecimento humano, geração de energia, agricultura irrigada, piscicultura, regularização de vazões, sustentabilidade hídrica, etc..

O ORNAP opera a nível mensal e permite inferir o comportamento de cada sistema hídrico para variadas situações climáticas, admitindo criar cenários para variados volumes de acumulação, de controle de cheia e de sustentabilidade hídrica para os reservatórios, e de áreas totais, máximas e mínimas, a serem plantadas em cada perímetro por tipo de cultura desejada, etc.. As funções objetivo definidas para o modelo são sujeitas a restrições representadas por equações de natureza linear e não linear, que traduzem, mensalmente, as limitações físicas dos reservatórios, perímetros e equipamentos hidráulicos, limitações hidrológicas, legais, econômicas e sociais, que são próprias de sistemas de recursos hídricos, de múltiplos usos. Por admitir todas essas possibilidades operacionais, pelo baixo custo operacional, pela sua boa flexibilidade ele tem sido aplicado a vários trabalhos de pesquisa (SANTOS, 2009; BARBOSA, 2008; SANTOS, 2011a; ANDRADE, 2006), mostrando-se eficaz em todos os experimentos citados, inclusive com todo planejamento e gerenciamento ótimo de reservatórios (ORNAP, conforme Figura 2.22).

As variáveis envolvidas no ORNAP são elementos hidro-climáticos, hidro-agrícolas, demandas, características físicas, parâmetros comerciais, entre outros. Para estes elementos, definem-se quatro pontos básicos de entrada de dados envolvendo os reservatórios, demandas de água para o abastecimento doméstico, calha do rio e perímetros irrigados. No entanto, verificou-se que, mesmo tendo os principais componentes de qualquer sistema integrado de recursos hídricos, era difícil de implementar a multiobjetividade (para determinar regras de operação ótimas ou

estimar os índices de Hashimoto (HASHIMOTO et al, (1982), utiliza-se a otimização ‘hard’, via programação linear,) e análise multicriterial (para escolher a melhor alternativa segundo as preferências dos decisores utiliza-se a otimização ‘soft’, via método Promethee, Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations descrito em BRANS et al., 1984 e BRANS e VINCKE, 1985). Para isso, um novo sistema está sendo desenvolvido (FIRMINO 2007; SANTOS, 2007; VIEIRA, 2007).

Além dos componentes físicos normais, existirão componentes que expressam a multiobjetividade sob o nome de recursos, custos e benefícios. Os custos e benefícios podem ser de natureza econômica, social, ambiental ou operacional e, assim como os recursos, podem ser associados a qualquer uma das variáveis de decisão do problema ou gerar índices/indicadores de desempenho, dentro do contexto P-E-R, para cada conjunto de ações que se pretenda implantar.

O SSD RIOSS, que está sendo desenvolvido pelo grupo de pesquisadores GOTA, envolve a combinação dos modelos matemático-computacionais CISDERGO e ORNAP, com a adição de outros aspectos ou recursos computacionais que envolvem Sistema de Informações, que está relacionado com o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, Sistema de Informações Geográficas (citar trabalho de Isaias), modelos para outorga (Rodrigues (2007); Silvino (2008). Os modelos matemático-computacionais envolvem técnicas de simulação e otimização. Dentre as técnicas de otimização estão à programação linear, programação multiobjetivo e análise multicriterial. Para a análise de desempenho e sustentabilidade do sistema serão incorporadas metodologias para determinação de indicadores e índices de natureza socioeconômicas, ambientais e técnico-operacionais.

A interface do usuário para o modelo ORNAP, dentro do novo conceito RIOSS, é apresentada na Figura 2.23:

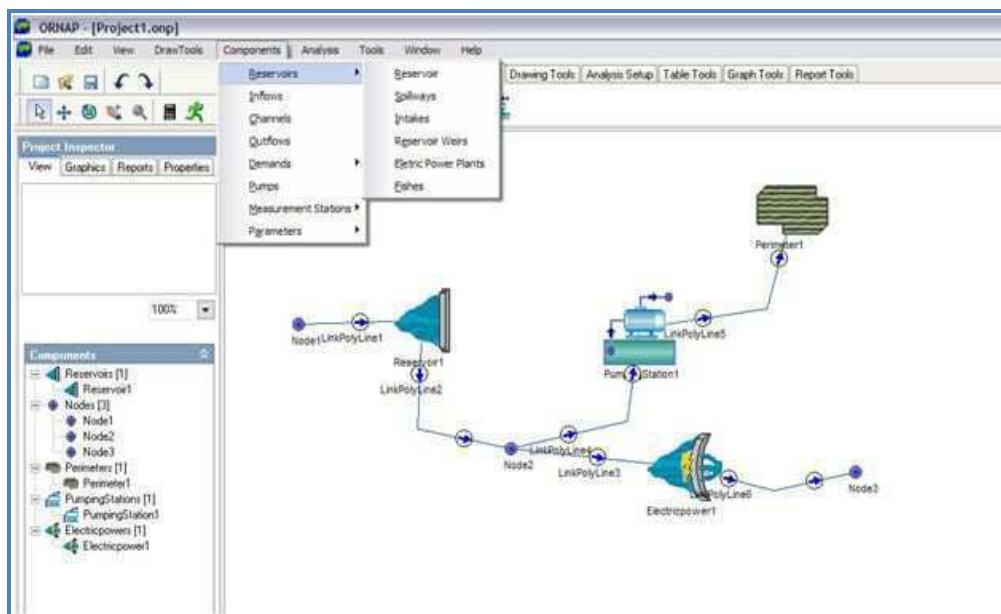


Figura 2.23 – Interface gráfica que está sendo desenvolvida para o ORNAP (CURI & CURI, 2008)

Dentro deste contexto, a definição de um sistema de informações que possa ser dinâmico o suficiente para tratar com todos os aspectos socioeconômicos, ambientais e técnico-operacionais, que se adéqua as diferentes características e requerimentos de cada bacia hidrográfica, que o SSD RIOSS requer torna-se relativamente complexa e foi objeto deste trabalho de pesquisa.

## 2.14. CURVA DE PERMANÊNCIA

A curva de permanência consiste em fazer uma análise da disponibilidade hídrica dos mananciais superficiais e de aquíferos subterrâneos de uma determinada área de uma bacia hidrográfica. Portanto, uma curva de permanência de vazão, que é conhecida também como curva de duração, corresponde à geração de um gráfico que mostra com que frequência a vazão analisada de dada magnitude é igualada ou excedida durante o período de registro das vazões. O gráfico é gerado, levando-se em conta os dados em ordem decrescente, versus a percentagem do tempo em que essa vazão é igualada ou excedida na abscissa.

Este gráfico é mais utilizado para relacionar a vazão com a sua probabilidade de ocorrência ao longo do tempo, sendo desprezada a correlação entre as vazões. Geralmente esta curva é definida com base em vazões diárias para o período da série histórica que representa o hidroperíodo de um sistema hídrico (Figura 2.24).

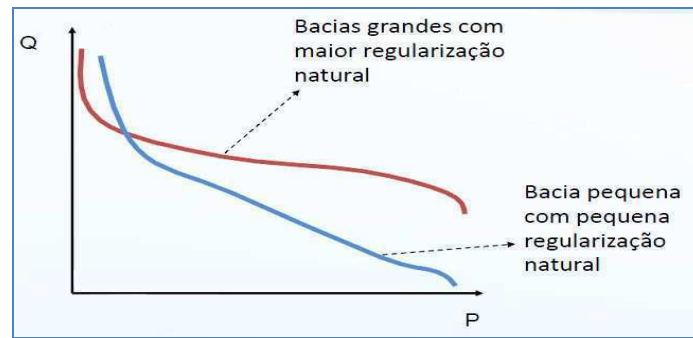


Figura 2.24 – Características da Curva de Permanência.

Teoricamente este gráfico pode ser utilizado para qualquer tipo de problema de recursos hídricos que poderá ser definido nas tabelas que lidam com metrologia.

# Capítulo 3

## 3. METODOLOGIA

Aqui, são abordados os tópicos referentes aos métodos e técnicas utilizadas no desenvolvimento do projeto de tese. Primeiramente descreve-se a arquitetura de sistemas de suporte a decisão desenvolvida, que é composta de diversos componentes, e comenta-se o processo de desenvolvimento utilizado, as tecnologias envolvidas as atividades e funcionalidades do SI-RIOSS, onde é exibido um diagrama geral das opções de acesso ao sistema. Na sequência, trata-se do desenvolvimento da base de dados implementada, usando-se o sistema de gerência de banco de dados PostgreSQL, que, além de ser um software livre, serve para manter as informações gerais dos diversos dados utilizados, inerentemente em sistemas para planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, e os conceitos de metrologia empregados no sistema para medir séries temporais.

Posteriormente, é apresentada a interface implementada que permite os diversos usuários acessarem o Sistema de Informações do RIOSS via Internet. Aborda-se, também, o gerenciador de aplicações WEB (Glassfish – utilizado no SI-RIOSS), o ambiente de desenvolvimento utilizado (Netbeans) e a plataforma (PostgreSQL), que são utilizados para o gerenciamento da base de dados do sistema. Por fim, comenta-se sobre os modelos de simulação e otimização desenvolvido por outros pesquisadores do grupo GOTA, que poderá ter um link no futuro a este sistema, para ser ativado.

### **3.1. Arquitetura do Sistema de Suporte a Decisão**

De acordo com Porto e Azevedo (2002), os sistemas de suporte a decisão, são sistemas que auxiliam gestores no processo da tomada de decisão. Portanto, o SI-RIOSS pretende ser um desses sistemas e no processo de seu desenvolvimento, vários outros sistemas foram tomados como referência, quer seja com relação à coleta, tratamento e disponibilização de dados (que inclui SIG e incorporam variáveis que caracterizam diversos aspectos socioeconômicos e ambientais) quanto ao banco de modelos (operação de reservatórios, geração de vazões, meteorologia, agricultura irrigada, geração de energia, piscicultura, qualidade da água, etc.) para simulação ou otimização dos processos. O SI-SSD proposto possui os pontos referentes à Interface com os usuários, a especificação da base de dados e o mesmo foi desenvolvido para ser acessado pela Internet (usa as linguagens JSF, XML, HTML, entre outras), de acordo com a Figura 3.1.

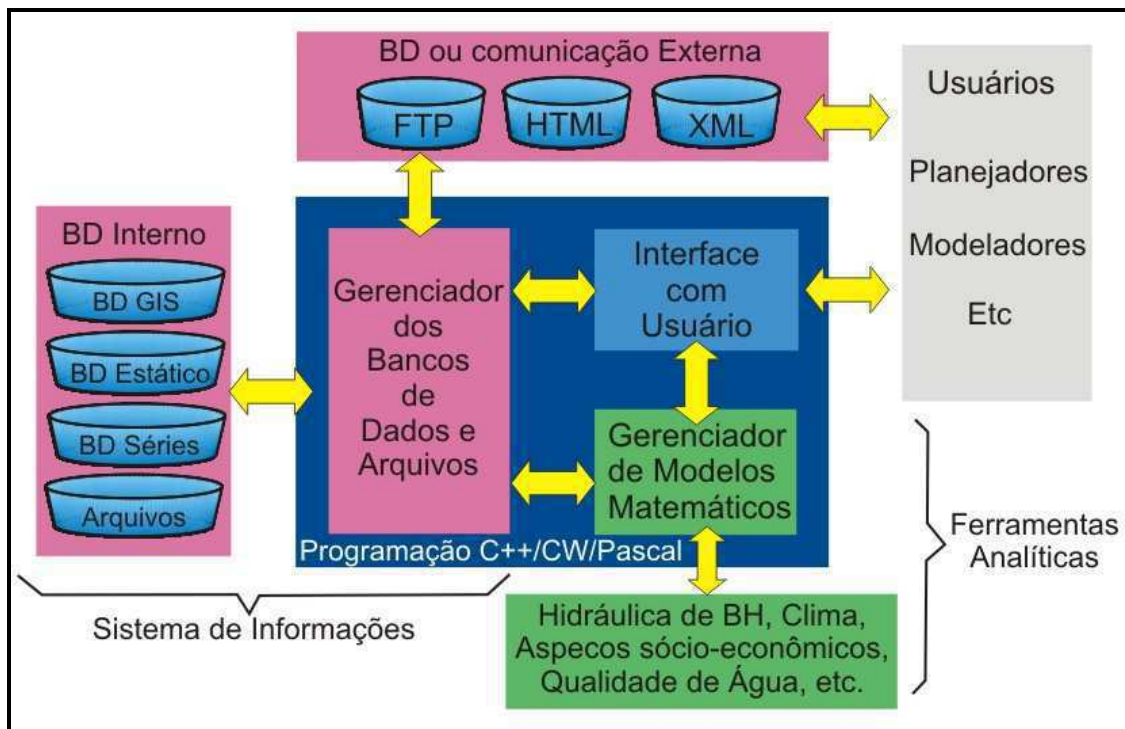


Figura 3.1 – Estrutura de um SSD para sistemas de recursos hídricos no nível de bacia hidrográfica (BH) (CURI & CURI, 2008)

### 3.2. Modelagem do Processo

Aqui é descrita a sequência de etapas seguidas no desenvolvimento do SI-RIOSS, com a finalidade de contemplar um conjunto de tarefas. Estas tarefas devem ser realizadas sempre na mesma ordem e de forma gradual. Deste modo, um processo consiste em uma série de etapas que envolvem as atividades, restrições e recursos que foram utilizados no desenvolvimento do projeto. Neste processo, foram seguidos os seguintes estágios: a) análise e definição de requisitos; b) projeto do sistema; c) projeto do programa; d) testes do sistema.

O modelo do processo de software aqui utilizado foi o processo denominado “Prototipação” que consiste no desenvolvimento de forma interativa com alguns elementos da equipe “Gota – Grupo de Otimização Total da Água” ([www.gota.eng.br](http://www.gota.eng.br)). Isso foi importante para que as tomadas de decisão do projeto pudessem ser exploradas e que usasse a abordagem do “reuso” sempre que necessário, principalmente quando determinados componentes construídos anteriormente pudessem ser incluídos no projeto atual.

### **3.3. Prototipagem de Software**

O SI-RIOSS foi implementado usando este modelo denominado prototipagem que consistiu no desenvolvimento de um programa inicial correspondente a uma miniatura (protótipo) do processo efetivo. Portanto, este esquema obedeceu aos ditames utilizados pelo desenvolvimento de todo o conjunto global do SI-RIOSS em que partes menores foram incluídas à medida que o software foi sendo desenvolvido e implementado. Portanto, o processo utilizado pode ser comparado a um protótipo desenvolvido na engenharia. Logo, a prototipagem (processo escolhido para o desenvolvimento do SI-RIOSS) é uma metodologia de desenvolvimento de software que tem ganhado uma aceitação crescente nas comunidades de (Engenharia de Software) aceito cada vez mais como um modelo credível de criação de sistemas. De acordo com Carter et. al. (2010), a prototipagem de sistemas de software pretende ser usada, principalmente, para demonstrar os requisitos de um sistema.

Deste modo, o SI-RIOSS desenvolvido permitirá que novos módulos possam ser incorporados no futuro com a finalidade de permitir que clientes, os responsáveis pelo desenvolvimento atual e futuros desenvolvedores das próximas etapas do projeto possam testar e melhorar o sistema antes mesmo deste ter sido finalizado por completo. Na engenharia de requisitos, a prototipagem é empregada para gerar protótipos de interfaces com o utilizador em conjunto com cenários, facilitar a compreensão, por parte dos *stakeholders* (responsáveis pelos interesses de uma organização), do sistema de software desenvolvido, no levantamento e validação de requisitos, reduzir a ambiguidade, inconsistência e a falta de compreensão quando da definição dos requisitos e ainda modificar de forma organizada as especificações e implementações já realizadas.

A medida que o sistema foi sendo desenvolvido, passou-se a ter uma visão geral de todo o sistema que permitiu o desenvolvimento das partes mais importantes, facilitando sua implementação. Deste modo, através desta técnica, obteve-se rapidamente uma visão da capacidade do sistema e do domínio das necessidades de todo o escopo do SI-RIOSS.

### **3.4. Tecnologias utilizadas no SI-RIOSS**

Aqui são descritas as linguagens de programação utilizadas para o desenvolvimento do SI-RIOSS. Um software desenvolvido para trabalhar na Internet precisa de mais do que uma linguagem de programação para poder operar com todas as suas funcionalidades e características dinâmicas necessárias para ser um sistema com atrativos e facilidade de uso. Por isso, para este sistema foram utilizadas as seguintes linguagens de programação e linguagens de marcação:



A HTML (*Hyper Text Markup Language*) que é uma linguagem de marcação que dispõe de marcas em texto chamada “*tags*”, esta é considerada uma linguagem não estruturada, uma vez que não possui muitas vezes uma *tag* de abertura e não contém uma respectiva *tag* de fechamento. Sua principal finalidade é por marcas em um texto e/ou imagens para por páginas na Internet formada por textos, imagens estáticas ou dinâmicas e possui links para caminhar e saltar para a leitura de textos e/ou páginas diferentes. A principal característica do HTML é ser uma linguagem de hipertexto, isto é, as páginas podem ser ligadas uma a outra. O usuário pode ler o texto e através dos links pular para informações que podem aprofundar o mesmo tema, ou simplesmente, uma sequência de páginas (Medeiros, 2006).

O CSS (*Cascading Style Sheets*) que é um mecanismo simples para adicionar estilo como, por exemplo: fontes, cores, espaçamento, etc. O CSS proporciona mais opções e é mais preciso e sofisticado para desenvolver aplicações web, este é suportado por todos os navegadores atuais. O CSS possui as seguintes vantagens: controle do layout de vários documentos a partir de uma simples folha de estilos; possui maior precisão no controle do layout; permite a aplicação de diferentes layouts para servir diferentes mídias; e possui também o emprego de variadas, sofisticadas e avançadas técnicas de desenvolvimento (Bowers, 2008).

A XML (*Extensible Markup Language*), que é uma linguagem que permite a troca de dados de forma padronizada em meios eletrônicos. Esta é uma linguagem estruturada, uma vez que possui *tags* de abertura e sua respectiva *tag* de fechamento (Medeiros, 2006). XML é uma linguagem flexível que provém à faculdade de transportar variados tipos de dados capaz de mantê-los estruturalmente coesos. A XML serve muito bem para a estruturação de qualquer tipo de dados e para descrevê-los sem dúvidas ou ambiguidades em formato de texto. Portanto, XML permite definir a linguagem de marcação mais adequada a um tipo de documento. Os Documentos em formato XML podem possuir: Transações Comerciais, Catálogos de Produtos, Gráficos Vetoriais, Equações Matemáticas, Anúncios Publicitários, enfim: todos os dados que necessitem de uma representação estruturada.

A JSP (*JavaServer Pages*), que é uma tecnologia baseada em Java que simplifica o processo de desenvolvimento de sites da web dinâmicos. A JSP permite aos designers da web e programadores rapidamente incorporar elementos dinâmicos em páginas web, utilizando Java embutido e algumas *tags* de marcação simples. Estas *tags* fornecem ao designer de HTML um meio de acessar dados e a lógica de negócios armazenados em objetos Java sem ter que dominar as complexidades do desenvolvimento de aplicações (Deitel e Deitel, 2006).

O JSF (*Java Server Faces*), que é um framework que permite a elaboração de interfaces do usuário web colocando componentes em um formulário e ligando-os a objetos Java permitindo a separação entre lógica e regras de negócio, navegação, conexões com serviços externos e gerenciamento de configurações. O JSF possui como ponto forte um grande número de componentes e um design flexível que permitiu seu crescimento entre desenvolvedores web. JSF contém as seguintes vantagens: Usa o padrão MVC (*Model-View-Controller*) para aplicações web; é fácil de usar, possui componentes extensíveis; tem uma grande demanda de mercado; possui bibliotecas de componentes livres; possui comunidades ativas em fóruns e seu código é aberto (Geary, 2007).

A EJB (*Enterprise JavaBeans*), que são trechos de código em Java que encapsulam as regras de negócios de forma lógica (Medeiros, 2006). É um componente do tipo servidor que executa no container do servidor de aplicação. As principais finalidades da tecnologia EJB são fornecer um rápido e simplificado desenvolvimento de aplicações Java baseado em componentes distribuídos, transacionais, seguros e portáteis. Para acessar os EJB é preciso definir as suas interfaces de acesso que podem ser: interface local, interface remota ou ambas. A interface local usa o acesso ao *bean* somente no computador onde está sendo executado o servidor de aplicação. Enquanto que a interface remota usa o acesso ao *bean* somente a computadores externos. E ambas define acesso ao *bean* tanto do computador como do servidor de aplicação ou acessa computadores externos.

### **3.5. Atividades e funcionalidades do SI-RIOSS**

O SI-RIOSS passa a conter uma série de funcionalidades, mediante um longo período de atividades de estudos e pesquisas realizadas com os possíveis usuários deste sistema. Portanto a partir dos estudos e pesquisas efetuados, o SI-RIOSS possui uma tela principal, que permite o usuário se cadastrar e em seguida acessar o sistema com todas as suas funcionalidades.

Os links principais do SI-RIOSS para cadastrar e acessar os dados podem ser entendidos como se apresenta na Figura 3.2, que ilustra e apresenta os seguintes: cadastro de usuários – para permitir o acesso ao sistema; perímetros – são necessários para delimitar áreas irrigadas; dados metrológicos para a efetivação de uma série de cálculos e geração de gráficos; adastro de dados de endereço e dados institucionais – para identificar quem acessa o sistema; dados referentes aos solos a serem analisados; informações de bacias, poços e rios para a caracterização de bacias hidrográficas; canais e reservatórios para uma série de cálculos, como: indicadores de Hashimoto e

índice de qualidade de água (IQA), entre outros; e dados de irrigação e de culturas – para efetivar análises do uso da água e do solo.

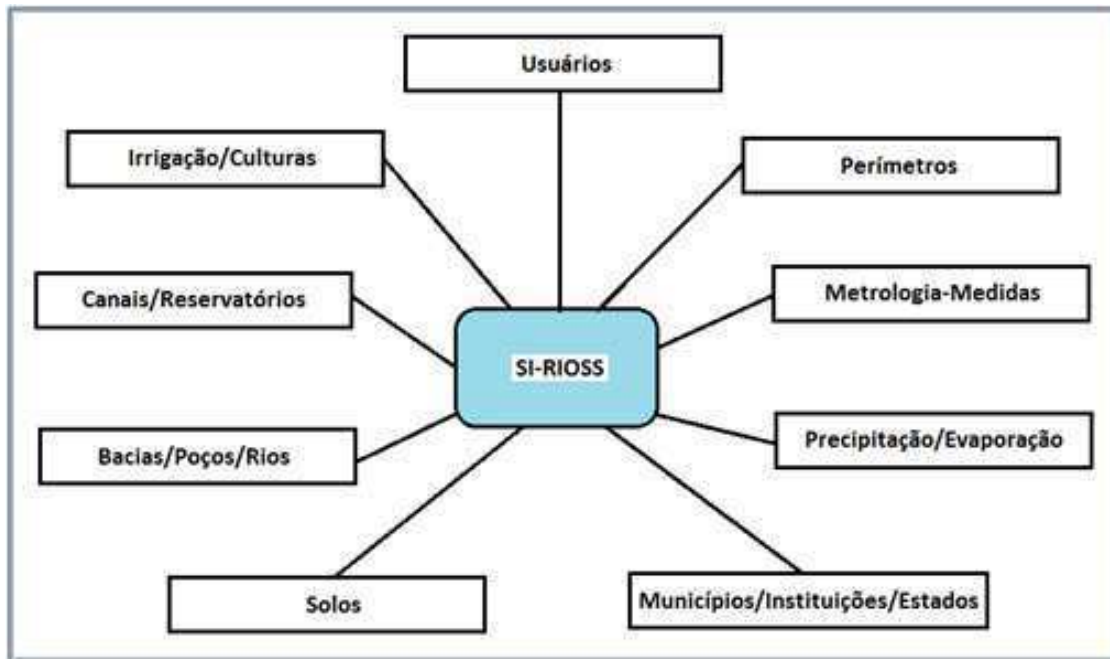


Figura 3.2 – Esquema de funcionamento do SI-RIOSS

O primeiro link do sistema refere-se ao cadastramento e uso de Bacias Hidrográficas que permite ao usuário cadastrar uma Bacia, fornecendo seu nome e, na sequência, poderá acessar e cadastrar Subacias, conforme ilustra a Figura 3.3. Através desta figura, observa-se que se pode incluir uma nova bacia “Nova Bacia”, editar a subacia desejada “Editar”, cadastrada anteriormente, ou excluir a bacia selecionada “Excluir”, retornar a tela anterior “Retornar”, ou ir diretamente para o menu principal “Menu” ou ainda seguir para o cadastramento de uma subacia, através do link “Subacias”.

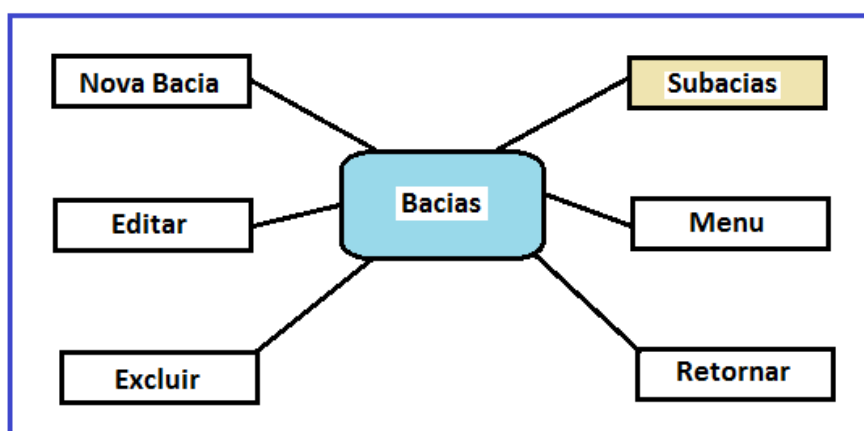


Figura 3.3 – Diagrama do cadastro de Bacias Hidrográficas

Tendo selecionado o link “Subacias”, o sistema apresenta uma tela que permite ao usuário efetuar o cadastramento de uma ou mais subacias, como pode ser visto na Figura 3.4. Como dito anteriormente para o caso de Bacias, o mesmo pode ser entendido para os seguintes links: Nova Subacia, Editar, Excluir, Menu e Retornar. No entanto, o link “Rios” possibilita o acesso aos dados cadastrais e operacionais de Rios, o link “Declividade” permite a manipulação dos dados referente à declividade da subacia e ainda podendo ser gerada a tabela de frequência e o gráfico de frequência acumulada.

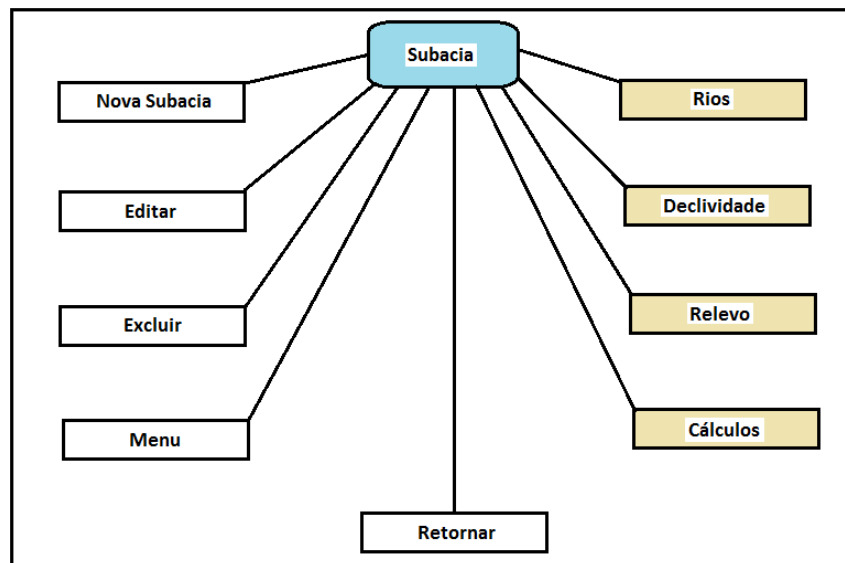


Figura 3.4 – Diagrama de funcionamento cadastral e uso de Subacias

Da mesma forma, o link “Relevos” permite ao usuário inserir os dados da cota inferior, cota superior e área da cota da subacia selecionada e após isso, gerar a tabela de relevos e também o gráfico da “Curva Hipsométrica” que é gerada em função da cota dada em metros e das áreas relativas acumuladas em porcentagem. Por outro lado, o link “Cálculos”, fornece o resultado dos seguintes dados calculados: coeficiente de compacidade, fator de forma, escoamento superficial, densidade de drenagem e sinuosidade do curso d’água.

Caso o usuário selecione o link “Rios”, o sistema possibilita a manipulação dos dados cadastrais do rio selecionado, bem como através do link “Declividade” (Figura 3.5) possibilita ao usuário cadastrar a cota superior, a cota inferior e a distância real em quilômetros com a finalidade de gerar a tabela do curso d’água e o gráfico do curso d’água, conforme a Figura 3.6.

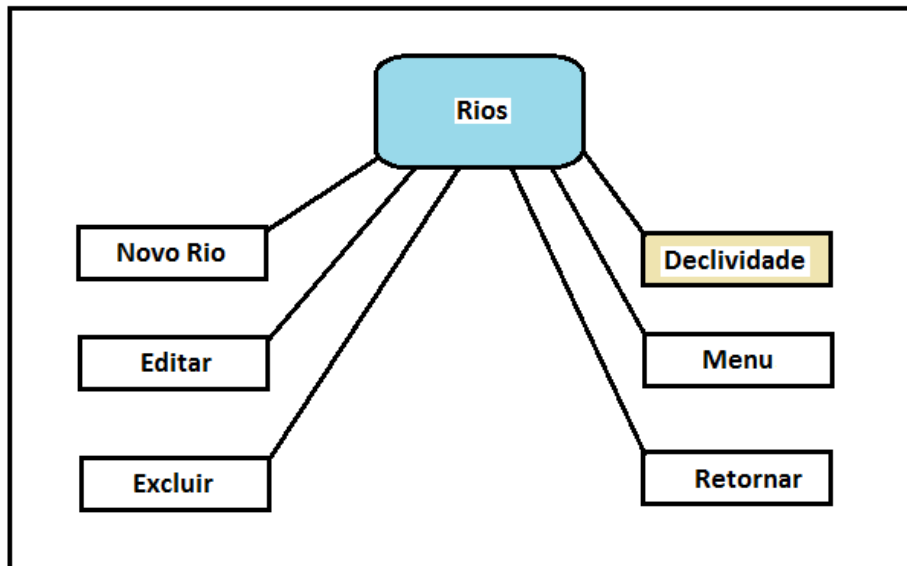


Figura 3.5 – Diagrama de funcionamento cadastral de Rios

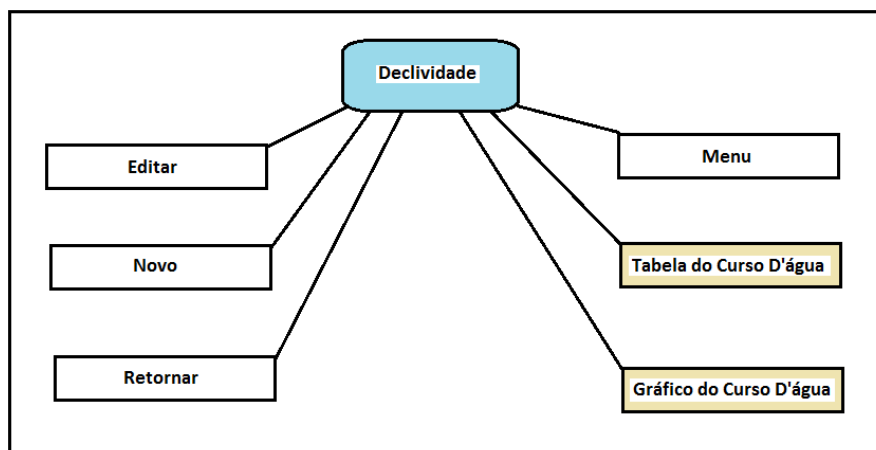


Figura 3.6 – Diagrama da declividade de rios

O item “Reservatórios” da Figura 3.2, tem como objetivo cadastrar e/ou selecionar os dados referentes ao reservatório selecionado. Estes dados podem ser destacados como: demanda atendida – dados concernentes ao atendimento das necessidades da população, dessedentação de animais, indústria, entre outras; demanda requerida – refere-se ao volume necessário que o reservatório deve atender; uso da água – diversos usos necessários para o atendimento mensal aos usuários; vazão afluente; e vertimento. Esses dados podem ser usados para o cálculo de uma série de indicadores (Figura 3.7).

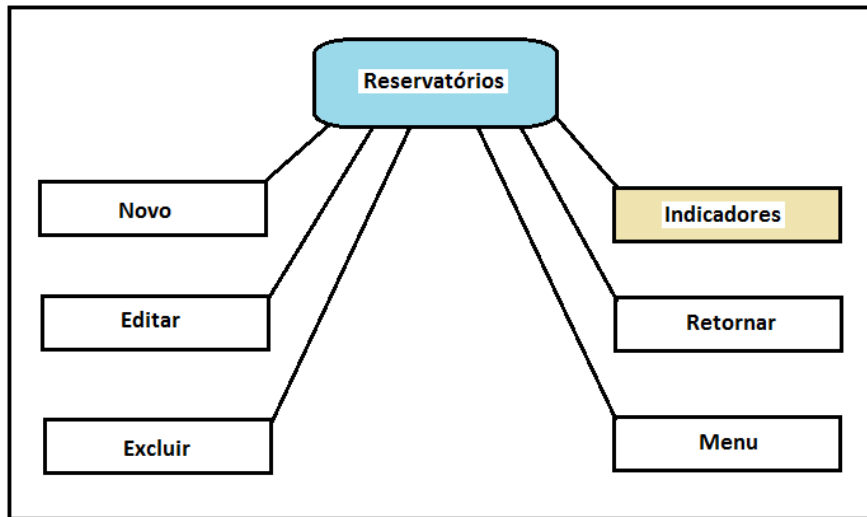


Figura 3.7 – Diagrama dos reservatórios cadastrados

Os dados cadastrados nas tabelas da base de dados referentes aos conceitos metroológicos tem a capacidade de teoricamente medir qualquer tipo de informação. Desta forma, ao selecionar o link “indicadores” (Figura 3.7), pode se calcular uma série de índices “Calcular Indicadores” (Figura 3.8), tais como: indicadores de confiabilidade, de resiliência vulnerabilidade, variabilidade dos afluxos, intermitência dos afluxos e variabilidade volumétrica em função da vazão total afluyente e índices de sustentabilidade, de ativação de potencialidade, de utilização da disponibilidade, de utilização da potencialidade, entre outros: como abordados no Item 2.5.3 do Capítulo 2..

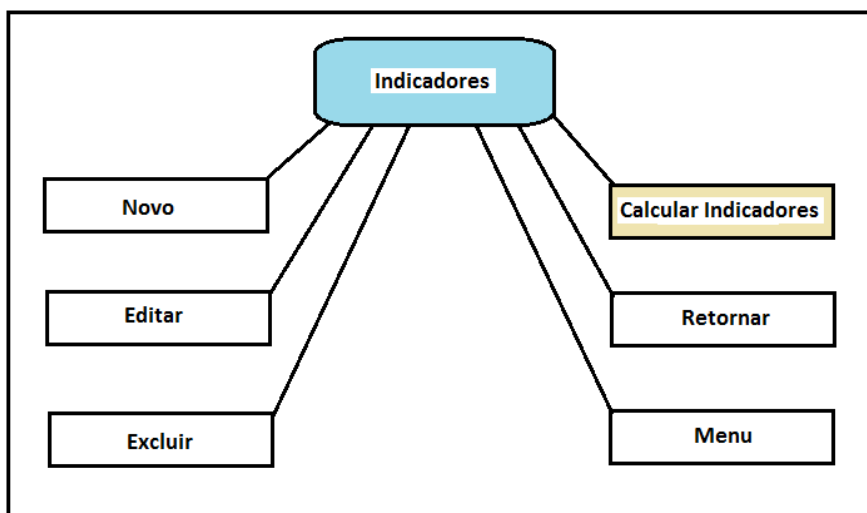


Figura 3.8 – Diagrama para cálculo de indicadores

Os itens apresentados na Figura 3.2, tais como: “Irrigação/Culturas”, “Perímetros”, “Precipitação/Evaporação”, “Municípios/Instituições/Estados” e “Solos”, analogamente, são utilizados para o cadastramento de informações referentes aos respectivos links, cujos nomes são autoexplicativos. Os cadastramentos destes dados já estão em pleno funcionamento, muito embora, em uma segunda etapa do projeto poderão ser implementados uma série de análises, com a geração de tabelas e gráficos para um melhor entendimento e avanço da implantação de novas funcionalidades do sistema.

### **3.6. Base de Dados**

A base de dados consiste da parte do SI-RIOSS que é utilizada para guardar e poder acessar os dados cadastrados em tabelas (Figura 3.9). O uso de uma base de dados neste sistema é de suma importância para o SI-RIOSS que estará disponível em um site da Internet e os dados estarão armazenados nesta base para permitir os usuários acessarem essas informações quantas vezes desejarem.

Uma base de dados está contida em um banco de dados, que serve para manter todo o volume de dados organizado. Um ponto crucial em bancos de dados refere-se ao fator segurança que se denomina gerenciamento de backups (cópias dos dados em outro meio de armazenamento e/ou outro sistema). Os backups devem ser realizados diariamente por uma pessoa ou uma equipe para caso haja alguma falha no armazenamento, possa-se retornar ao estado anterior e conseqüentemente evita-se a perda total dos dados. Existem várias situações que podem levar a erros e perda de dados, como falta de energia elétrica, discos rígidos defeituosos, instalação ou desinstalação incorreta e até uso inadequado ou malicioso do programa.

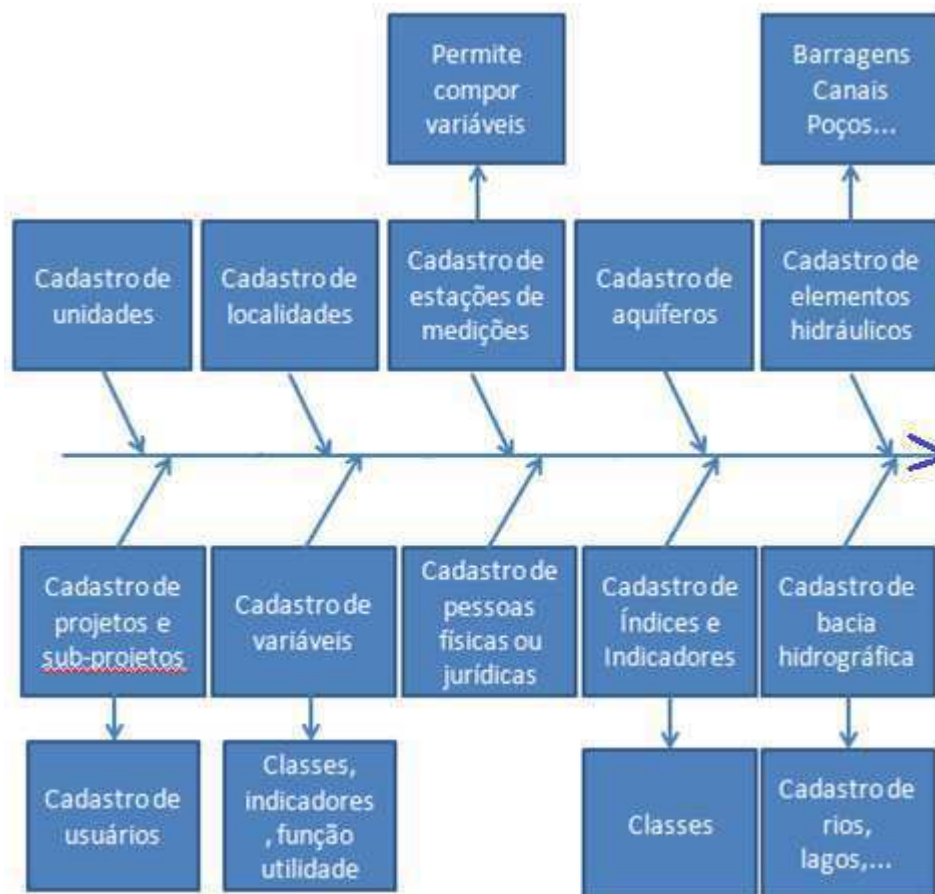


Figura 3.9 – Esquema da base de dados do SI-RIOSS

O banco de dados deve ser preenchido conforme indicado na Figura 3.9. Deve-se primeiramente efetuar o cadastro das unidades e suas transformações que consiste da base de qualquer sistema de medição. . A seguir devem-se cadastrar os diferentes tipos de variáveis, de acordo com as necessidades intrínsecas a cada bacia hidrográfica. Enfim podem-se cadastrar as estações de medição e as medidas de suas respectivas variáveis, referentes aos dados mensurados ou gerados, que podem ser de natureza escalar ou vetorial, e que são importantes para caracterizar os processos que ocorrem e mereçam ser analisados numa bacia hidrográfica.

Com relação a caracterização das variáveis faz-se necessário cadastrar os grupos das variáveis para relacionar a dimensão que se está medindo, uma vez que as mesmas se adequam aos conceitos usados em sistemas de recursos hídricos. Em seguida faz-se o cadastramento das classes das variáveis, de acordo com o exemplo estudado neste projeto dos parâmetros de qualidade de água.

A base de dados do SI-RIOSS é desenvolvida com o software POSTGRESQL. Deste modo a especificação da base de dados desenvolvida para este projeto é composta de uma série de tabelas



interligadas de acordo com a Figura 3.9. Esta base contém principalmente tabelas para o cadastramento de uma série de informações, de acordo com as Figuras 3.10, a 3.18, que ilustram algumas das principais telas do SI-RIOSS, que são: dados da subacia, .....

The screenshot shows a web browser window titled 'Sistema RIOSS' with the URL 'localhost:8080/rioss/faces/jcm/consultaSubacia.jsp'. The main content area is titled 'Dados da Subacia' and contains a form with the following fields:

- Projeto: Metrologia 1
- Bacia: Bacia Esquerda
- Nome: (empty text box)
- Ordem: 0
- Área de Drenagem: 0,00
- Perímetro: 0,00
- Comprimento do Talvegue: 0,00
- Comp. Total do Curso D'Água: 0,00
- Comp. do Rio Principal: 0,00

At the bottom of the form are three buttons: 'Salvar', 'Cancelar', and 'Retornar'. The footer of the page reads 'RIOSS - Sistema de Suporte à Decisão' and 'www.rioss.com'.

Figura 3.10 – Cadastro de dados da subacia

The screenshot shows a web browser window titled 'Sistema RIOSS' with the URL 'localhost:8080/rioss/faces/jcm/cadastroReservatorio.jsp'. The main content area is titled 'Dados do Reservatório' and contains a form with the following fields:

- Projeto: Metrologia 1
- Subacia: Selezione (dropdown menu)
- Nome: (empty text box)
- Volume Inicial: 0.0
- Volume Meta: 0.0
- Volume Morto: 0.0
- Volume Máximo: 0.0
- Unidade de Volume:  m3  hm3
- Cota da Soleira: 0.0
- Vazão Máxima do Extravasor: 0.0
- Vazão Máxima Descarregador: 0.0
- Vazão Máxima Calha do Rio: 0.0
- Unidade de Área do Espelho Líquido:  m2  ha  km2
- Área espelho d'água: 0.0
- Descrição: (empty text box)

At the bottom of the form are three buttons: 'Salvar', 'Cancelar', and 'Retornar'.

Figura 3.11 – Cadastro de dados do reservatório

**RIOS**

Dados do Solo

Nome:

Projeto:

Usuário:

Município:

Estado:

Identidade:

Perfil:  PF1  PF2

Data de Coleta:

Latitude:

Longitude:

Escala:

Área:

Descrição:

Salvar Cancelar

RIOS - Sistema de Suporte à Decisão  
www.rioss.com

Figura 3.12 – Cadastro de dados do solo

**RIOS**

Custo de Irrigação

Projeto:

Irrigação:

Cultura:

Eficiência do Sistema:

Aplicação da Irrigação:

Pressão do Sistema de Irrigação (mca):

Perda de Carga (mca):

Custo Anual de Manutenção (\$/ha):

Custo de Investimento (\$/ha):

Vida útil do sistema (anos):

Taxa anual de amortização:

Salvar Cancelar Retornar

RIOS - Sistema de Suporte à Decisão  
www.rioss.com

Figura 3.13 – Cadastro de dados do custo de irrigação

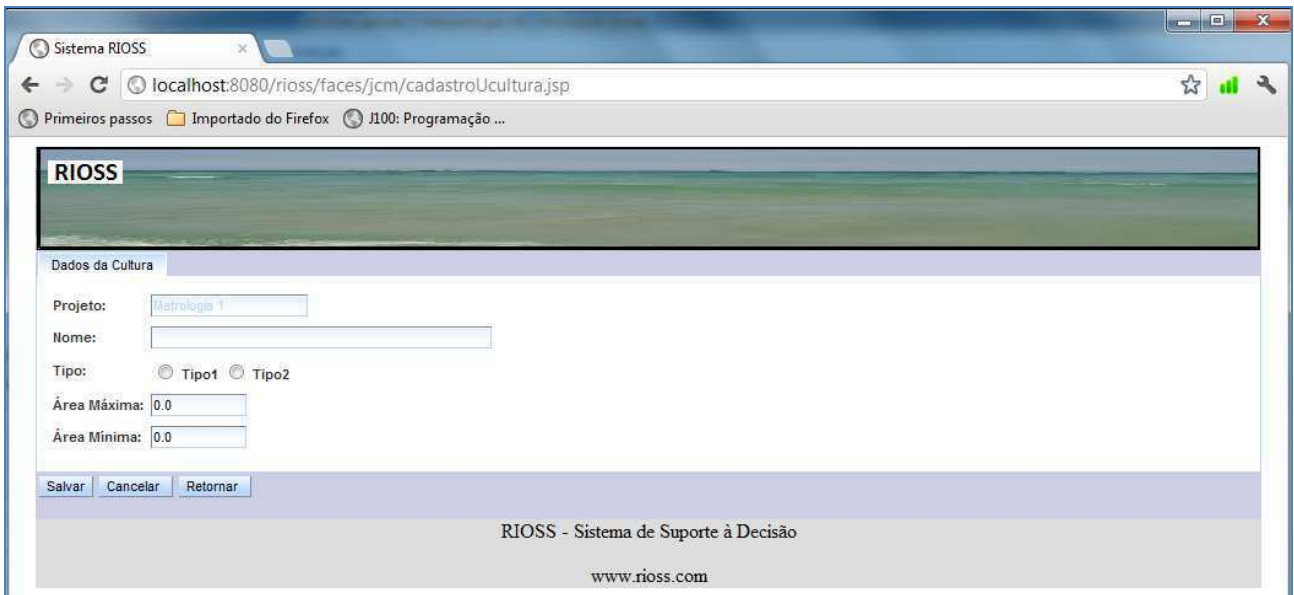


Figura 3.14 – Cadastro de dados da cultura



Figura 3.15 – Cadastro de dados da unidade de produção agrícola

The screenshot shows a web browser window titled 'Sistema RIOSS' with the URL 'localhost:8080/rioss/faces/jcm/cadastroUculturacoefm.jsp'. The page features a header with the 'RIOSS' logo and a main content area titled 'Coeficientes das Culturas'. The form includes a 'Projeto' field with the value 'Metrologia 1', a 'Cultura' dropdown menu set to 'Selecione', and twelve input fields for the months: Jan, Fev, Mar, Abr, Mai, Jun, Jul, Ago, Set, Out, Nov, and Dez, all containing the value '0.0'. At the bottom of the form are three buttons: 'Salvar', 'Cancelar', and 'Retornar'. The footer of the page reads 'RIOSS - Sistema de Suporte à Decisão' and 'www.rioss.com'.

Figura 3.16 – Cadastro de dados dos coeficientes das culturas

The screenshot shows a web browser window titled 'Sistema RIOSS' with the URL 'localhost:8080/rioss/faces/jcm/cadastroPerimetro.jsp'. The page features a header with the 'RIOSS' logo and a main content area titled 'Dados do Perímetro'. The form includes a 'Projeto' field with the value 'Metrologia 1', a 'Nome' field, and several numerical input fields: 'Unidade de Área' (0), 'Preço Água Bruta' (0,00), 'Área Máx. Total' (0,00), 'Eficiência do Bombeamento' (0,00), 'Capacidade de Vazão' (0,00), 'Cond. Elétrica da Água' (0,00), and 'Cond. Elétrica do Extrato do Solo' (0,00). There is also a 'Descrição' field. At the bottom of the form are three buttons: 'Salvar', 'Cancelar', and 'Retornar'. The footer of the page reads 'RIOSS - Sistema de Suporte à Decisão' and 'www.rioss.com'.

Figura 3.17 – Cadastro de dados do perímetro

A base de dados especificada possui caráter dinâmico, ou seja, permite facilmente incorporar quaisquer tipos de séries de dados temporais que se fizerem importantes na análise de um sistema de recursos hídricos associado a uma bacia hidrográfica.

Computacionalmente falando, é permitida a criação, eliminação e modificação dos dados e a criação, eliminação e modificação das tabelas que pode ser feita por intermédio de usuários especializados e devidamente autorizados através do novo sistema (SSD) de forma on-line, sem necessariamente usar programas ou programadores do banco de dados para este fim. Portanto, este sistema (SSD) usa o que há de mais inovador no que diz respeito ao conceito de bancos de dados ativos (dinâmicos), facilitando as possíveis modificações e manutenções da base de dados.

A Figura 3.19 apresenta o título de algumas tabelas e suas relações, conforme vêm sendo trabalhadas (pesquisadas e desenvolvidas) por pesquisadores do grupo de pesquisa do CNPq GOTA.

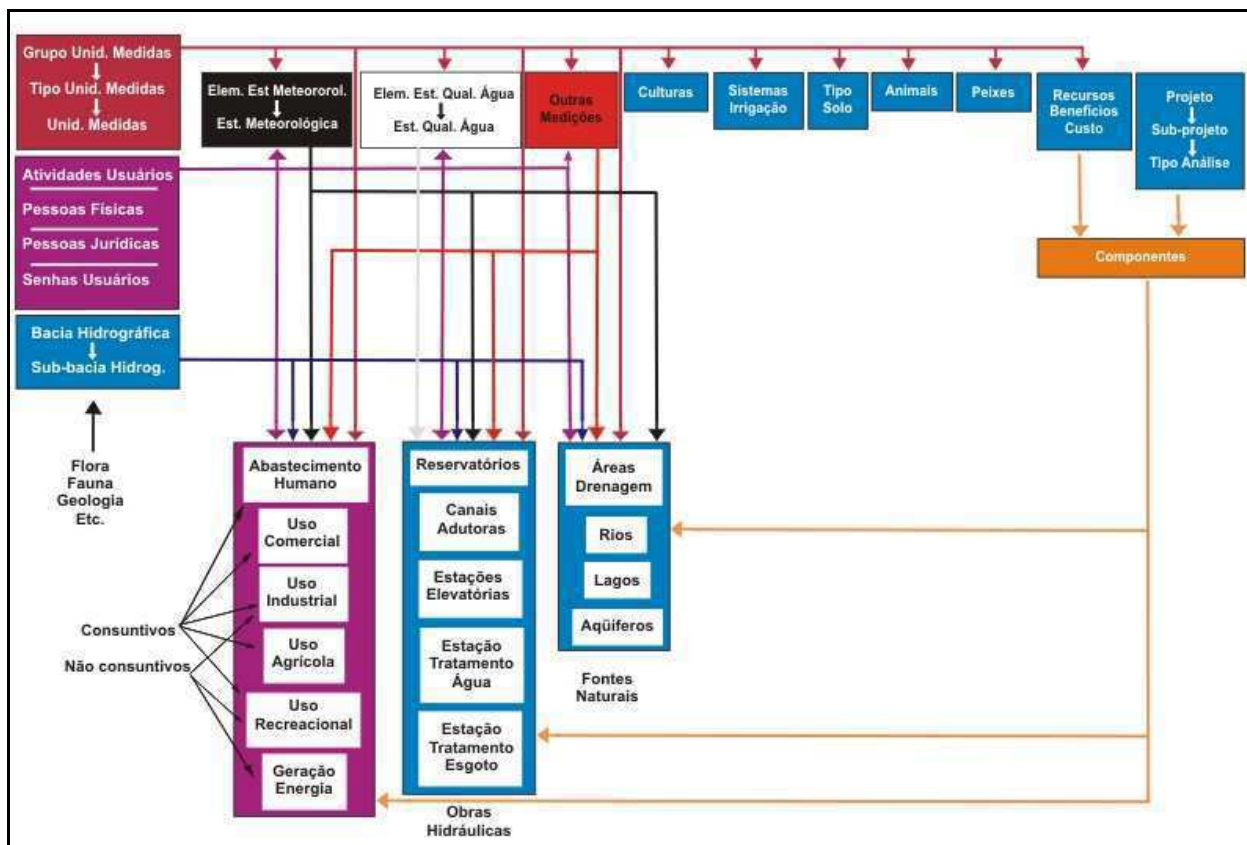


Figura 3.18 – Possível estrutura organizacional de um BD para um SSD em sistemas de recursos hídricos (CURI & CURI, 2008)

### 3.7. Metrologia no SI-RIOSS

Este tópico é um dos mais importantes deste sistema, em que sua implementação no SI-RIOSS permite aos usuários incluírem dados de séries temporais que envolvam diferentes unidades de medidas, diferentes grandezas, entre outros. Os usuários podem também cadastrar e fazer uso das unidades de medidas existentes nos diversos sistemas de unidades, como: (MKS, CGS, SI, entre outras).

De acordo com CNI. COMPI (2002), a metrologia é a ciência das medições responsável pelas especificações e medidas que são utilizadas no processo produtivo de qualquer Instituição ou Empresa que as utilize. Deste modo, esta tem como ponto fundamental a calibração dos diversos aparelhos de medição, sejam eles analógicos ou digitais, que é a base para a competitividade das Empresas.

Mediante a globalização dos mercados, a metrologia é responsável pela confiabilidade nos sistemas de medição que garanta que as especificações técnicas, regulamentos e normas na produção de produtos dos mais variados tipos e modelos. A metrologia possui basicamente três grandes áreas, que são: Científica – utilizada em laboratórios de pesquisas que busca altos níveis de qualidade metrológica; Industrial – que garantem a qualidade dos produtos acabados nas diversas indústrias; Legal – que é responsável pela fiscalização dos instrumentos de medidas disponíveis para garantir ao consumidor em geral a qualidade e quantidade medida nos produtos que podem ser consumidos. No sistema RIOSS, a Figura 3.20, apresenta uma visão do acesso às tabelas que contém os dados referentes ao conceito de metrologia que envolve o sistema de medição aqui desenvolvido.

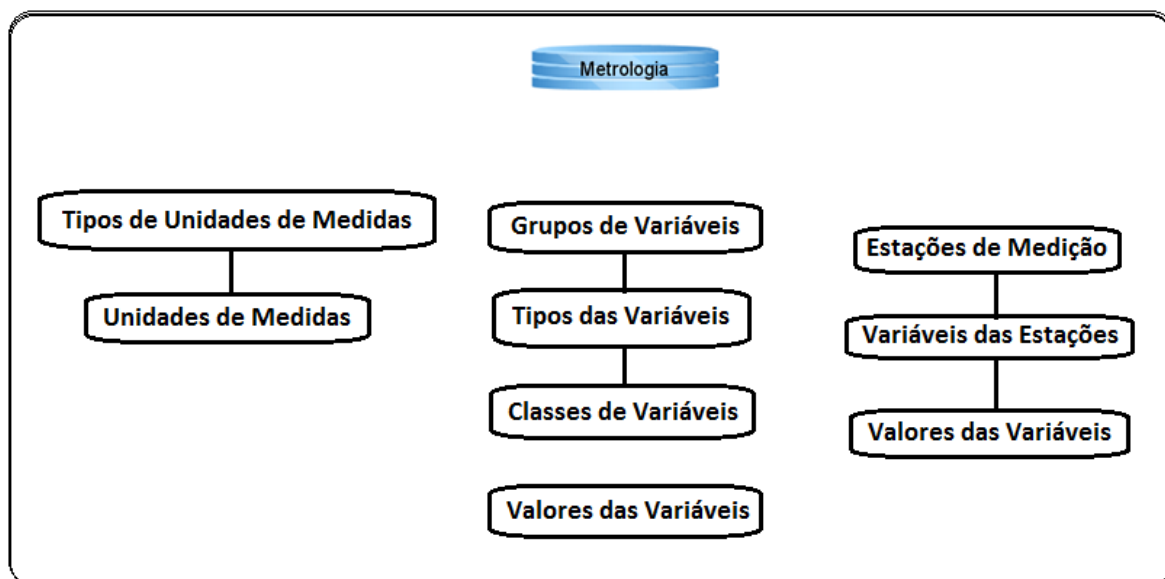


Figura 3.20. Metrologia no SI-RIOSS

### 3.7.1. Grandezas

Conforme o IPEM-SP (2012), grandezas são relações numéricas estabelecidas com um determinado objeto, como é o caso do comprimento de um muro, a altura de um prédio, o volume de um reservatório, o peso de um corpo, a quantidade de pessoas em um estádio de futebol, entre outros. As grandezas podem ser classificadas como fundamentais/básicas ou derivadas e escalares ou vetoriais.

As grandezas fundamentais ou básicas não dependem de outras unidades para poder serem definidas e são apenas sete (7): comprimento, massa, tempo, intensidade de corrente elétrica, intensidade luminosa, temperatura termodinâmica e quantidade de matéria. Por outro lado, as grandezas ditas derivadas, são definidas por relação entre as grandezas fundamentais ou básicas: força, pressão, energia, ângulo plano, potência, carga elétrica, indutância, entre outras.

Já as grandezas escalares precisam da especificação do módulo e da unidade de um determinado objeto: área, potência, pressão, densidade, comprimento, massa, entre outros. As grandezas vetoriais por outro lado, são caracterizadas por exigir, além de um valor numérico e sua unidade, precisam também de uma direção e sentido: velocidade, aceleração, força, torque, campo magnético, campo elétrico, entre outros.

As tabelas desenvolvidas para utilização dos conceitos de metrologia permite definir quaisquer tipos de unidades das grandezas a serem mensuradas. Estas podem ser assim descritas: primeiramente foi desenvolvida a tabela denominada “Tipos de Unidades de Medidas, que contém os seguintes campos: id (campo que possui a chave primária e é gerado automaticamente de forma crescente, conforme Figura 3.21); projeto (campo que identifica o projeto que está sendo usado e possui chave estrangeira com a tabela projeto); nome (campo que serve para designar o nome do tipo da unidade de medida); e descrição (permite ao usuário descrever o tipo de unidade que está cadastrando).

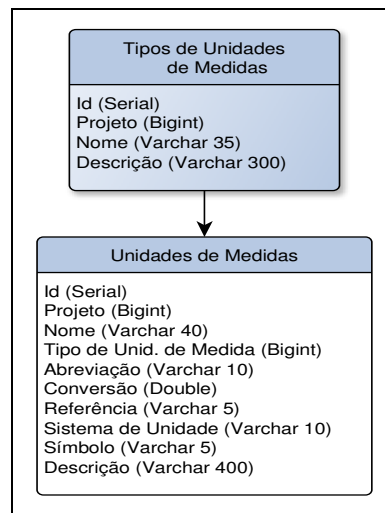


Figura 3.21. Tipos de unidades de medidas cadastradas

O item “Metrologia-Medidas” da Figura 3.2, refere-se ao cadastramento de informações concernentes aos conceitos metrológicos em que o sistema trabalha com tabelas da base de dados, onde na tabela “Tipos de Unidades de Medidas” (Diagrama dos Tipos de Unidades de Medidas - Figura 3.22) são informados os nomes dos tipos das unidades de medidas, como exemplo: área, comprimento, densidade, massa, entre outras.

O link “Unidades” (Figura 3.22) permite o cadastramento das unidades de medidas propriamente ditas (Diagrama das Unidades de Medidas - Figura 3.23), onde é permitido complementar as informações referentes às unidades de medidas, tais como: a “área” pode ter as seguintes unidades: acre, centímetro quadrado, quilômetro quadrado, metro quadrado, entre outros; a “densidade” pode ser dada em grama por centímetro cúbico, quilograma por metro cúbico, etc.; a “massa” pode ser medida em grama, quilograma, tonelada métrica, etc. Estes dados são cadastrados pelo usuário e percebe-se que essas informações tem um caráter dinâmico, uma vez que quem controla e quem determina quais unidades usar é o usuário, podendo ser criadas novas unidades de medidas em função de suas necessidades.



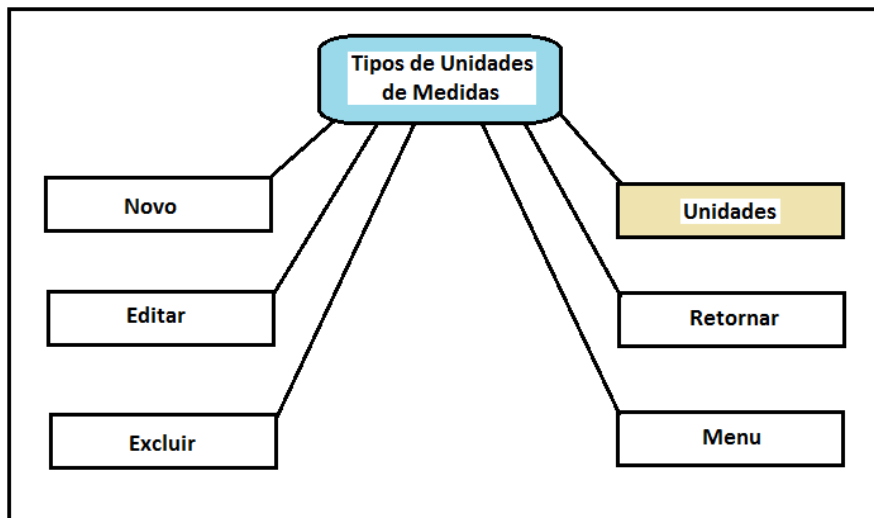


Figura 3.22 – Diagrama dos tipos de unidades de medidas

A segunda tabela é denominada “Unidades de Medidas” que é utilizada para descrever uma unidade de medida, e possui os seguintes campos: id (campo que possui a chave primária e é gerado automaticamente de forma crescente, conforme Figura 3.23); projeto (campo que identifica o projeto que está sendo usado e possui integridade referencial com a tabela projeto); nome (campo que serve para designar o nome da unidade de medida); “Tipo de Unidade de Medida” (campo que possui integridade referencial com a tabela do mesmo nome); abreviação (campo utilizado para descrever a abreviação – forma curta da unidade de medida); conversão (campo utilizado como fator de conversão da unidade); “Unidade de Referência” (campo utilizado para identificar se essa unidade é de referência – sim ou não); “Sistema de Unidade” (identificar o sistema de unidade a qual pertence essa unidade); símbolo (campo que contém o símbolo da unidade de medida); e descrição (permite ao usuário descrever o tipo de unidade que está cadastrando).

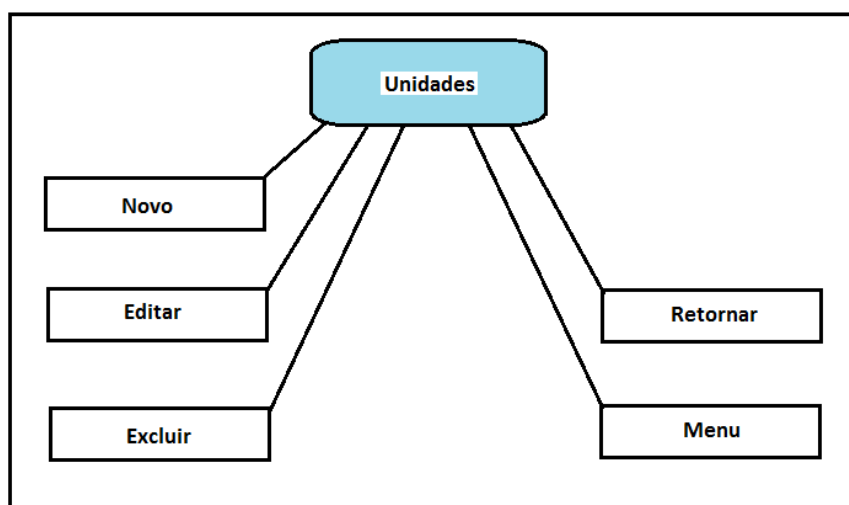


Figura 3.23 – Diagrama do cadastramento das unidades de medidas

A terceira tabela (seguinte) chama-se “Grupos de Variáveis”, que tem como objetivo definir as variáveis associadas as bacias hidrográficas (precipitação, evaporação, etc.). Os campos desta tabela são: id (campo que possui a chave primária e é gerado automaticamente de forma crescente, conforme Figura 3.24); projeto (campo que identifica o projeto que está sendo usado e possui integridade referencial com a tabela projeto); nome (campo que serve para designar o nome do Grupo da Variável); e descrição (permite ao usuário descrever o grupo da variável que está cadastrando) conforme se ilustra na Figura 3.25.

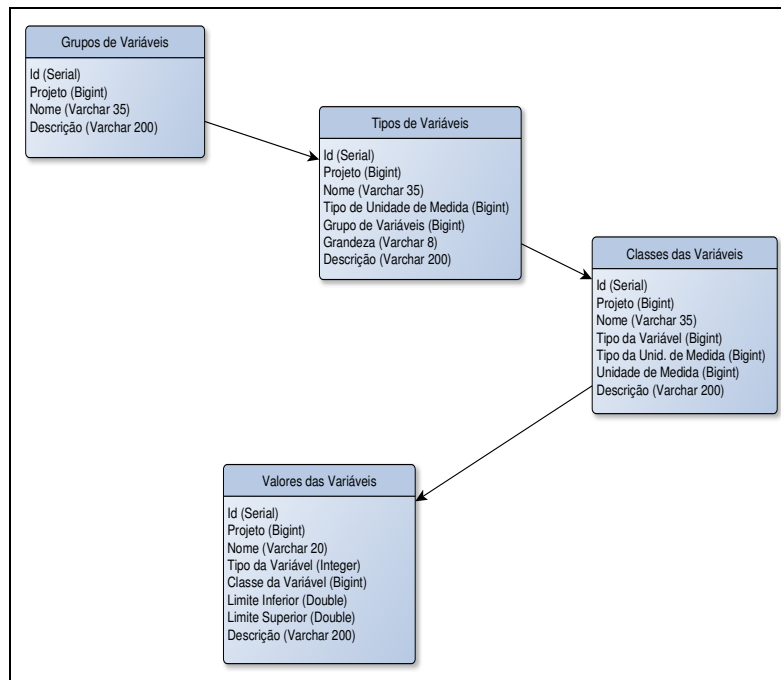


Figura 3.24. Grupos das variáveis cadastradas

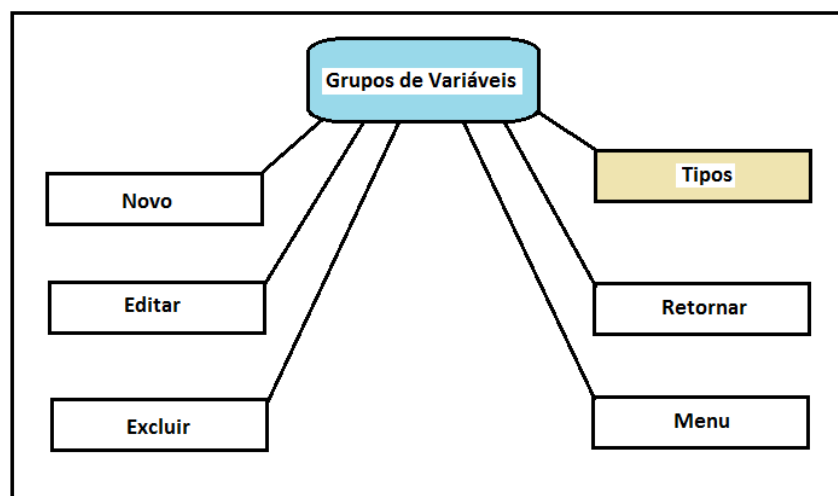


Figura 3.25. Funcionamento dos Grupos das variáveis

A quarta (4<sup>a</sup>) tabela na sequencia chama-se “Tipos de Variáveis” que tem como objetivo cadastrar os tipos de variáveis que podem ser utilizadas no sistema, conforme Figura 3.24. Essa tabela possui os seguintes campos: id (campo que possui a chave primária e é gerado automaticamente de forma crescente); projeto (campo que identifica o projeto que está sendo usado e possui integridade referencial com a tabela projeto); nome (campo que serve para designar o nome do tipo da variável); “Tipo de Unidade de Medida” (campo que possui integridade referencial com a tabela do mesmo nome); “Grupo da Variável” (campo que designa a qual grupo esta variável pertence); grandeza (campo que permite designar se a variável é básica ou se é derivada); e descrição (permite ao usuário descrever o grupo da variável cadastrada) (Figura 3.26).

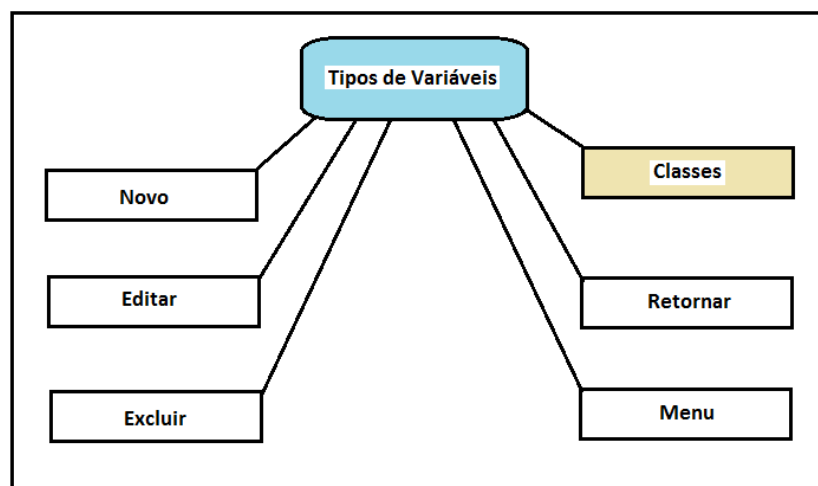


Figura 3.26. Tipos das variáveis cadastradas

A quinta tabela seguinte chama-se “Classes das Variáveis” que tem como objetivo permitir a classificação dos dados segundo intervalos de valores, geralmente denominados de classes, a exemplo do que ocorre com dados de qualidade de água (Figura 3.24). Esta tabela possui os seguintes campos: id (campo que possui a chave primária e é gerado automaticamente de forma crescente); nome (campo que serve para designar o nome da classe da variável); projeto (campo que identifica o projeto que está sendo usado e possui integridade referencial com a tabela projeto); “Tipo da Variável” (campo que possui integridade referencial com a tabela “Tipos de Variáveis”); “Tipo da Unidade de Medida” (campo que tem integridade referencial com a tabela de mesmo nome); “Unidade de Medida” (campo que tem integridade referencial com a tabela de mesmo nome); e descrição (permite ao usuário descrever a classe da variável cadastrada) (Figura 3.27).

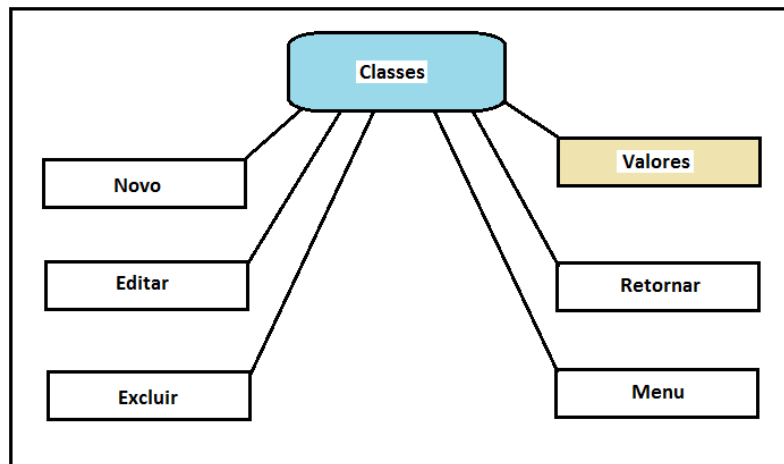


Figura 3.27. Classes das variáveis cadastradas

A sexta tabela que segue, chama-se “Valores das Variáveis”, que é utilizada para o cadastramento dos valores das variáveis, conforme Figura 3.24. Esta possui os seguintes campos: id (campo que possui a chave primária e é gerado automaticamente de forma crescente); projeto (campo que identifica o projeto que está sendo usado e possui integridade referencial com a tabela projeto); nome (campo que serve para designar o nome do valor da variável); “Tipo da Variável” (campo que possui integridade referencial com a tabela “Tipos de Variáveis”); “Classe da Variável” (campo que possui integridade referencial com a tabela com o mesmo nome); limiteInferior (campo que indica a cota do limite inferior); limiteSuperior (campo que indica a cota de valor maior); e descrição (permite ao usuário descrever os valores das variáveis cadastradas) (Figura 3.28).

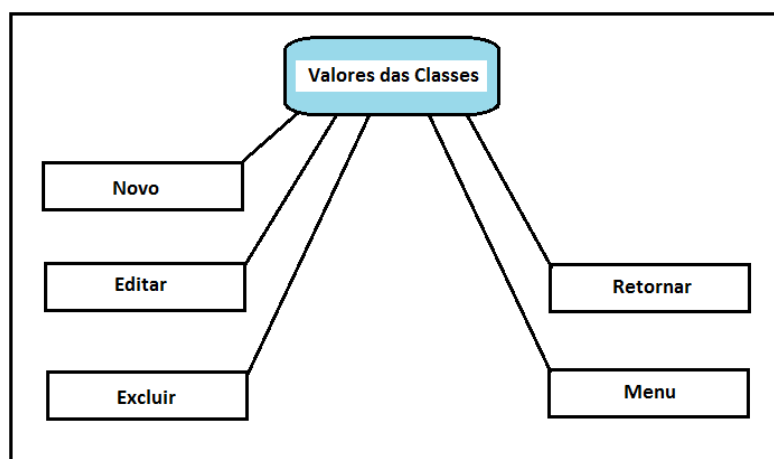


Figura 3.28. Valores das classes cadastradas

Na sequência vêm às tabelas que se referem às estações de medição (Figura 3.29), que se podem efetuar medições e os respectivos armazenamentos de seus dados, esta tabela associa

informações sobre indivíduos, instituições, variáveis, entre outros, que são necessários para descrever os dados armazenados.

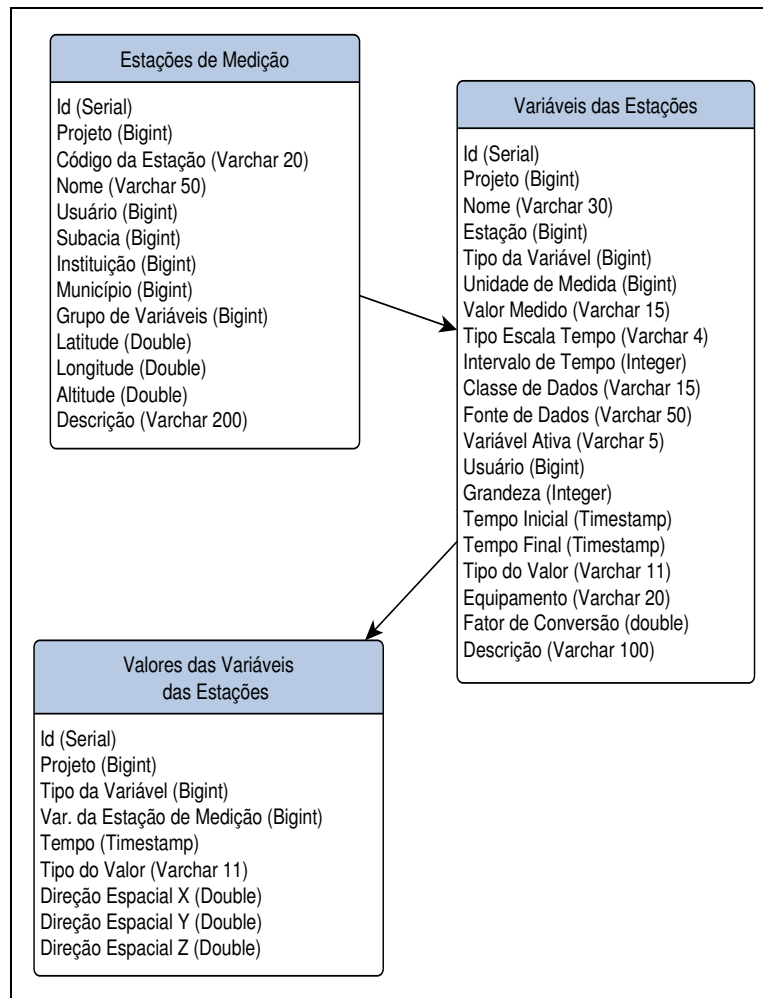


Figura 3.29 Estações de Medição.

Esta tabela denomina-se “Estação de Medição”, a qual possui os seguintes campos: id (campo que possui a chave primária e é gerado automaticamente de forma crescente); projeto (campo que identifica o projeto que está sendo usado e possui integridade referencial com a tabela projeto); “Código da Estação” (campo que permite codificar as estações de medição); nome (campo que serve para designar o nome da estação de medição); usuário (campo que indica que usuário está utilizando este procedimento); subacia (campo que possui integridade referencial com a tabela do mesmo nome); instituição (campo que possui integridade referencial com a tabela do mesmo nome); município (campo que possui integridade referencial com a tabela do mesmo nome); “Grupo de Variáveis” (campo que possui integridade referencial com a tabela do mesmo nome); latitude (campo referente à latitude da estação referenciada); longitude (campo referente a longitude da estação referenciada); altitude (campo referente a altitude da estação referenciada); e descrição (permite ao usuário descrever os valores das estações cadastradas).

A Figura 3.30, mostra o diagrama de funcionamento, que através do link “Variáveis”, passa-se a ter acesso as variáveis da estação de medição cadastradas ou que podem ser acrescentadas e/ou modificadas.

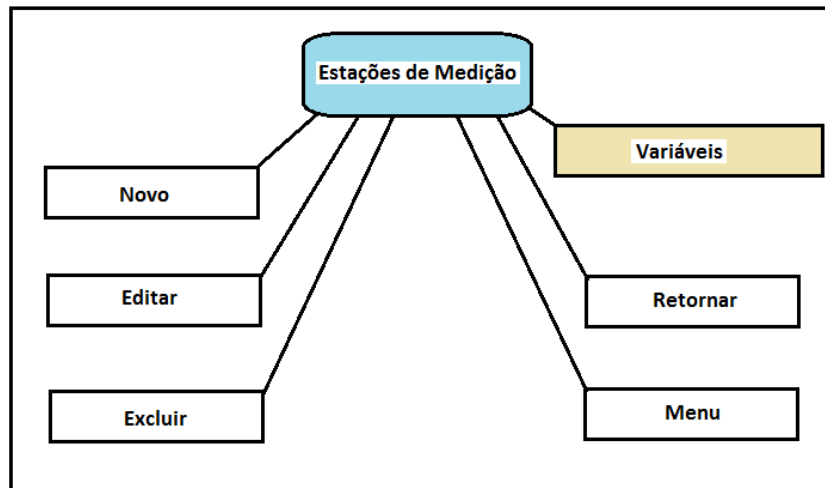


Figura 3.30 Diagrama das Estações de Medição.

Esta tabela é denominada “Variáveis das Estações”, e tem como objetivo armazenar as variáveis referentes as estações de medição cadastradas. Esta possui os seguintes campos: id (campo que possui a chave primária e é gerado automaticamente de forma crescente); projeto (campo que identifica o projeto que está sendo usado e possui integridade referencial com a tabela projeto); nome (campo que serve para designar o nome da variável da estação de medição); estação (campo que possui integridade referencial com a tabela do mesmo nome); “Tipo da Variável” (campo que possui integridade referencial com a tabela “Tipos de Variáveis”); “Unidade de Medida” (campo que possui integridade referencial com a tabela do mesmo nome); “Valor Medido” (campo referente ao valor medido pelo usuário); “Tipo Escala Tempo” (campo que informa o tipo da escala do tempo); “Intervalo de Tempo” (campo referente ao intervalo de tempo – frequência); “Classe dos Dados” (campo que indica qual a classe se refere os dados); “Fonte dos Dados” (campo que indica a origem dos dados); “Variável Ativa” (campo que informa se a variável em estudo está ou não ativa); usuário (campo que indica qual o usuário efetuou as medições); grandeza (campo usado para informar se a grandeza é de base ou derivada); “Tempo Inicial” (campo utilizado para informar o início da medição); tempo final (campo utilizado para informar o término da medição); “Tipo do Valor” (informa se o valor é escalar ou vetorial); equipamento (campo que indica o equipamento utilizado na medição); “Fator de Conversão” (campo que permite a conversão de unidade); e

descrição (permite ao usuário descrever as variáveis das estações cadastradas), conforme Figura 3.31.

Através do link “Gráfico”, pode-se gerar um gráfico da variável selecionada, este gráfico exibe uma linha que representa os dados cadastrados dos valores da variável. Enquanto que o link “Calcular IQA” gera uma tabela com os valores calculados individualmente de cada parâmetro. E o link “Gráfico IQA”, gera um gráfico que representa o cálculo do índice de qualidade de água do período estipulado.

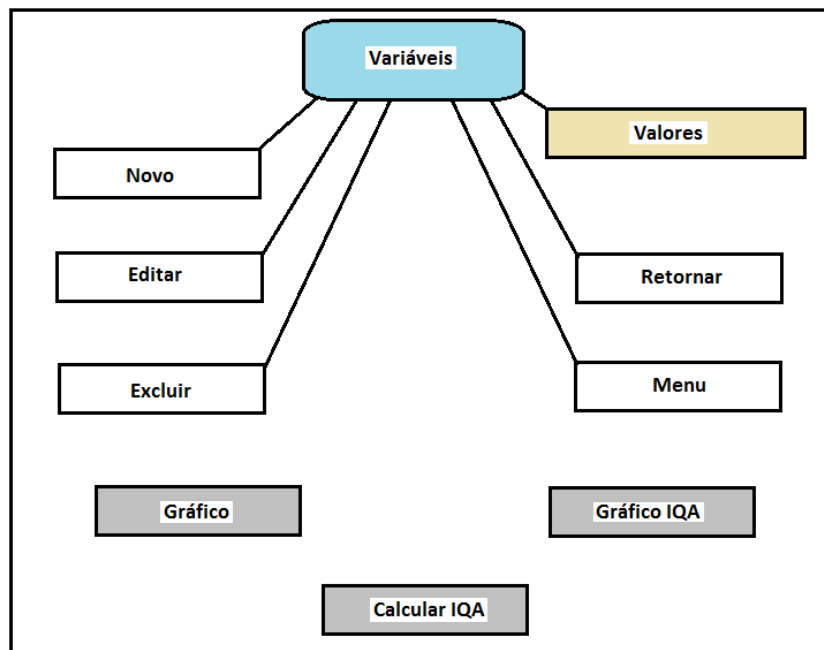


Figura 3.31 Variáveis das Estações de Medição.

Por último a tabela denominada “Valores das Variáveis das Estações” (Figura 3.32), possui os seguintes campos: id (campo que possui a chave primária e é gerado automaticamente de forma crescente); projeto (campo que identifica o projeto que está sendo usado e possui integridade referencial com a tabela projeto); “Tipo da Variável” (campo que possui integridade referencial com a tabela “Tipos de Variáveis”); “Variável da Estação de Medição” (campo que possui integridade referencial com a tabela de mesmo nome); tempo (informa o tempo usado); tipoDoValor (informa se o valor é escalar ou vetorial); direçãoEspacialX (valor da variável, pode ser escalar ou vetorial X); direçãoEspacialY (valor que indica a direção Y); e direçãoEspacialZ (valor que indica a direção Z).

O link apresentado na Figura 3.32, denominado “Curva de Permanência” gera um gráfico que informa com que frequência a vazão de dada magnitude é igualada ou excedida durante o período de registro das vazões.

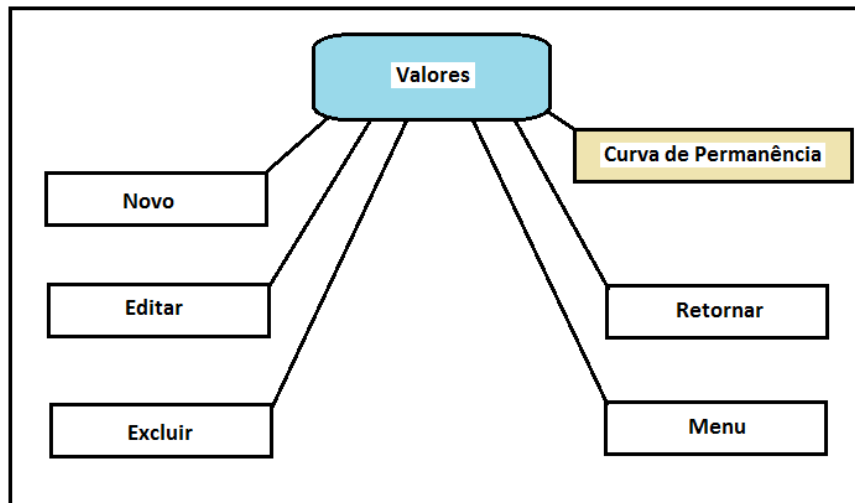


Figura 3.32 Valores das Variáveis das Estações de Medição.

### 3.8. Características da Interface do SI-RIOSS

A interface do SI-RIOSS é composta de botões de ação, caixas de textos, áreas de textos, barram de menus, barras de ferramentas, entre outros.

Esta interface foi desenvolvida tomando como base o ambiente Windows, que é de suma importância possuir uma aparência agradável e a facilidade de se lidar com as telas e comandos do sistema. Foram levadas em conta as similitudes visando facilitar o acesso aos usuários o mais intuitivo possível.

Deste modo, uma interface amigável é um ponto decisivo para o sucesso deste novo sistema (SI-RIOSS), que em muitos casos contribui mais decisivamente para seu sucesso do que seu fracasso, comparado a outros pontos como o desempenho, entre outros. Portanto, será levado em conta que a interface aqui desenvolvida é tão próxima quanto possível de outras interfaces que o usuário já esteja acostumado. Isso é tão verdade que em muitas empresas de grande porte no departamento de sistemas, existem padrões e compatibilidades entre os vários sistemas desenvolvidos, objetivando facilitar o acesso aos usuários.



Entretanto, sabe-se que uma interface amigável requer muita dedicação, consumindo muito trabalho e em alguns casos há a necessidade de se buscar auxílio em outras áreas do conhecimento, principalmente na área de comunicação visual. Logo, interfaces muito carregadas de animações e imagens, ao contrário do que se imagina, produzem inúmeras dificuldades ao usuário em navegar ou premer um determinado botão específico no sistema ou consultar uma informação, além de transmitir uma falsa impressão de que o mesmo é complexo e difícil de ser manuseado. A frustração do usuário devido a existência de muita poluição visual é uma das maiores fontes de resistência por parte desses novos usuários aos sistemas computacionais recentemente implantados, o que dificulta a entrada de dados.

Essa interface evidencia sua capacidade de interagir com o usuário e apresentar segurança no acesso, que consiste na capacidade de evitar o acesso não autorizado, acidental ou deliberado, a usuários intrusos, conforme as Figuras 3.33 e 3.34.

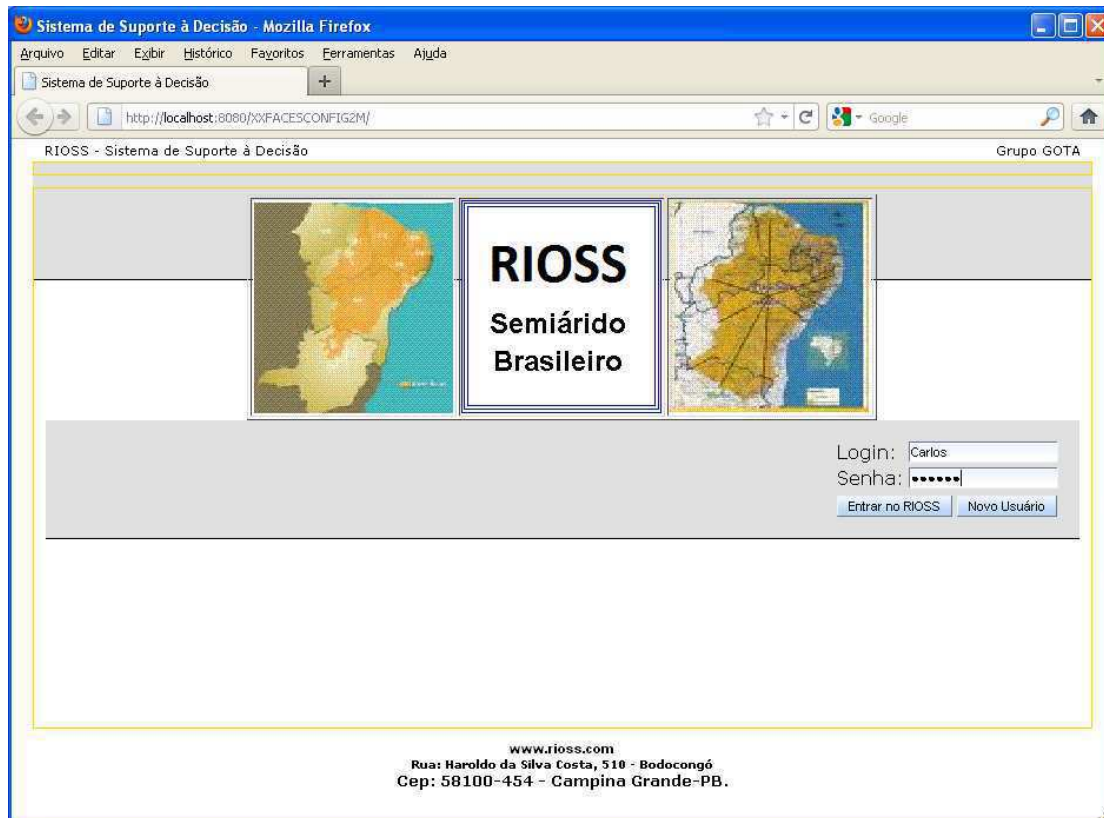


Figura 3.33 – Imagem da tela inicial do SSD via o browser Mozilla Firefox.

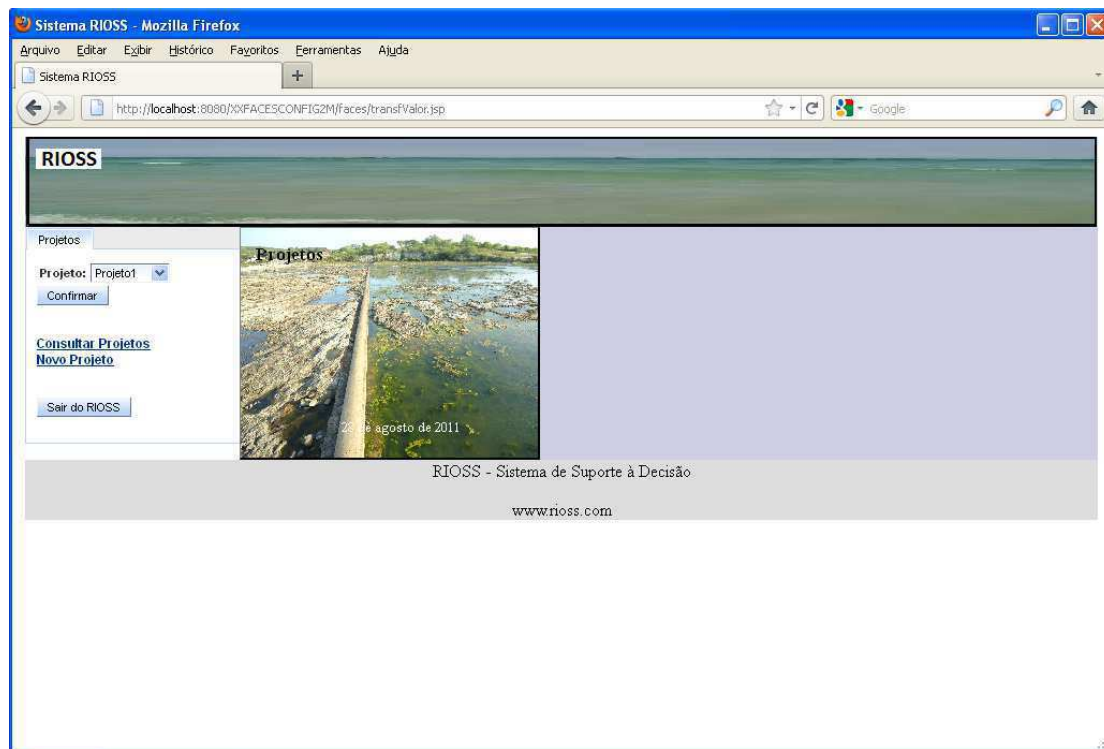


Figura 3.34 – Imagem da tela que deve ser selecionado um projeto.

### 3.8.1. Frameworks utilizados na Interface

A Interface utiliza frameworks (Framework é tipo de sistema desenvolvido para ajudar no desenvolvimento de determinados softwares, que tem como finalidade, agilizar e facilitar seu desenvolvimento e posteriores manutenções do sistema. Logo, frameworks são softwares que podem ser agregados ao sistema desenvolvido, objetivando prover uma solução para uma família de problemas semelhantes, usando um conjunto de classes e interfaces que mostra como decompor uma família de problemas, e como os objetos dessas classes colaboram para cumprir suas responsabilidades. O conjunto de classes deve ser flexível e extensível para permitir a construção de várias aplicações com pouco esforço, especificando apenas as particularidades de cada aplicação. Observar que um framework é uma aplicação quase completa, mas com códigos faltando em que a aplicação completará e suas técnicas são basicamente o uso de “*Template Method* – padrão de projeto de software” e “*Composição* – componente da tecnologia de orientação a objetos”.

## 3.9. IDE NetBeans

O NetBeans IDE, utilizado no desenvolvimento do SI-RIOSS, é um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE - *Integrated Development Environment*) de código aberto (que pode ser baixado gratuitamente do site: ([www.netbeans.org](http://www.netbeans.org))) que é usado por desenvolvedores de softwares nas linguagens Java SE, Java EE, Java ME, C, C++, PHP, Groove, Ruby, Groove, entre outras. O Netbeans é executado em muitas plataformas, como Windows, Linux, Solaris e MacOS. O NetBeans IDE oferece aos seus desenvolvedores ferramentas necessárias para criar aplicações profissionais de desktop, empresariais, Web e móveis multiplataformas.

Conforme Gonçalves (2008), o Netbeans possui muitos menus, ferramentas e janelas que auxiliam no desenvolvimento de uma aplicação WEB, conforme pode ser observado na Figura 3.35.

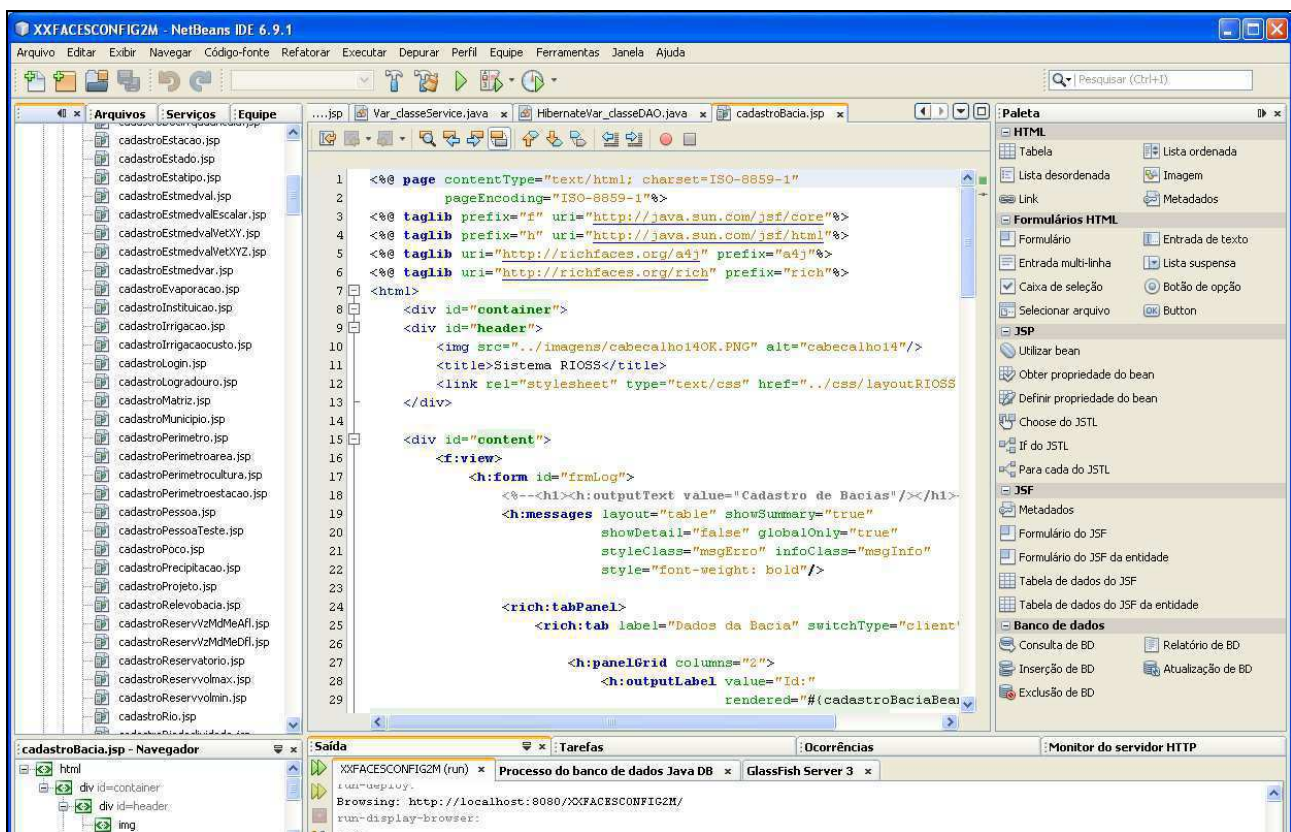


Figura 3.35. Visão geral do Netbeans no desenvolvimento do SI-RIOSS.

O SI-RIOSS foi desenvolvido utilizando as linguagens de programação Java (beans), JavaServer Faces (Interface do RIOSS), HTML (trechos da Interface do RIOSS), entre outras, suportados pelo Netbeans, que é um dos melhores softwares gratuitos para o desenvolvimento de aplicações WEB. Este suporta também as seguintes tecnologias: Ajax, JSF, JSP, CSS, SQL, JavaDB, MySQL, PostgreSQL, JDBC, Javascript, HTML, CVS, SVN, Rich Client Platform, SOA, UML, WSDL, XML, MIDP, CLDC, CDC, EJB, JAX-WS, JSTL, entre outras.

### 3.9.1. Características do Netbeans

O NetBeans teve início em 1996 com a IDE denominada “Xelfi” construída por dois estudantes da República Tcheca, A IDE Xelfi pretendia ser como Delphi para a linguagem Java. A Sun se interessou pela idéia, comprou a empresa e mudou o nome para NetBeans que veio da ideia de reutilização de componentes, que em Java os componentes são chamados de JavaBeans.

De acordo com o Ambiente Netbeans (2011)– sistema utilizado para o desenvolvimento de programas em Java, C++, entre outros o IDE NetBeans possui plug-ins nativos para desenvolvimento WEB em Struts, Google Web ToolKit, JMaki e para JSF, com a possibilidade de criar páginas em modo visual no caso do JSF. Além de possuir um excelente editor CSS e possuir edição de código JavaScript – todas essas características fazem parte do projeto NetBeans que em alguns casos há no máximo a necessidade de baixar o “plug-in” pelo auto update. Além de conter acesso à persistência de dados como é o caso do JNDI e JPA que tem suporte a tabelas, ‘views’, índices, chaves estrangeiras e consultas em modo gráfico.

### 3.9.2. Recursos do Netbeans

O NetBeans possui recursos que auxiliam os desenvolvedores a implementar, compilar, debugar e instalar aplicações, e foi projetado em forma de uma estrutura reutilizável que visa simplificar o desenvolvimento e aumentar a produtividade, uma vez que reúne em uma única aplicação todas estas funcionalidades. Suporta também outras linguagens de programação que utiliza o Swing, como C, C++, Ruby e PHP. Além de suportar as linguagens de marcação como XML e HTML.

Esta IDE, fornece uma base sólida para a criação de projetos e módulos, possui um grande conjunto de bibliotecas, módulos e APIs (*Application Program Interface*) além da disponibilização de vasta documentação. Esses recursos auxiliam o desenvolvedor a implementar os softwares de forma mais ágil. A distribuição da ferramenta é realizada sob as condições da SPL (*Sun Public License*). Esta licença tem como objetivo garantir a redistribuição de conhecimento à comunidade de desenvolvedores quando novas funcionalidades forem incorporadas à ferramenta.

Conforme (Netbeans, 2011), alguns dos principais recursos do Netbeans podem ser destacados: a) editor de código fonte integrado, rico em recursos para aplicações Web (Servlets e JSP, JSTL, EJBs) e aplicações visuais; b) visualizador de classes integrado ao de interfaces, que gera automaticamente o código dos componentes; c) suporte ao Java Enterprise Edition, plataforma de programação de computadores que faz parte da plataforma Java; d) plugins para UML (*Unified Modeling Language*), linguagem de modelagem não proprietária de terceira geração; e) CSS –

edição de folhas de estilos como: auto-completar e análise de código; f) suporte a help local e on-line, além de debug para aplicações e componentes; g) suporte total ao ANT que é a ferramenta de automatização da construção de softwares e TOMCAT; h) integração de módulos; i) suporte a banco de dados, Data view e Connection wizard que são os módulos embutidos na IDE; entre outros.

### 3.9.3. Empresas que usam o Netbeans

Principais Companhias que usam o Netbeans: Battelle Memorial Institute, Boeing, CD-adapco, Chemaxon, Cismet, Eriksfiord, French Defence Agency, Genomatix, Informatics Matters, Institute of Marine Research, Interactive Network Technologies, Maersk Mc-Kinney Moller Institute, Marine Cybernetics, MCD Electronics, Northrop Grumman, Ocean Optics, Raytheon, Saab Systems Grintek, Sandia, SES ASTRA TechCom S.A., Simtec Buerger AG, Skyguide, StreamSim, Surpac Minex, Swedish Defence Agency, US Army Research Laboratory, entre outras.

## 3.10. Servidor de Aplicação WEB Glassfish

GlassFish é um servidor de aplicação Web de código aberto (*open source*) liderado pela Sun Microsystems para a plataforma Java EE. Este servidor foi selecionado para ser executado no sistema SI-RIOSS, uma vez que o mesmo funciona muito bem e é utilizado por muitas empresas para gerenciar seus sistemas via Internet. Este sistema é um software livre, sendo duplamente licenciado sob duas licenças de software livre: CDDL (*Common Development and Distribution License*) e GPL (*General Public License*). De acordo com ORD (2006), este possui as seguintes características: a) suportado pela comunidade como um servidor de aplicativos grátis; b) suporte completo à plataforma Java EE 6; c) um dos melhores servidores de aplicativos da indústria atualmente; d) possui uma arquitetura para a próxima geração que é modular e extensível OSGi (*Open Services Gateway Initiative*); e e) é confiável e possui alto desempenho.

De acordo com Gonçalves (2008), o Glassfish é 100% compatível com as especificações Java EE 5, que é robusto, possui padrão aberto e é mantido pelo projeto Glassfish, que é parte da comunidade OpenJava EE. Este servidor contém itens que um Servlet Container como é o caso do Tomcat não tem, incluindo suporte a EJB (*Enterprise JavaBeans*) e JMS (*Java Message Service*). Este servidor possui maior integração com o Netbeans que os demais, por outro lado, o start do Glassfish é mais lento que o Apache Tomcat (tecnologia de código aberto do Java Servlet e JavaServer Pages) uma vez que este possui muito mais recursos, por isso precisa de mais tempo

para ser carregado na memória do sistema, muito embora após o mesmo ser iniciado, este trabalha mais rapidamente que seu concorrente direto como é o caso do Tomcat.

O SI-RIOSS utiliza este servidor para rodar esta aplicação, uma vez que é um dos servidores mais robustos e está disponível para a comunidade Java EE. O GlassFish suporta todas as especificações da API Java EE, tais como JDBC (*Java Database Connectivity*), RMI (*Remote Method Invocation*), JavaMail, JMS (*Java Message Service*), JMX (*Java Management Extensions*) etc. O GlassFish também suporta algumas especificações restritas para componentes Java EE, como Enterprise JavaBeans (componente do tipo servidor que executa no container do servidor de aplicação), conectores, servlets (componente como um servidor, que gera dados HTML e XML para a camada de apresentação de um aplicativo Web), portlets (componente visual independente que pode ser utilizado para disponibilizar informações dentro de uma página Web), JSF e diversas tecnologias de web services. Isto permite que desenvolvedores criem aplicações corporativas portáteis, escaláveis e fáceis de integrar com código legado.

### 3.10.1. Suporte para Perfis Java EE

O Java EE 6 introduz o conceito de perfis, ou seja, um *perfil* é uma coleção de tecnologias Java EE e APIs, que endereçam comunidades de desenvolvedores específicos e tipos de aplicativos. O GlassFish Enterprise Server v3 suporta os seguintes perfis que são implementados através das distribuições da Sun: a) Perfil de plataforma completa, este perfil foi projetado para desenvolvedores que requerem o conjunto completo de APIs do Java EE para o desenvolvimento de aplicações corporativas. b) Perfil da Web, este contém tecnologias da Web que fazem parte da plataforma completa e é projetado para desenvolvedores que não requerem o conjunto completo de APIs do Java EE.

### 3.10.2. Desenho Modular

O Sun GlassFish v3, foi dividido em módulos para fornecer a flexibilidade e o desempenho aprimorado do executável. A arquitetura modular é implementada sobre as normas do OSGi Alliance e permite a reutilização do módulo do Enterprise Server v3, assim como outros módulos. Nesta versão de projeto, é permitido o uso de apenas os módulos necessários para as aplicações implementadas. O projeto modular facilita o desenvolvimento que passa a: a) Implementar pacotes OSGi; b) Implementar arquivos armazenados da biblioteca Java (JAR); e c) Substituir a funcionalidade existente por outra implementação.

### 3.10.3. Integração da Ferramenta de Atualização

A Ferramenta de Atualização agora está incorporada ao Sun GlassFish Enterprise Server v3 Console de Administração. Esta ferramenta facilita o gerenciamento de componentes adicionais e aplicativos relacionados, que estão disponíveis para estender as funções do Enterprise Server v3. O Console de Administração fornece o acesso à página da Ferramenta de Atualização através da árvore de navegação. A página da Ferramenta de Atualização fornece abas para exibir o seguinte: a) Componentes que estão instalados; b) Atualizações que estão disponíveis para os componentes instalados; e c) Componentes adicionais que estão disponíveis e que podem ser instalados.

A integração da Ferramenta de Atualização no Console de Administração permite que os administradores estendam com facilidade o Enterprise Server e visualizem as atualizações disponíveis. Uma versão independente da Ferramenta de Atualização também está disponível usando o comando “`updatetool`”. A Ferramenta de Atualização difere da Ferramenta de Upgrade, que é usada para migrar a configuração e os aplicativos implementados de uma versão anterior do Enterprise Server para a versão atual.

### 3.10.4. Suporte para Linguagens de Script

Para facilitar o rápido desenvolvimento e implementação, o Sun GlassFish Enterprise Server v3 suporta uma variedade de linguagens de script, ou seja, o uso de linguagens de script permite que o Enterprise Server seja aplicado além dos desenvolvimentos que são centralizados na tecnologia Java. As seguintes linguagens de script suportadas são: a) JRuby and Rails: uma linguagem de script e uma estrutura para desenvolver aplicativos Web; b) Grails: uma estrutura de aplicativo Web que alavanca a linguagem de programação Groovy e complementa o desenvolvimento Web Java; c) Jython and Django: uma implementação Java da linguagem Python e uma estrutura Web para o Python e para implementações do Python (como o Jython); e d) jMaki: uma estrutura para criar aplicativos Web Ajax. O suporte destas linguagens de script é fornecido por componentes que estão disponíveis através da Ferramenta de Atualização.

### 3.10.5. Serviços Web com Suporte para Tecnologias de Interoperabilidade (WSIT)

De acordo com a ORACLE (2011), a Sun está trabalhando em conjunto com a Microsoft para assegurar a interoperabilidade dos serviços Web, como a otimização de mensagens, mensagens confiáveis e segurança. O WSIT é um produto deste esforço conjunto. O WSIT faz parte do 2.0, uma pilha de alto desempenho e extensível do serviço Web, que oferece a interoperabilidade com o Microsoft .NET 3.5. O Metro 2.0 é incluído com a distribuição completa do Enterprise Server v3. O WSIT é uma implementação de diversas especificações de serviços Web abertos para suportar os

recursos corporativos. Além da otimização de mensagens, mensagens confiáveis e a segurança, o WSIT inclui uma tecnologia de bootstrapping e configuração. Iniciando com o suporte XML núcleo incorporado na plataforma Java, o WSIT usa ou estende os recursos existentes e adiciona novo suporte para serviços Web interoperáveis, incluindo: a) Bootstrapping e Configuração; b) Tecnologia de otimização de mensagem; c) Tecnologia de mensagem confiável; e d) Tecnologia de segurança.

### **3.11. Gerenciador de Banco de Dados PostgreSQL**

O PostgreSQL é um sistema gerenciador de banco de dados objeto-relacional (SGBDOR), baseado no POSTGRES Versão 4.2, desenvolvido pelo Departamento de Ciência da Computação da Universidade da Califórnia em Berkeley. De acordo com o PostgreSQL Global Development Group (2011), o POSTGRES foi pioneiro em vários conceitos que somente ficaram disponíveis muito tempo depois em alguns sistemas de banco de dados comerciais.

O SI-RIOSS utiliza o PostgreSQL como seu gerenciador de banco de dados devido a uma série de vantagens perante outros sistemas gerenciadores de banco de dados. Um dos pontos cruciais é que este sistema tem distribuição gratuita, o que favorece o desenvolvimento de aplicações em Instituições de Pesquisa e Ensino como é o caso. Este sistema possui uma série de características que o torna potente e útil no que diz respeito à quantidade de transações que podem ser executadas em paralelo (ao mesmo tempo por vários usuários em pontos distintos), uma vez que o SI-RIOSS é um sistema que estará disponível na Internet e será aberto ao público em geral. Este também contém suporte ao Sistema de Informações Geográficas (GIS) que é "um sistema informatizado para captura, armazenamento, verificação, integração, manipulação, análise e visualização de dados relacionados a posições na superfície terrestre".

Portanto, naturalmente este sistema foi o escolhido entre uma série deles que possui algumas características semelhantes. Logo, o PostgreSQL é um descendente de código fonte aberto do código original de Berkeley e suporta grande parte do padrão SQL:2003, além de serem oferecidas muitas funcionalidades atuais, como: comandos complexos; chaves estrangeiras; gatilhos; visões; integridade transacional; controle de simultaneidade multiversão, entre outros.

O PostgreSQL pode também ser estendido pelo usuário de várias formas como: adicionando novos tipos de dados; funções; operadores; funções de agregação; métodos de índice; linguagens procedurais, entre outros. Devido à sua licença livre, o PostgreSQL pode ser utilizado, modificado e distribuído por qualquer usuário para qualquer finalidade, seja privada, comercial ou acadêmica, e este é livre de encargos. Este é atualmente o mais avançado banco de dados de código aberto



disponível no mundo e para usar o PostgreSQL é necessário instalá-lo nos diversos computadores. O PostgreSQL pode ser instalado por qualquer usuário sem privilégios, porque não é necessário nenhum acesso de superusuário.

De acordo com POSTGRESQL (2011), o PostgreSQL é um banco de dados que utiliza o modelo cliente-servidor, ou seja, uma sessão do PostgreSQL consiste nos seguintes processos (programas) cooperando entre si: Um processo servidor, que gerencia os arquivos do banco de dados, recebe conexões dos aplicativos cliente com o banco de dados, e executa ações no banco de dados em nome dos clientes. O programa servidor do banco de dados chama-se “*postmaster*”; Os aplicativos cliente podem ter naturezas muito diversas: o cliente pode ser uma ferramenta no modo caractere, um aplicativo gráfico, um servidor Web que acessa o banco de dados para mostrar páginas Web, ou uma ferramenta especializada para manutenção do banco de dados. Alguns aplicativos cliente são fornecidos na distribuição do PostgreSQL, sendo a maioria desenvolvido pelos usuários.

A criação de um banco de dados utilizando o PostgreSQL, é extremamente simples e deve ser executado o seguinte comando no console do sistema: `createdb nomeDoBD`; Por outro lado, para se acessar uma base de dados, deve-se executar o comando “psql” da seguinte forma: “psql nomeDoBD”.

### 3.11.1. Características do PostgreSQL

O PostgreSQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional (SGBDR), ou seja, este sistema gerencia dados armazenados em relações (tabelas). O desenvolvimento de uma base de dados nos dias atuais são bancos de dados orientados a objeto, em que cada tabela é uma coleção nomeada de linhas. Todas essas linhas de uma determinada tabela possuem o mesmo conjunto de colunas e cada coluna é de um tipo de dado específico. As tabelas são agrupadas em bancos de dados, e uma coleção de bancos de dados gerenciados por uma única instância do servidor PostgreSQL forma um agrupamento de bancos de dados.

Para se inserir dados em uma tabela de uma base de dados, pode se usar o seguinte comando para uma tabela chamada “funcionários”: `insert into funcionarios values(1, 'Ana Maria', 25, 500.40)`; Significa que se está inserindo na tabela ‘funcionários’ o funcionário com código (inteiro) 1, chamado ‘Ana Maria’, que possui vinte e cinco anos de idade (inteiro) e percebe um salário de R\$500,40 (quinhentos reais e quarenta centavos) do tipo (Double precision).

Para se fazer a consulta de uma tabela da base de dados, pode-se executar o seguinte comando: `select * from funcionarios`. Com este comando, o PostgreSQL responderá com todos os

campos (\*) da tabela e todos os clientes cadastrados. Por outro lado, para se fazer junções de tabelas com o PostgreSQL, deve se proceder como exemplo da seguinte forma: *select \* from funcionários, endereços where nomeDoFuncionario = 'Ana Maria'*; Com este comando, as duas tabelas passarão a ser apenas uma tabela com todos os dados das duas tabelas, cuja restrição ocorre apenas para o funcionário 'Ana Maria'.

O PostgreSQL suporta funções de agregação que permite ao cliente realizar uma operação de um determinado cálculo como por exemplo pode ser requisitado o somatório de um determinado campo, como: *select sum(salário) from funcionários*; O PostgreSQL devolverá a informação em forma do somatório do campo salário. É permitido também se fazer atualizações em registros de uma determinada tabela, como exemplo: *update funcionários set salário = salário \* 1.5 where salário < 500*; Isto significa que os funcionários terão um aumento caso recebam um salário inferior a R\$500 reais.

Este gerenciador de banco de dados permite a exclusão de registros, através do seguinte comando: *delete from funcionários where nome = 'Paulo de Souza'*; Significa que o funcionário Paulo de Souza será eliminado da base de dados. A criação de visões é permitida nos casos em que seja necessário se fazer repetidas vezes uma determinada consulta e não é necessário se digitar o comando por completo todas essas vezes, mas sim pode-se criar uma visão e neste caso dá-se a entender que uma nova tabela será criada, como exemplo: *create view minha\_visão as select nome, salário from funcionários, cidades where cidade = 'São Paulo'*; Após a criação desta visão, o comando que deve ser executado poderá ser: *select \* from minha\_visão*; Portanto, fazer o uso livre de visões é um aspecto chave de um bom projeto de banco de dados SQL. As visões permitem encapsular, atrás de interfaces que não mudam os detalhes da estrutura das tabelas, que podem mudar na medida em que os aplicativos evoluem.

Ainda segundo [O \(POSTGRESQL, 2011\)](#), outro fator muito importante no PostgreSQL é o conceito de chaves estrangeiras, que são na verdade a interligação de duas tabelas através de um determinado campo em que haja a integridade referencial, ou seja, só se pode incluir uma nova tupla em uma tabela, caso exista a tupla correspondente na tabela referenciada. O PostgreSQL atende ao conceito de transações que é de fundamental importância em bancos de dados, ou seja, o ponto essencial da transação é englobar vários passos em uma única operação de tudo ou nada (operação atômica). Os estados intermediários entre os passos não são vistos pelas demais transações simultâneas e, se acontecer alguma falha que impeça a transação chegar até o fim, então nenhum dos passos intermediários afetará a base de dados, ou seja, a transação será cancelada.

### **3.12. Modelos de Simulação e Otimização**

Neste tópico são descritos os principais conceitos da base de modelos do SI-RIOSS. Onde são abordados os sistemas CISDERGO e ORNAP, ambos desenvolvidos por pesquisadores da equipe GOTA, além dos conceitos de simulação e otimização.

Segundo Braga et al (1998), a análise de sistemas de recursos hídricos é um enfoque sistêmico através do qual os componentes do sistema de recursos hídricos e suas interações são descritas em termos quantitativos por meio de equações matemáticas e funções lógicas. Em geral, procura-se a combinação de elementos do sistema que produza o melhor resultado, ou o ótimo, da função objetivo. Isto não significa que o problema se reduz em determinar o mínimo ou o máximo de uma equação (função objetivo). Além de determinar a melhor solução, dentro de critérios estabelecidos, este enfoque permite que se estruture o problema. É na fase da estruturação do problema que os aspectos importantes são definidos. Ribeiro (2002) considera a análise de sistemas de recursos hídricos uma ferramenta imprescindível para os profissionais do gerenciamento de recursos hídricos.

Conforme Yeh (1985), Labadie (2004) e Wurbs (2005), na análise de sistemas de recursos hídricos basicamente têm-se duas classes de modelo: otimização e simulação. No modelo de otimização, o objetivo do projeto é representado analiticamente através de uma função objetivo que será maximizada ou minimizada. No modelo de simulação não existe a preocupação de determinar o conjunto de elementos ou regra operativa ótima e sim analisar cenários alternativos e verificar o comportamento do sistema.

Modelos de otimização e simulação têm sido aplicados a estudos de planejamento de recursos hídricos desde a década de 60. Entretanto, dificuldades como: tamanho dos programas na solução de problemas complexos, falta de comunicação entre tomadores de decisão e analistas, consideração de múltiplos objetivos, inclusão de aspectos não quantitativos no processo de decisão, entre outros, fizeram com que a utilização destas técnicas ficasse prejudicada em aplicações práticas de engenharia.

Graças ao desenvolvimento expressivo na capacidade de armazenamento de dados e velocidade de processamento do microcomputador na última década, incluindo o desenvolvimento de software em linguagens de programação de alto nível, foi possível a introdução destas técnicas em ambiente computacional amigável. Este fato quebrou a grande barreira de interação homem-máquina que existia antes destas facilidades. Surge desta forma o conceito de modelos de visão compartilhada que permitem a participação do tomador de decisão na formulação do modelo de simulação do sistema. Surgem também os sistemas de suporte a decisão que possibilitam

visualização adequada das consequências das alternativas, interação do decisor, consideração de múltiplos objetivos, utilização simultânea de otimização e simulação etc.

# Capítulo 4

## 4. SISTEMA DE SUPORTE A DECISÃO SI-RIOSS

Neste tópico, é apresentada uma descrição geral do sistema SI-RIOSS que tem a finalidade de ser utilizado como ferramenta para o planejamento e gerenciamento de Recursos Hídricos. O sistema como um todo é composto da Interface com o usuário que possibilita a interação do usuário com o sistema, da Base de Dados que permite o armazenamento de dados inerentes ao sistema e da Base de Modelos. Nesta tese, foi elaborada a Interface, a Base de Dados, e parte do Sistema de Modelos. Os pontos referentes ao modelo compreendem: as tabelas correspondentes à metrologia que pode ser utilizada para a medição teoricamente de qualquer tipo de unidade existente ou idealizada pelo usuário (visto no Capítulo Metodologia); a caracterização de uma bacia hidrográfica, seus rios e suas subacias, que envolve a geração de tabelas e gráficos, mediante os dados introduzidos no sistema (também visto no Capítulo Metodologia); e o cálculo de uma série de dados que constitui a precipitação efetiva, a necessidade líquida de uma cultura, a ETO (evapotranspiração de referência) e a ETP (evapotranspiração potencial) (também visto no Capítulo Metodologia).

A Interface foi desenvolvida no ambiente Netbeans e utiliza uma série de linguagens de programação (todas integradas e com finalidades específicas), como é o caso de: JavaServer Faces, XML, HTML, JSP, CSS, entre outras. Enquanto que para a Base de Dados, foi utilizado o gerenciador de banco de dados PostgreSQL ([www.postgresql.org.br](http://www.postgresql.org.br)) que é um software livre e permite além do modelo relacional, também a parte de sistema de informação geográfica (GIS), bem como é utilizado o Hibernate ([www.hibernate.org](http://www.hibernate.org)) que permite a conversão de orientação a objetos para o modelo relacional e vice-versa.

### 4.1. Visão Geral do Sistema

O Sistema de Informação do RIOSS foi desenvolvido para facilitar e ajudar gestores em recursos hídricos. Este sistema funciona baseado em projetos (elaborados pelo usuário), de tal forma que o usuário inicialmente deve cadastrar seus dados pessoais e em seguida cadastrar um projeto. O sistema é baseado na tecnologia de componentes, em que as várias aplicações correspondem a uma unidade de funcionalidade que pode ser usada dentro de uma estrutura em

particular. A Figura 4.1 fornece um exemplo da capacidade de uso do sistema após sua implementação total.

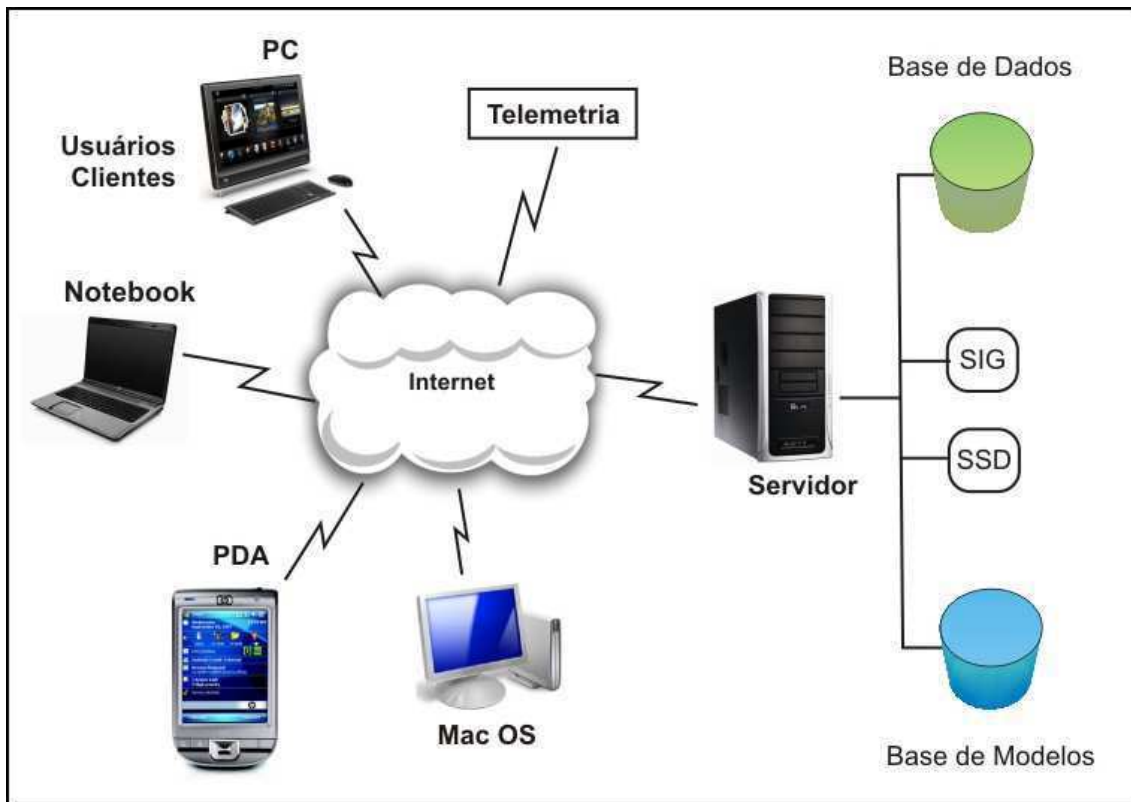


Figura 4.1 – Visão Geral do Sistema (SSD)

O sistema SI-RIOSS, quando completamente finalizado, deverá permitir ao usuário realizar uma série de cadastro de dados, de acordo com a Figura 4.2.

Devem ser cadastrados dados das culturas, sistemas de irrigação, perímetros, dados meteorológicos, reservatórios, dados fluviométricos, estações de bombeamento, demandas, qualidade d'água, tomadas d'água, vertedores, gerador de energia, descarregadores de fundo, entre outros.

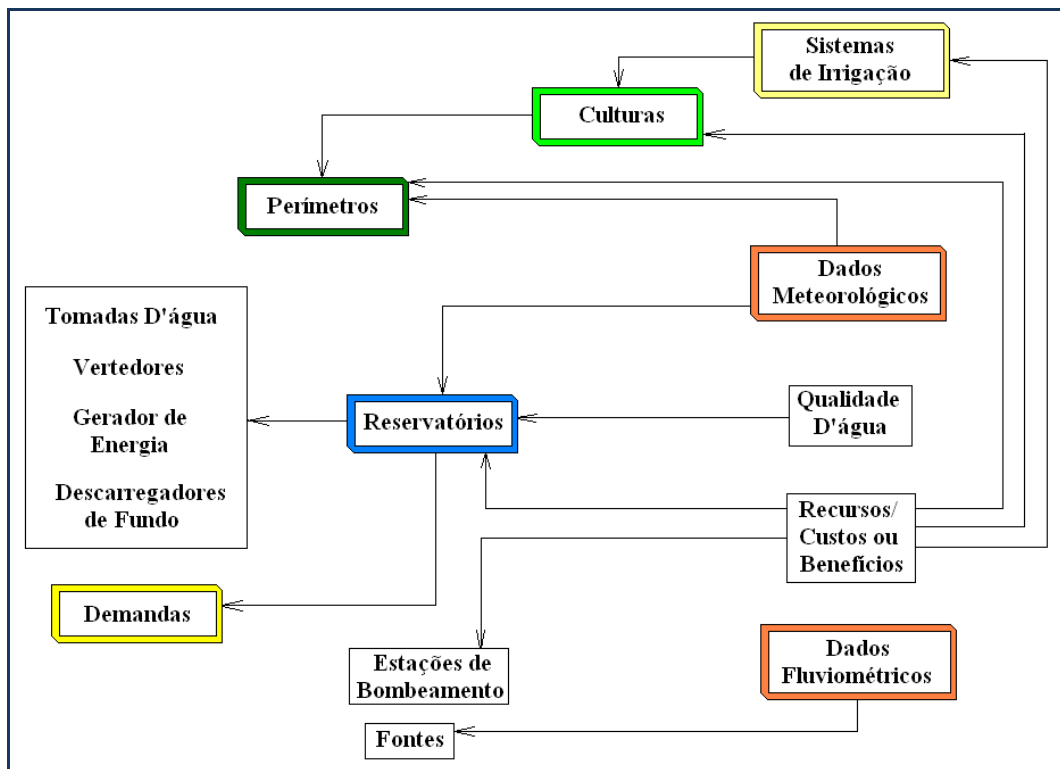


Figura 4.2 – Fluxo de operação do Sistema

## 4.2. Interface do SI-RIOSS

A Interface do sistema foi desenvolvida utilizando a tecnologia principal denominada JavaServer Faces (pertencente a plataforma JAVA), que é uma tecnologia consolidada com a finalidade de desenvolver sistemas para serem usados na WEB. Esta é uma das ferramentas mais utilizadas em todo o mundo para sistemas corporativos e foi primeiramente desenvolvida pela empresa SUN Microsystems e seus colaboradores espalhados pelo mundo.

### 4.2.1. Tecnologia Java

Java é uma plataforma de programação totalmente orientada a objetos e foi desenvolvida por James Gosling e Patrick Naughton (ambos da SUN) que inicialmente a chamaram de “Green” em 1991. O objetivo inicial era atender as necessidades de aparelhos eletrodomésticos e receptores de TV, a mesma era uma linguagem simples e deveria rodar em qualquer arquitetura, independente do sistema operacional. No entanto, com o surgimento da Internet, viu-se uma grande oportunidade desta ser utilizada também neste meio. Daí passou a ser chamada de Java e hoje é considerada uma das Linguagens mais utilizadas pelos desenvolvedores de software.

Seu grande objetivo é desenvolver sistemas de tal modo que o mundo real possa ser modelado como uma coleção de objetos, em que esses objetos incorporem as estruturas de dados e

seu comportamento. Java possui três edições, a saber: J2SE (*Java 2 Platform, Standard Edition*) - tem como objetivo atender as aplicações padrões mais utilizadas em nosso cotidiano; J2EE (*Java 2 Platform, Enterprise Edition*) - tem como objetivo atender as aplicações: de grande porte, distribuídas em redes e baseadas na Web; e J2ME (*Java 2 Platform, Micro Edition*) - tem como objetivo atender as aplicações com pouca memória como: celulares, pagers e PDA's.

A linguagem Java é uma ferramenta que possui infra-estrutura de qualidade empresarial e no nível de pesquisa é muito explorada por diversas corporações, Universidades e Institutos de Pesquisa espalhados pelo mundo. A infra-estrutura Java 2 Enterprise Edition ou abreviadamente, J2EE foi utilizada no desenvolvimento do SI-RIOSS, e esta é uma plataforma que permite aos desenvolvedores Java criarem seus aplicativos corporativos sofisticados que fornecem funcionalidade de missão crítica para milhares de usuários.

Deste modo, o SI-RIOSS foi desenvolvido totalmente baseado na plataforma J2EE (que é uma especificação e não um produto e é atualizada em conformidade com a JCP (*Java Community Process*)). Esta plataforma é implementada pelos fornecedores e produtores de serviços de aplicativos, tais como BEA, IBM, iPlanet, ATG, SilverStream e JBOSS (BOND, 2003). Isto significa que os desenvolvedores possuem uma seleção de fornecedores de produtos para escolher, com base na qualidade, no suporte ou na finalidade de uso.

Esta plataforma é de acesso livre, propriedade da Sun Microsystems, tendo como concorrente a plataforma .NET (*.NET Framework da Microsoft*). Usa-se, portanto o J2EE para aplicações corporativas, cujas ferramentas são modulares e utiliza-se para conectar e ampliar sua rica funcionalidade. De acordo com BOND (2003), o J2EE é um padrão dinâmico para produção de aplicativos seguros, escaláveis e altamente disponíveis. Este padrão define quais os serviços podem ser fornecidos pelos servidores e esses servidores disponibilizarão contêineres J2EE que serão executados.

Os serviços padrão do J2EE consistem em serviços que podem ser resumidamente descritos a seguir:

- **Conectividade** – Os contêineres devem suportar conectividade com outros componentes e com os clientes do aplicativo. Essa conectividade pode ser via RMI (*Remote Method Invocation*) – Java e/ou via CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*), como também por intermédio do protocolo HTTP (*Hypertext Transport Protocol*) e sua forma segura HTTPS.



- **Serviços de diretório** – Os servidores J2EE fornecem serviços de nomes via JNDI (*Java Naming and Directory Interfaces*).
- **Acesso a dados e persistência** – Esses serviços consistem no acesso a banco de dados através da API JDBC (*Java Database Connection*).
- **Conectividade legada** – A arquitetura de conectores do Java fornece serviços para acesso a sistemas corporativos de grande porte e a sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning* – planejamento de recursos corporativos).
- **Segurança** – O J2EE fornece o serviço JAAS (*Java Authentication and Authorization Service*) que é utilizado para ajudar o aplicativo J2EE na imposição das verificações de autenticação e autorização de segurança para os usuários.
- **Suporte para XML** – O J2EE fornece os seguintes serviços para trabalhar com documentos: JAXP que suporta a análise de documentos XML usando DOM – *Document Object Model*. Suporta documentos SAX – *SimpleAPI for XML*, API simples para XML e XSLT – *eXtensible Stylesheet Language Transformations* que consiste na transformação da linguagem de estilos extensível.
- **Transações** – O J2EE fornece serviços de transações para seus componentes, como é o caso do JTA (*Java Transaction API*) que permite ao componente controlar suas próprias transações.
- **Troca de mensagens e e-mail** – O J2EE fornece o serviço JMS (*Java Message Service*) que permite aos componentes enviar e receber mensagens assíncronas dentro de um limite organizável, bem como o JAF (*JavaBeans Activation Framework*) para suportar vários tipos MIME.

A Figura 4.3 mostra a arquitetura J2EE atualizada com os serviços disponíveis para seus contêineres.

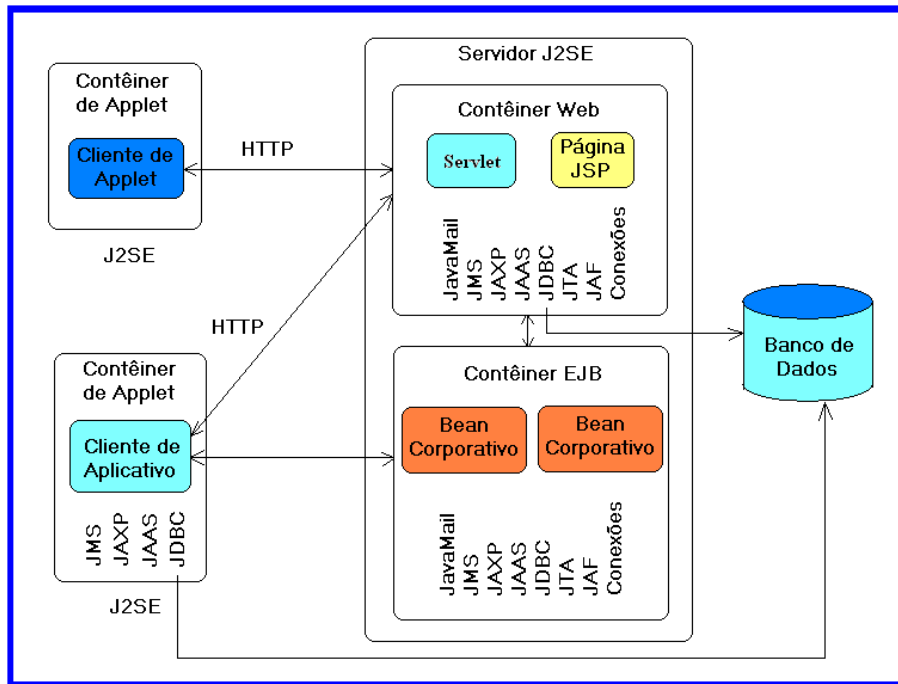


Figura 4.3 – Plataforma J2EE com os serviços disponíveis (BOND, 2003)

A Figura 4.4 apresenta a imagem de um possível servidor da Web, utilizando o protocolo HTTP que faz parte da família de protocolos TCP/IP.

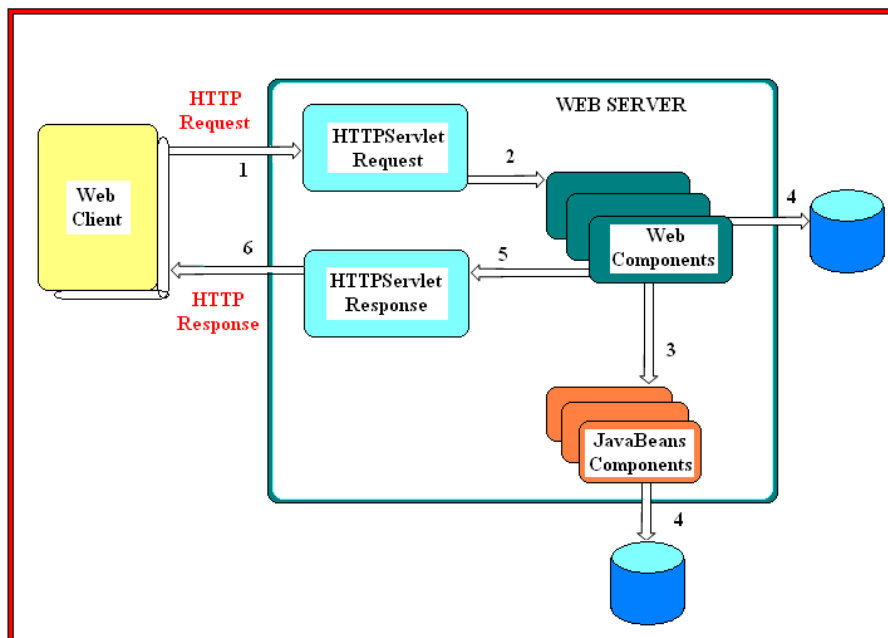


Figura 4.4 – Imagem de um possível servidor da Web (Adaptado de BOND, 2003)

#### 4.2.2. JavaServer Faces

O SSD SI-RIOSS utiliza a tecnologia JavaServer Faces em sua interface que permite o acesso do usuário ao sistema. JavaServer Faces faz parte da tecnologia Java e tem como objetivo ajudar os desenvolvedores de software na Interface de uma aplicação para Web. Conforme GEARY & HORSTMAN (2007), esta tecnologia é um framework MVC (*Model-view-controller*), que permite o desenvolvimento de aplicações para a internet de forma visual, ou seja, arrastando e soltando os componentes na tela JSP (*JavaServer Pages*), definindo propriedades dos mesmos.

De acordo com LUCKOW & MELO (2010), a tecnologia JSF (*JavaServer Faces*) é atualmente considerada pela comunidade Java como a última palavra em termos de desenvolvimento de aplicações Web utilizando Java, resultado da experiência e maturidade adquiridas com o JSP/Servlet (Model1), MVC (Model2) e Struts. Este framework possui as seguintes características: Permite que o desenvolvedor crie (User Interfaces) UIs através de um conjunto de componentes UIs pré-definidos; Fornece um conjunto de tags JSP para acessar os componentes; Reutiliza componentes da página; Associa os eventos do lado cliente com os manipuladores dos eventos do lado do servidor (os componentes de entrada possuem um valor local representando o estado no lado servidor); Fornece separação de funções que envolvem a construção de aplicações Web. Utiliza Ajax (*Asynchronous JavaScript and XML*) em alguns de seus componentes tornando alguns processos mais rápidos e eficientes.

Esta tecnologia permite a inserção de folhas de estilo (CSS - *Cascading Style Sheets*), utilizada para apresentação de documentos em páginas Web, conforme BOWERS (2008); Comandos em Java Script; Metodologia Ajax, entre outros. Além de permitir suporte a internacionalização e acessibilidade, possui também um conjunto padrão de componentes de interface de usuário que possibilitam validação padronizada, bibliotecas de etiqueta especiais do JSP (*Java Server Pages*) para expressar a interface do JavaServer Faces dentro de uma página JSP, bem como um modelo de eventos do lado servidor, gerência de estados, Managed Beans (JavaBeans criados com injeção de dependência), e uma Linguagem de Expressão Unificada para JSP e JSF.

De acordo com JENDROCK et al. (2011), a tecnologia JavaServer Faces está embasada no lado do servidor de uma aplicação Web, e esta é composta de um framework que permite aos desenvolvedores elaborar sua aplicação que permite o acesso da mesma pela Internet. Os principais componentes dessa tecnologia são: Uma API que possui componentes que gerenciam seu estado;

eventos; validação do lado do servidor; conversão de dados; definição e navegação de páginas; suporte a internacionalização e acessibilidade para todas as características. Além de duas bibliotecas padrões (*Custom Tag Libraries*) para expressar componentes dentro de uma página JSP.

Ainda de acordo com JENDROCK et al. (2011), a Figura 4.5 apresenta um exemplo do uso do JSF. A página JSP, *myform.jsp*, é uma página JavaServer Faces, dentro de uma página JSP que inclui marcas JavaServer Faces. Esta expressa os componentes da interface de usuário usando tags personalizadas definidas pela tecnologia JavaServer Faces. A interface do usuário para a aplicação web (representado por *myUI* na mesma figura) gerencia os objetos referenciados pela página JSP.

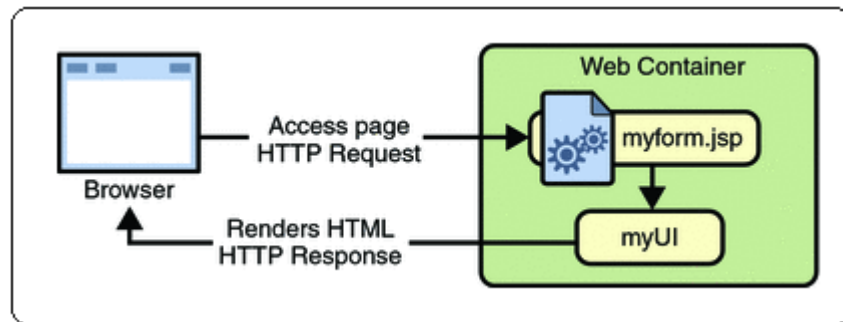


Figura 4.5 A interface de uma aplicação rodando no servidor (JENDROCK et al. 2011)

#### 4.2.2.1. Benefícios da Tecnologia JavaServer Faces

Uma das maiores vantagens desta tecnologia é que a mesma oferece uma separação entre o comportamento e a apresentação, o que não acontece com outras tecnologias. Esta tecnologia permite também que desenvolvedores construam aplicações da web que implementam a separação mais refinada do comportamento e da apresentação que é tradicionalmente oferecido por arquiteturas client-side UI (Interface do Usuário).

A separação da lógica de apresentação também permite que cada membro de uma equipe de desenvolvimento de aplicações web possam se concentrar em sua parte do processo de desenvolvimento, e fornece um modelo de programação simples para conectar as partes. Outro objetivo importante da tecnologia JavaServer Faces é alavancar conceitos familiares baseados em componente UI e web-tier (camada da web) sem limitá-lo a uma tecnologia de script em particular ou linguagem de marcação.

Embora a tecnologia JavaServer Faces inclua uma biblioteca de tags JSP personalizada para representar os componentes em uma página JSP, estas APIs estão em camadas diretamente sobre a API Servlet. O mais importante ainda é que a tecnologia JavaServer Faces oferece uma arquitetura

rica para o gerenciamento de estado do componente, componente de processamento de dados, validação de entrada do usuário e manipulação de eventos.

#### 4.2.2.2. Aplicações Web

Na plataforma Java 2, os componentes web fornecem os recursos de extensão dinâmica de um servidor web. Os componentes da Web são servlets ou Java, páginas JSP ou terminais de serviço web. A interação entre um cliente web e uma aplicação web é ilustrada na Figura 4.6. O cliente envia uma solicitação HTTP para o servidor web. Um servidor web que implementa uma tecnologia Java Servlet e/ou JavaServer Pages converte a solicitação em um objeto `HttpServletRequest`. Este objeto é entregue a um componente web, que pode interagir com componentes JavaBeans ou um banco de dados para gerar conteúdo dinâmico. O componente web pode gerar um `HttpServletResponse` ou este pode passar o pedido para outro componente web. Eventualmente um componente web gera um objeto `HttpServletResponse` e o servidor web converte esse objeto para uma resposta HTTP e retorna para o cliente.

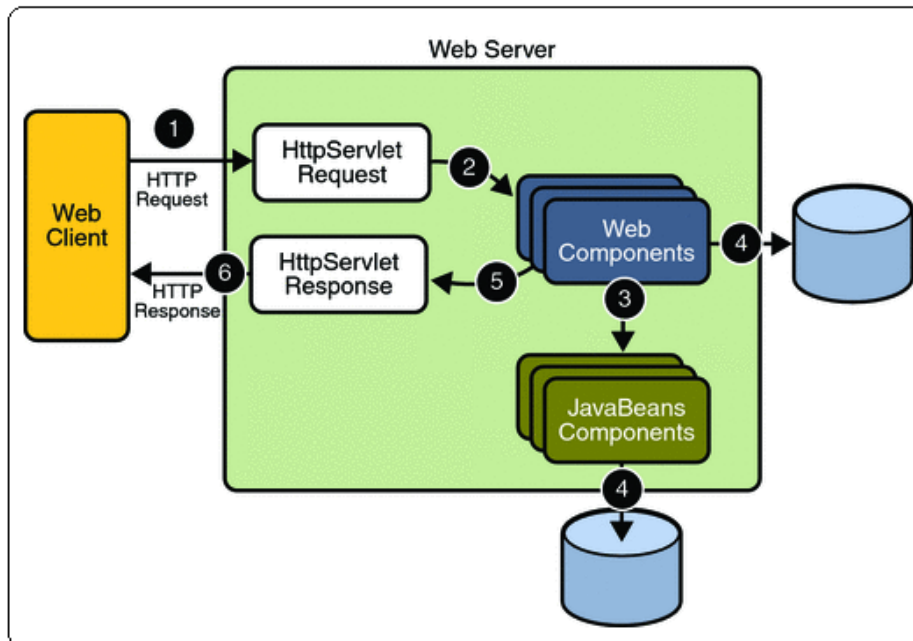


Figura 4.6 Java Web Tratamento de Solicitação (JENDROCK et al. 2011)

#### 4.2.2.3. Modelo de Componente da interface do usuário

Os componentes UI (Interface de Usuário) JavaServer Faces são configuráveis e possui elementos reutilizáveis que compõem as interfaces de usuário das aplicações. Um componente pode ser simples, como um botão, ou composto, como uma tabela, conforme ilustrado na Figura 4.7 do

SI-RIOSS, que pode ser composto por vários componentes. A Figura 4.8 do SI-RIOSS exibe alguns componentes do JSF como: campos de texto, campos com máscara, botões, etc.



Figura 4.7 Tela que exibe uma tabela e outros componentes (UI)

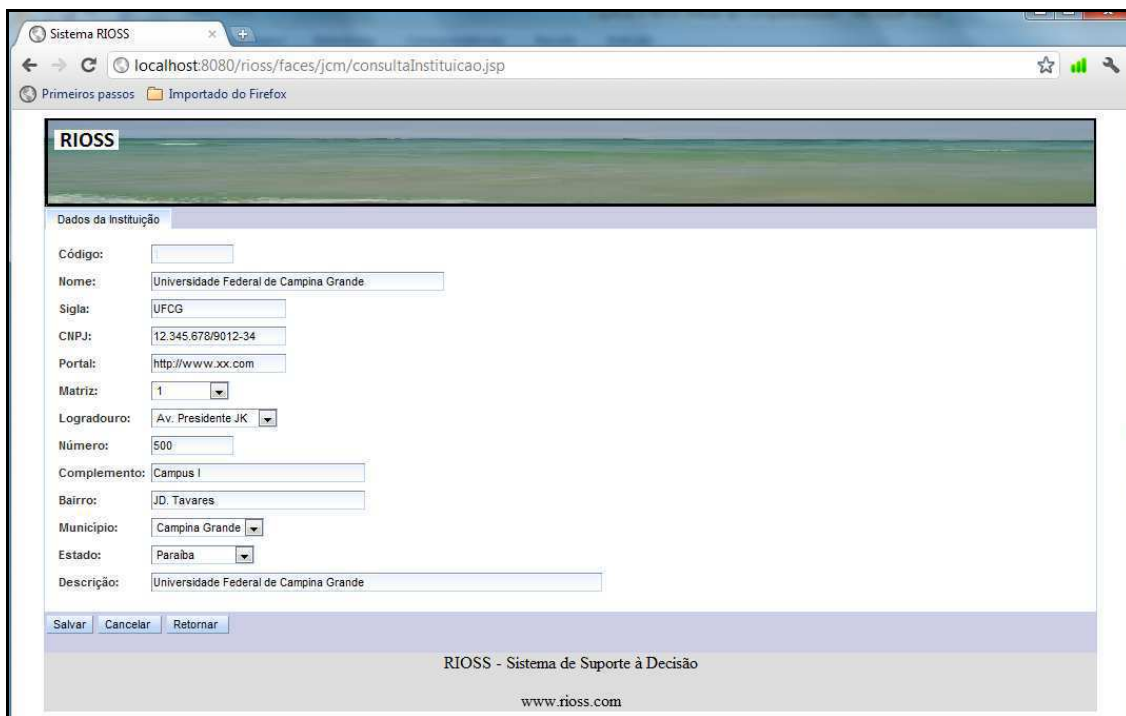


Figura 4.8 Tela de cadastro que exibe alguns componentes (UI)

Esta tecnologia fornece uma rica arquitetura flexível de componentes que inclui o seguinte:

- Um conjunto de classes `UIComponent` para especificar o estado e o comportamento de componentes de UI;
- Um modelo de processamento que define a forma de transformar os componentes de várias maneiras;
- Um evento e um modelo ouvinte que define como lidar com os eventos de componentes;
- Um modelo de conversão que define como registrar conversores de dados em um componente;
- Um modelo de validação, que define como registrar validadores em um componente.

#### **4.2.2.4. Modelo de Conversão**

O SI-RIOSS faz a associação de um componente do JSF com um objeto do lado do servidor. Isso é feito automaticamente e é realizado através de um `JavaBeans` que é denominado de `backing bean` e foi implementado neste projeto. O SI-RIOSS faz isso através da obtenção de um objeto de dados para um componente chamando as propriedades do objeto para o componente.

Portanto, quando o componente é vinculado a um objeto, o SI-RIOSS tem dois pontos de vista dos dados do componente:

- A visão do modelo, no qual os dados são representados como tipos de dados, como inteiro ou longo.
- Ver a apresentação, na qual os dados são representados de uma forma que podem ser lidos ou modificados pelo usuário. Por exemplo, um `java.util.Date` pode ser representado como uma seqüência de texto no formato `dd/mm/yy` ou como um conjunto de três cadeias de texto.

Na implementação do SI-RIOSS, o `JavaServer Faces` converte automaticamente dados de componentes entre esses dois pontos de vista quando a propriedade do `bean` associado com o componente é de um dos tipos suportados por dados do componente.

Como por exemplo: se um componente `UISelectBoolean` está associada a uma propriedade de `bean` do tipo `java.lang.Boolean`, o `JavaServer Faces` irá converter automaticamente os dados do componente de `String` para `Boolean`. Além disso, alguns dados do componente deve ser vinculado às propriedades de um tipo particular. Por exemplo, um componente `UISelectBoolean` deve ser vinculado a uma propriedade do tipo `boolean` ou `java.lang.Boolean`.

#### 4.2.2.5. Modelo de Evento e Ouvinte

O SI-RIOSS se beneficia das características do JavaServer Faces no que corresponde ao modelo de eventos e listeners (ouvinte) que é semelhante ao modelo de eventos do JavaBeans que tem correspondente nas classes de eventos e listeners nos componentes da Interface do usuário. No JSF, a notificação de um evento, deve fornecer uma implementação da classe Listener e deve registrá-la no componente que gera o evento. Quando o usuário ativa um componente, como clicando em um botão, um evento é disparado. Isso faz com que a implementação do JavaServer Faces possa invocar o método de ouvinte que processa o evento.

A tecnologia JSF suporta três tipos de eventos: o valor de mudança de eventos, eventos de ação, e os dados do modelo de eventos. Um evento de ação ocorre quando o usuário ativa um componente que implementa `ActionSource`. Estes componentes incluem botões e *hiperlinks*, enquanto que um evento de mudança de valor ocorre quando o usuário muda o valor de um componente representado por `UIInput` ou uma de suas subclasses. Um exemplo é a escolha da opção de uma caixa de seleção, uma ação que resulta no valor do componente que está mudando para *true*. Os tipos de componentes que podem gerar esses tipos de eventos são os `UIInput`, `UISelectOne`, `UISelectMany` e componentes `UISelectBoolean`. O Valor de mudança de eventos são acionados somente se não há erros de validação que foram detectados.

Dependendo do valor da propriedade imediata do componente emitindo o evento, eventos de ação podem ser processados durante na fase da aplicação invocar ou aplicar os valores de fase do pedido, e o valor de mudança do evento pode ser processada durante a fase de validação ou a solicitação na fase de valores. Um evento do modelo de dados ocorre quando uma nova linha de um componente `UIData` é selecionado.

Existem duas maneiras de fazer com que a aplicação possa reagir a eventos de ação ou valor de troca de eventos emitidos por um componente padrão:

- Implementar uma classe de ouvinte de eventos para manipular o evento e registrar o ouvinte sobre o componente por aninhamento ou uma tag `valueChangeListener` ou uma tag `actionListener` dentro da tag do componente.
- Implementar um método de um bean de apoio para lidar com o evento e referem-se ao método de expressão do atributo apropriado da tag do componente.



#### 4.2.2.6. Modelo de Validação

No SI-RIOSS, é suportado um mecanismo para validar os dados locais de componentes editáveis (como campos de texto). Esta validação ocorre antes do modelo de dados correspondente e é atualizado para acompanhar o valor local. Como o modelo de conversão, o modelo de validação define um conjunto de classes padrão para a realização de verificações de validação de dados comuns. Na biblioteca do núcleo do JSF, também é definido um conjunto de tags que correspondem às implementações padrão do validador (*Validator*).

#### 4.2.2.7. Modelo de Navegação

O modelo de navegação do JavaServer Faces faz com que seja fácil de definir a navegação de página e para lidar com qualquer processamento adicional necessário para escolher a seqüência em que as páginas são carregadas.

Logo, o SI-RIOSS é beneficiado por essa tecnologia que consiste de um conjunto de regras para a escolha da próxima página a ser exibida após um botão ou hiperlink ser clicado. No SI-RIOSS, estas regras foram definidas no arquivo de recursos de configuração, utilizando um pequeno conjunto de elementos XML.

#### 4.2.2.8. Beans de apoio (*Backing Beans*)

O SI-RIOSS possui uma série de classes Java denominados (beans de apoio) que consiste de uma classe implementada em Java que contém a inteligência do negócio a que se pretende administrar. Este possui propriedades que são: um nome, um tipo e métodos (getters e setters, além de outros métodos referentes as regras do negócio). Ficando portanto os arquivos de JSF com a responsabilidade de apenas fazerem a interface com o usuário. Em seguida é fornecido um exemplo simples de um arquivo JavaBean.

```
public class MeuBean {
    private int codigo;
    private String nome;
    public MeuBean() { //método construtor do bean
    }
    public int getCodigo() { //método de acesso a propriedade código
        return codigo;
    }
    public String getNome() { //método de acesso a propriedade nome
        return nome;
    }
    public void setCodigo(int codigo) { //método que altera a propriedade código
        this.codigo = codigo;
    }
}
```

```

public void setNome(String nome) { //método que altera a propriedade nome
    this.nome = nome;
}
}
    
```

No SI-RIOSS, foram implementados uma série de classes JavaBeans, onde cada um dos quais é um Bean gerenciado (managed bean) que está associado com os componentes da interface que são usados em uma página particular. Logo, Managed beans são componentes JavaBeans que podem ser configurados usando a facilidade managed bean.

#### 4.2.2.9. O Ciclo de Vida de uma Página JSF

No SI-RIOSS, o ciclo de vida de uma página JSF é executada da seguinte forma: o cliente faz uma solicitação HTTP para a página e o servidor responde com a página traduzida para HTML. Portanto, o ciclo de vida é dividido em várias fases, a fim de apoiar o modelo de componentes sofisticados UI (Interface do Usuário). Este modelo requer que os dados do componente sejam convertidos e validados, os eventos de componentes sejam tratados, e os dados do componente seja propagado para o Bean de uma forma ordenada.

Esta é representada por uma árvore de componentes de interface do usuário, chamada de vista. Durante o ciclo de vida, a implementação do JavaServer Faces deve construir a visão ao considerar o estado salvo de uma apresentação prévia da página. Quando o cliente envia uma página, o JavaServer Faces executa várias tarefas, como a validação da entrada de dados de componentes na visão e conversão de dados de entrada para tipos especificados no lado do servidor.

A aplicação executa todas essas tarefas como uma série de etapas do ciclo de vida do JavaServer Faces de solicitação-resposta, de acordo com a Figura 4.9.

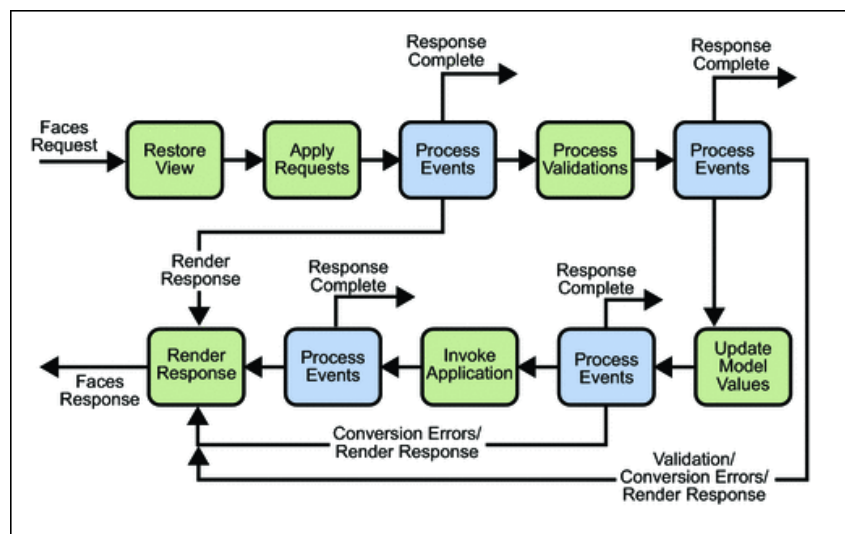


Figura 4.9 Ciclo de Vida Padrão de Solicitação-resposta do JavaServer Faces (JENDROCK et al. 2011)

#### 4.2.2.10. Fase de Visão de Restauração

Quando uma solicitação para uma página JavaServer Faces é feita, bem como, quando um link ou um botão é clicado, o JSF inicia a fase de visão de restauração, onde o JSF constrói a exibição da página, ativa manipuladores de eventos e validadores para os componentes no ponto de visão, e salva a visão na instância FacesContext, que contém todas as informações necessárias para processar um único pedido. Todas as tags da aplicação de componentes, manipuladores de eventos, conversores e validadores tem acesso à instância FacesContext.

Se a solicitação para a página é uma solicitação inicial, o JSF cria uma visão vazia durante esta fase e avança do ciclo de vida para a fase de renderização de resposta, durante a qual a visão vazia é preenchida com os componentes referenciados pelas tags na página.

Se o pedido de página é um postback (enviar de volta), uma visão correspondente a esta página já existe, logo durante esta fase, o JSF restaura a visão usando as informações de estado salvo no cliente ou no servidor.

#### 4.2.3. MVC

Model-view-controller (MVC) é um padrão de arquitetura de software que visa separar a lógica de negócio da lógica de apresentação, permitindo o desenvolvimento, teste e manutenção isolada dos módulos. O SI-RIOSS também conta com esta arquitetura Model-View-Controller e é usada em aplicações que usam a plataforma Java™ 2, Enterprise Edition (J2EETM), de acordo com (Java BluePrints, 2002). Logo, separa-se do núcleo a funcionalidade do modelo de negócio da lógica de apresentação e o controle que utiliza essa funcionalidade. Tal separação permite múltiplas visões de compartilhar o mesmo modelo de dados corporativos, o que favorece a implementação, uma vez que fica mais fácil de implementar, testar e manter.

A arquitetura MVC teve seu início no Smalltalk, onde foi originalmente aplicada para mapear a entrada tradicional, processamento a saída de tarefas dos usuários. No entanto, é fácil mapear esses conceitos no domínio de aplicações multi-camadas de corporações, conforme pode ser observado na Figura 4.10.

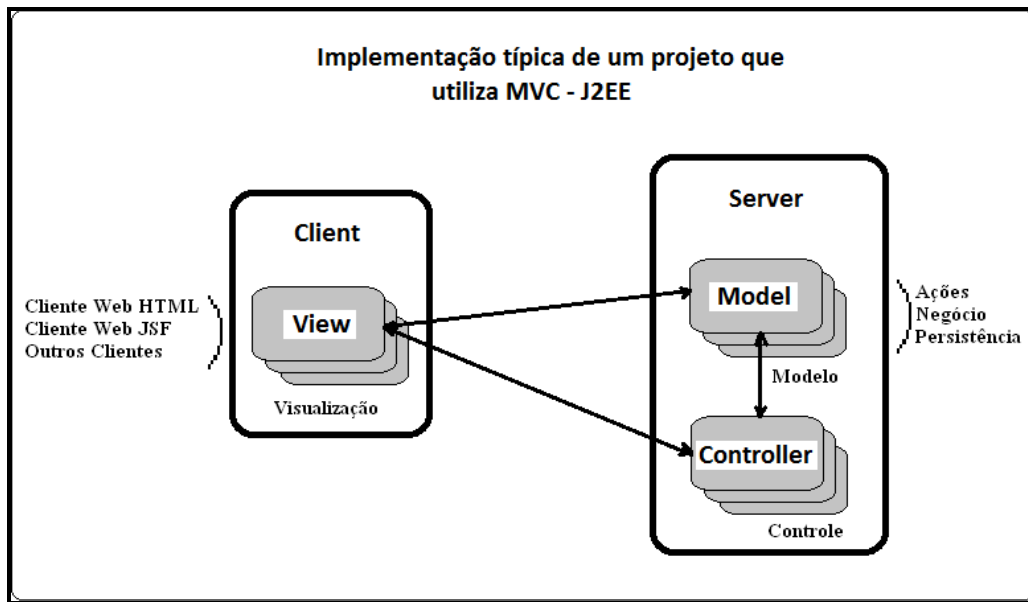


Figura 4.10 Ilustração da especificação do MVC.

Naturalmente, o SI-RIOSS usa este conceito de forma integral em seu desenvolvimento que permite uma melhor manutenibilidade, portanto maior agilidade no processo de alteração do sistema. Com isso, o sistema ganha em confiabilidade e as responsabilidades de cada camada do MVC, podem ser assim especificadas:

Visão (View) – tem como responsabilidade manter a consistência na sua apresentação, quando o modelo é alterado. Isto pode ser conseguido através de um modelo push, onde se registra o modelo de notificações de alteração, ou um modelo pull, onde a visão é responsável por chamar o modelo quando este precisa recuperar os dados mais atuais.

Modelo (Model) - O modelo representa os dados da empresa e as regras de negócio que governam o acesso e atualizações de dados. Muitas vezes, o modelo serve como uma aproximação a um processo de software do mundo real.

Controlador (Controller) - O controlador traduz interações com a visão em ações a serem realizadas pelo modelo. Em um cliente ligado ao seu desktop stand-alone, as interações do usuário podem ser cliques de botão ou seleções de menu, enquanto que em uma aplicação Web, eles aparecem como solicitações GET e POST HTTP. As ações realizadas pelo modelo incluem ativar processos de negócio ou alterar o estado do modelo. Com base na interação do usuário e o resultado das ações do modelo, o controlador responde selecionando uma visão adequada.

A arquitetura MVC possui três camadas como dito anteriormente e pode ser assim melhor descritas:

A Camada de apresentação ou visualização – esta camada não está preocupada em como a informação foi obtida ou onde esta foi obtida, apenas exibe a informação e esta inclui: a) elementos de exibição no cliente: HTML, XML, JSF, Applets; b) é a camada de interface com o usuário; e c) é usada para receber a entrada de dados e apresentar o resultado.

A Camada de lógica da Aplicação - É o coração da aplicação e é responsável por tudo que a aplicação vai fazer: a) modela os dados e o comportamento por trás do processo de negócios; b) se preocupa apenas com o armazenamento, manipulação e geração de dados; e c) é um encapsulamento de dados e de comportamento independente da apresentação.

A Camada de Controle - determina o fluxo da apresentação servindo como uma camada intermediária entre a camada de apresentação e a lógica (que controla e mapeia as ações).

O modelo MVC possui os seguintes pontos positivos: a) Como o modelo MVC gerencia múltiplos visualizadores usando o mesmo modelo é fácil manter, testar e atualizar sistemas múltiplos; b) É muito simples incluir novos clientes apenas acrescentando seus visualizadores e controles; c) Torna a aplicação escalável; e d) É possível ter desenvolvimento em paralelo para o modelo, visualizador e controle pois são independentes.

Enquanto que o modelo MVC possui os seguintes pontos negativos: a) Requer uma quantidade maior de tempo para analisar e modelar o sistema; b) Requer pessoal especializado; e c) Não é aconselhável para pequenas aplicações.

#### 4.2.4. Ajax

AJAX (*Asynchronous JavaScript and XML*), conforme MORONI (2007), consiste do uso metodológico de tecnologias como Javascript, DOM (*Document Object Model* - é uma convenção multi-plataforma e independente de linguagem para representar e interagir com objetos em HTML, XHTML) e XML, providas por browsers (navegadores), para fazer com que páginas Web sejam mais interativas com o usuário, utilizando-se de solicitações assíncronas de informações. O objetivo do AJAX é evitar que a cada solicitação do servidor, a página necessite ser recarregada, com isso, usa-se o objeto XMLHttpRequest via o JavaScript com a finalidade de intermediar todas as solicitações ao servidor.

O SI-RIOSS utiliza essa metodologia e com isso é beneficiado com a rapidez do acesso a algumas de suas páginas. A popularização nos últimos anos do AJAX, tem também trazido muitas outras melhorias para a Web, como é o caso da construção de aplicações Web mais dinâmicas e

criativas. AJAX incorpora em seu modelo as seguintes características: a) exposição e interação dinâmica usando o DOM; b) intercâmbio e manipulação de dados usando XML e XSLT; c) recuperação assíncrona de dados usando o objeto XMLHttpRequest e XMLHttpRequestResponse; e d) JavaScript realizando a união entre os elementos.

Um ponto importante e muito vantajoso do AJAX é a diminuição do tráfego da rede, devido à interação do usuário com a aplicação ser realizada boa parte localmente e só quando é realmente necessário é que a página vai para o servidor. Com isso, a criação da Web 2.0, teve início com a popularização das tecnologias AJAX e trouxe a tona muitos conceitos importantes para o desenvolvimento Web. De acordo com CRANE et al. (2007), o AJAX possui quatro princípios que podem ser assim descritos: a) o browser hospeda a aplicação e não o conteúdo da mesma; b) o servidor responde com dados e não com conteúdo; c) A interação do usuário com a aplicação pode ser flexível e contínua; e d) deve haver disciplina no desenvolvimento da aplicação.

Com o AJAX, o servidor entrega ao navegador um documento mais complexo e uma grande proporção do código é JavaScript. Como exemplo, o conteúdo de uma cesta de compras pode ser armazenado no navegador, em vez de ser armazenado na sessão do servidor.

Em uma aplicação que usa o Ajax, o tráfego tem sua maior intensidade no início quando o usuário entra, com um largo e complexo cliente sendo entregue de uma única vez. As comunicações subsequentes com o servidor são muito mais eficientes. Por outro lado, o tráfego cumulativo pode ser menor em uma aplicação web convencional. Porém, conforme o tamanho médio do tempo de interação aumentar, o custo de largura de banda da aplicação Ajax torna-se menor do que sua aplicação clássica equivalente.

Uma das grandes vantagens do Ajax é que se podem associar eventos a um maior número de ações do usuário. A interface com o usuário, como é o caso de “arrastar e soltar”, tornam-se praticáveis, tornando a interface de uma página da Web semelhante a uma aplicação desktop. Com isso, uma aplicação Ajax, consiste de uma porção de código funcionalmente complexa que comunica eficientemente com o servidor enquanto o usuário continua com seu trabalho.

#### **4.2.5. Principais telas do SI-RIOSS**

A Figura 4.11 exibe a tela inicial do SSD aqui desenvolvido (SI-RIOSS) que contém os campos de Login e Senha que devem ser digitados para acessar o sistema, ou o usuário pode se cadastrar para permitir seu acesso no futuro clicando no botão “Novo Usuário”.

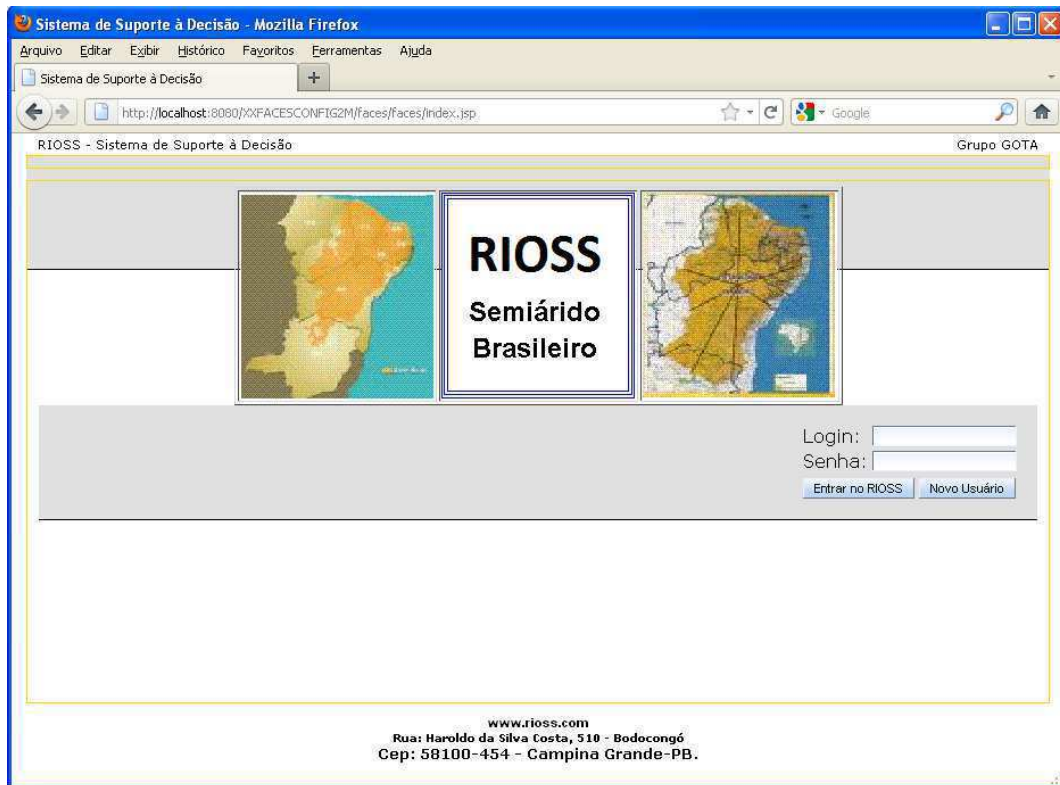


Figura 4.11 Tela inicial do SSD SI-RIOSS

A Figura 4.12 apresenta a tela em que o usuário deve confirmar se o usuário apresentado corresponde ao usuário que acabou de se logar:

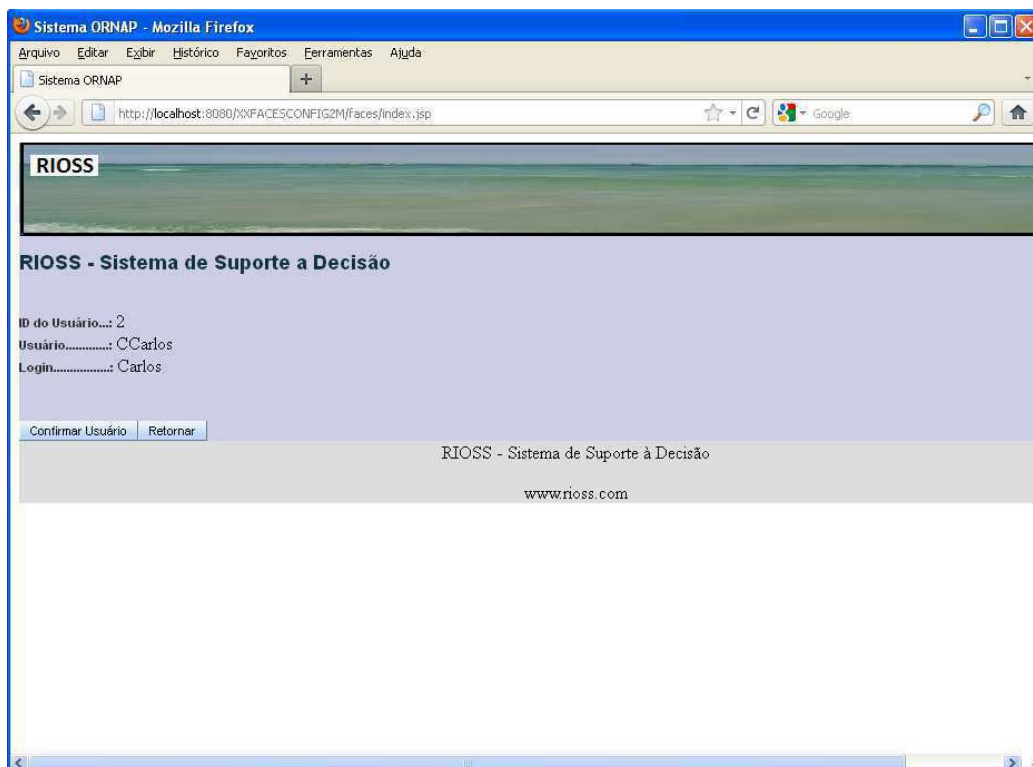


Figura 4.12 Tela de confirmação do usuário

A Figura 4.13 permite o usuário cadastrar um novo projeto ou selecionar um dos seus projetos que devem ter sido cadastrados anteriormente.

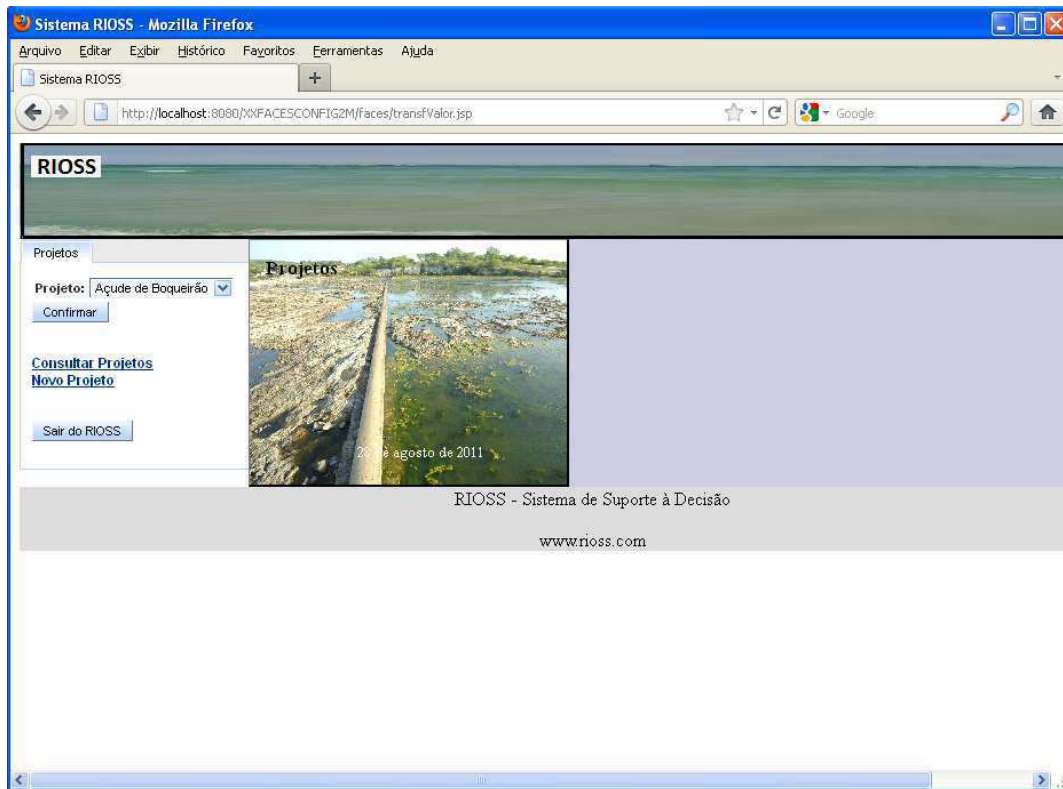


Figura 4.13 Seleção do projeto previamente criado pelo usuário

Enquanto que a Figura 4.14 apresenta o menu principal do sistema, onde o usuário deve selecionar um dos seguintes itens: Bacias/Poços/Rios – item usado para cadastrar e/ou alterar dados de bacias, subbacias, poços, rios, afluentes, entre outros; Unidades de Medidas – item que faz o cadastro e/ou alterações dos dados referentes aos tipos e unidades de medidas, grupos, tipos, classes e valores de variáveis e estações, variáveis e valores das variáveis das estações de medição; Precipitação/Evaporação – item usado para o cadastro e/ou alteração dos dados referentes a precipitação e evaporação; Usuários – item utilizado para cadastrar ou alterar dados de um determinado usuário; Municípios/Instituições/Estados – item utilizado para realizar o cadastramento ou alterações dos dados de municípios, instituições, estados, logradouros, entre outros; Solos – item usado para cadastrar e/ou alterar dados de solos; Irrigação/Culturas – item que faz o cadastramento e/ou alteração dos dados referentes a irrigação, culturas, entre outros; Perímetros – item utilizado para o cadastramento e/ou alteração dos dados dos perímetros; Canais/Reservatórios – item para cadastrar e/ou alterar dados dos canais e reservatórios alocados ao projeto.



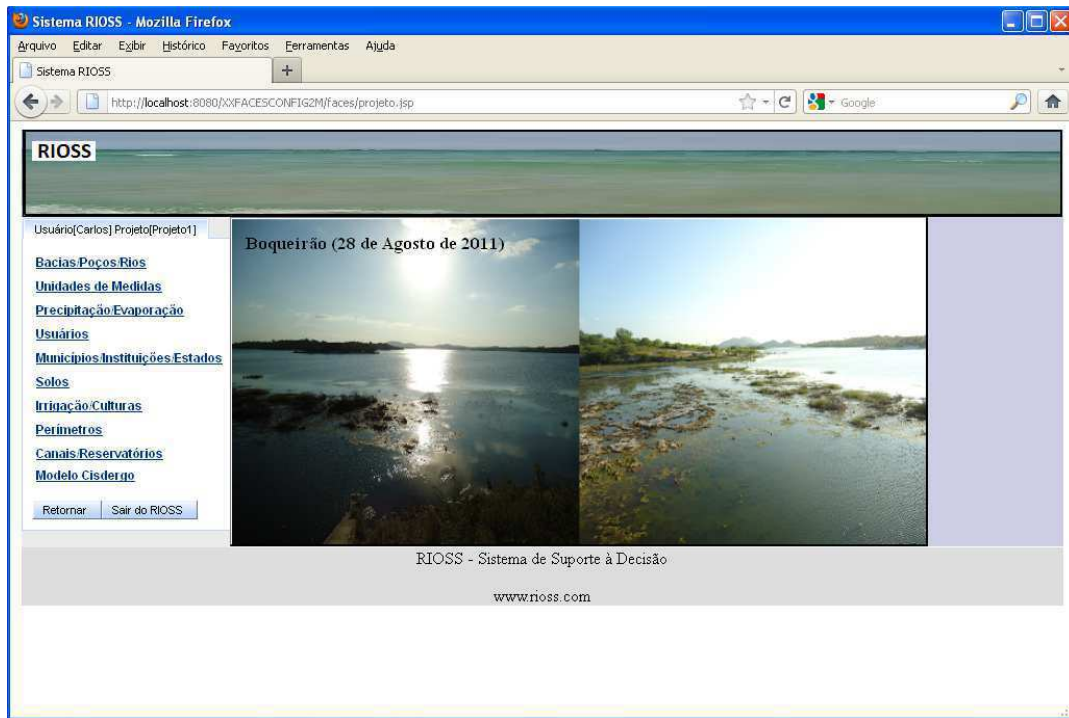


Figura 4.14 Menu geral do RIOSS

A Figura 4.15 apresenta as opções de cadastramento de “Logradouros”, “Municípios”, “Estados” e “Instituições”. Enquanto que a Figura 4.16 os Municípios, a Figura 4.17 as Instituições que estão cadastradas e que podem ser acessadas pelos usuários. Nestas figuras, existe a opção de edição dos dados cadastrados, simbolizado pela imagem de cor verde, bem como, apresenta a opção de exclusão de um item, simbolizado pela imagem de cor vermelha. Ou ainda, pode se inserir um novo Município, premendo o botão “novo”.

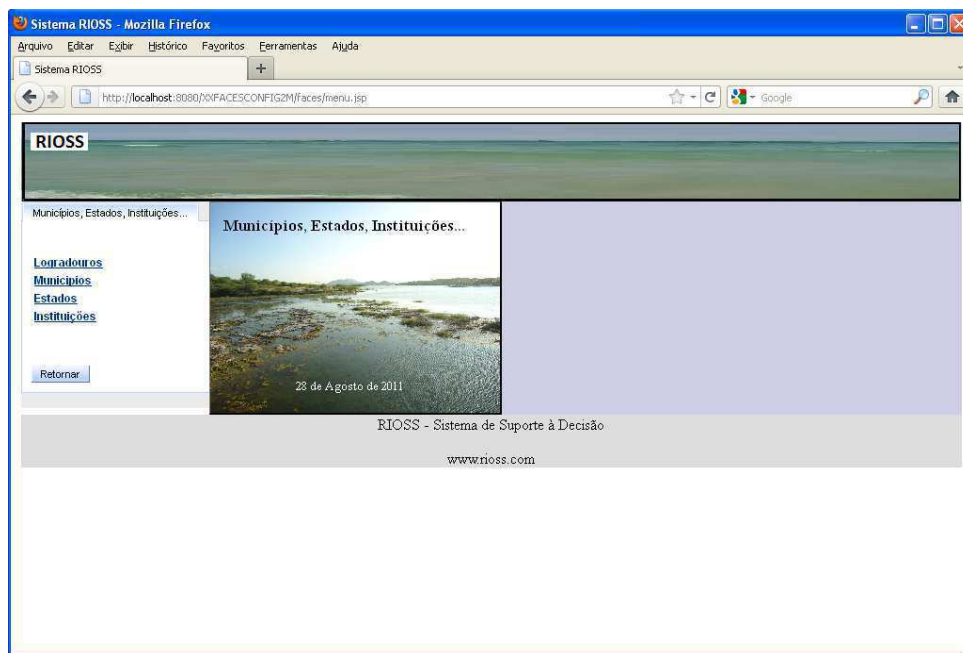


Figura 4.15 Cadastramento dos itens apresentados.

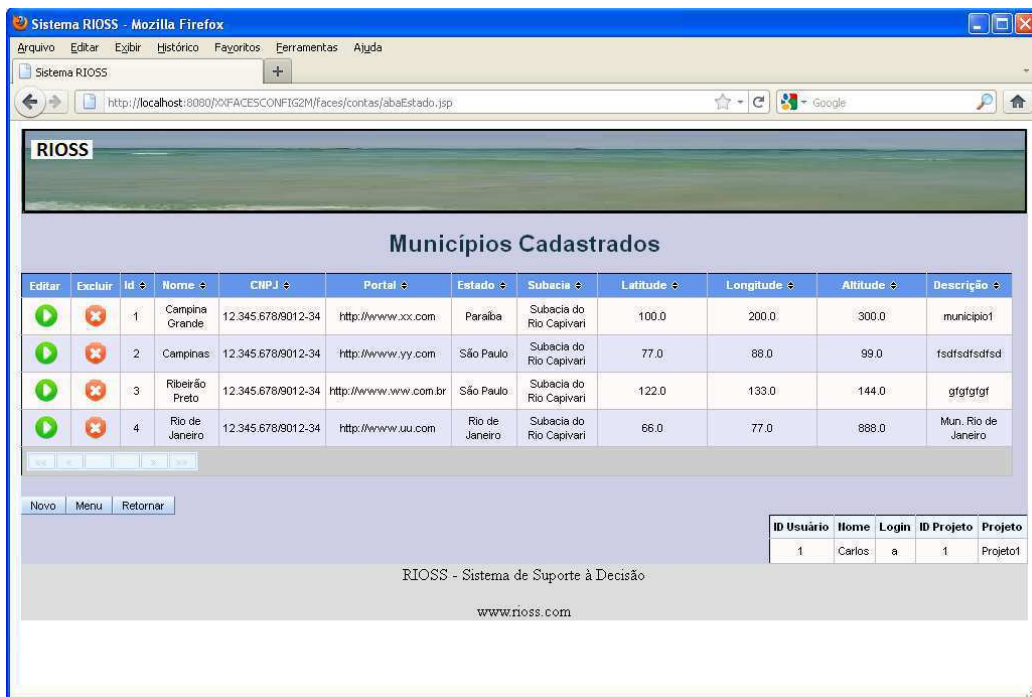


Figura 4.16 Consulta e alteração dos dados dos Municípios

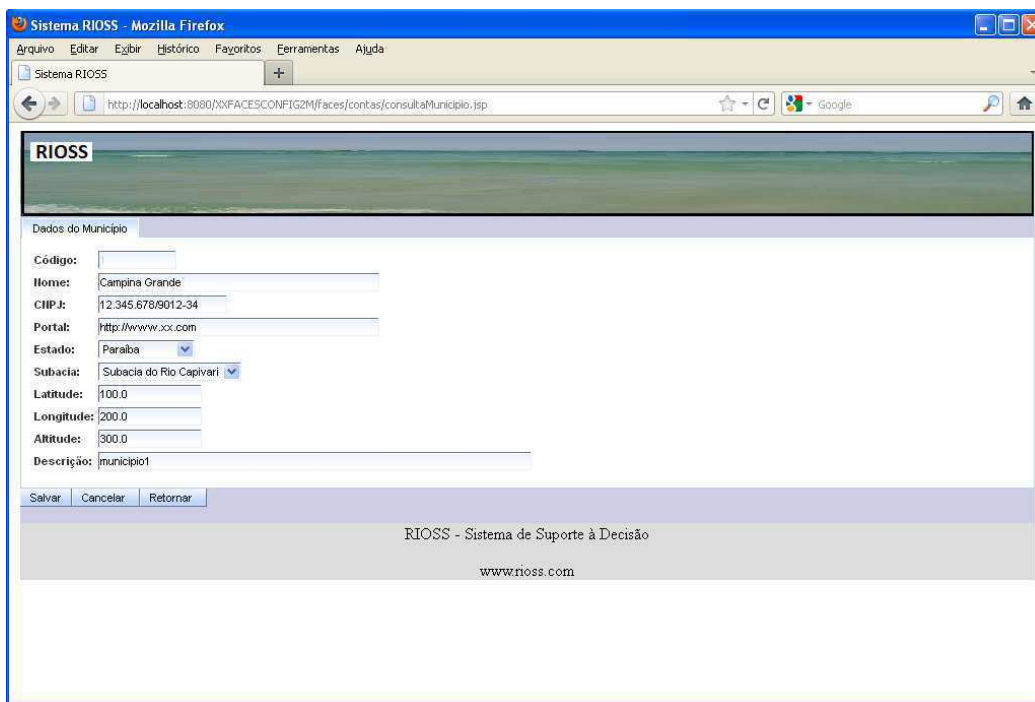


Figura 4.17 Edição dos dados cadastrais de um Município.

Na Figura 4.17, após as alterações dos dados, deve-se premer o botão “salvar” e se não ocorrer nenhum erro, surgirá na parte superior uma mensagem informando em cor azul que a gravação foi executada com sucesso, ou se ocorrer algum erro, surgirá uma mensagem em vermelho informando que ocorreu algum erro e os dados não foram alterados. Após o sucesso ou insucesso,

deve-se digitar “cancelar” ou “retornar” para surgir à tela de consulta anteriormente exibida. A Figura 4.18, apresenta os dados cadastrais de instituições gravadas anteriormente e os botões informados no parágrafo anterior também são válidos para qualquer tela equivalente de cadastro, ou seja, pode-se “Editar”, “Excluir”, “Novo”, para fazer alterações nos dados, excluir algum registro ou inserir um novo registro respectivamente. A explicação da Figura 4.19 é equivalente à explicação da Figura 4.17.

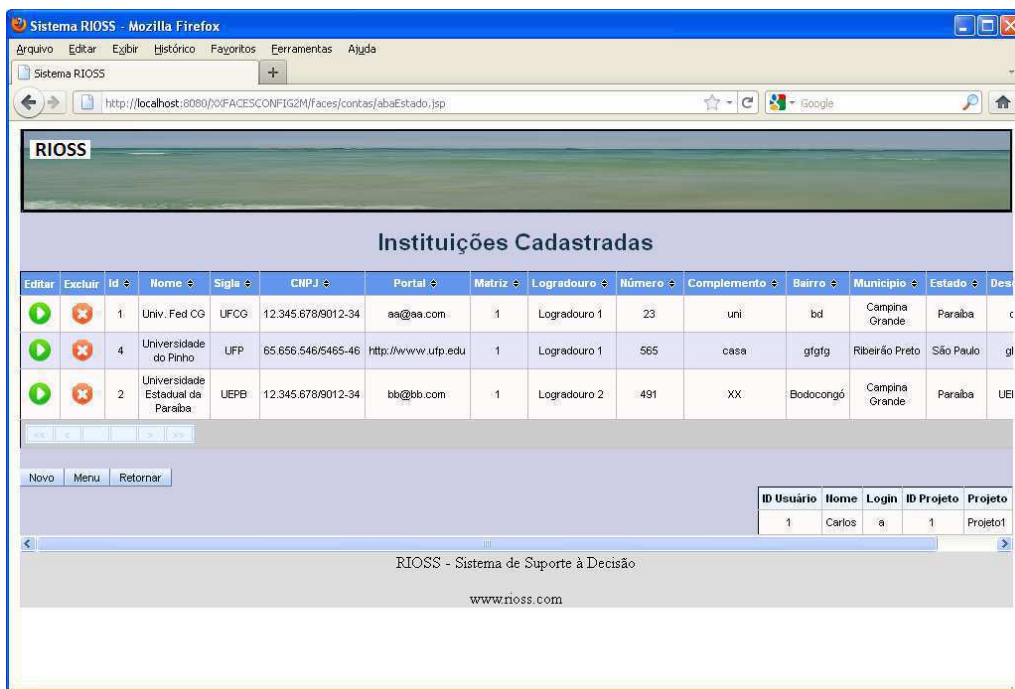


Figura 4.18 Dados cadastrais de Instituições.

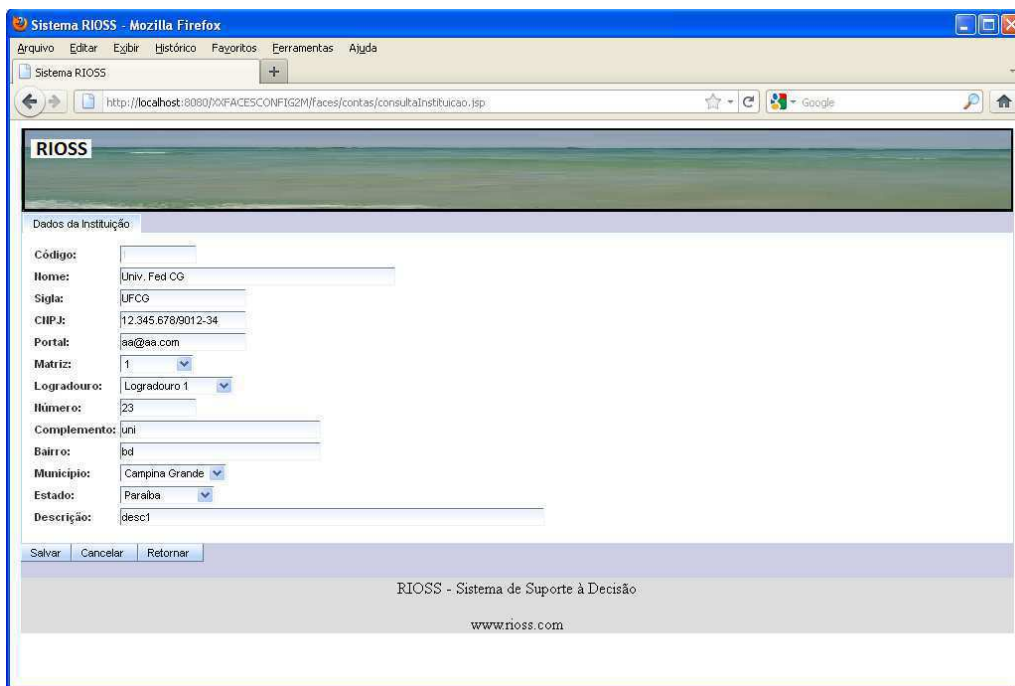


Figura 4.19 Edição dos dados cadastrais de uma Instituição.

Na Figura 4.19, contém os dados cadastrais dos usuários referentes ao Projeto1 previamente cadastrados e na Figura 4.20, contém as informações referentes ao usuário “Ana Luíza”, que podem ser alterados, bastando modificar os dados e pressionar o botão “Salvar”. O mesmo pode ser feito para os dados das Figuras 4.21 e Figura 4.22.

The screenshot shows a web browser window titled 'Sistema RIOSS - Mozilla Firefox'. The address bar shows 'http://localhost:8080/XXFACE5CONFIG2M/Faces/contas/consultaPessoa.jsp'. The main content area displays a table titled 'Usuários Cadastrados' with the following data:

Editar	Excluir	Id	Login	Senha	Nome	CPF	E-mail	Instituição	Logradouro	Número	Complemento	Bairro	Município	Estado
		3	Ana	*****	Ana Luíza	123.456.789-01	aneluiza@uol.com	Univ. Fed CG	Logradouro 1	500	casa	Leblom	Campina Grande	Rio de Janeiro
		1	a	*****	Carlos	123.456.789-01	aa@fff.com	Univ. Fed CG	Logradouro 1	555	casa	bairro	Campina Grande	Paraíba
		2	Carlos	*****	CCarlos	109.876.543-21	bb@aa.com	Univ. Fed CG	Logradouro 1	999	casa	JdMota	Campina Grande	Paraíba
		4	Mercia	*****	Mércia Melo	109.854.389-55	cc@cc.com.br	Univ. Fed CG	Logradouro 2	3449	casa	Caminhos	Ribeirão Preto	São Paulo

Below the table are buttons for 'Novo', 'Menu', and 'Retornar'. At the bottom right, there is a small summary table:

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
1	Carlos	a	1	Projeto1

The footer of the page reads 'RIOSS - Sistema de Suporte à Decisão' and 'www.rioss.com'.

Figura 4.20 Dados cadastrais de alguns usuários

The screenshot shows the 'Dados do Usuário' form in the RIOSS system. The form fields are filled with the following information:

- Código: [empty]
- Login: Ana
- Senha: [masked]
- Nome: Ana Luíza
- CPF: 123.456.789-01
- E-mail: aneluiza@uol.com
- Instituição: Univ. Fed CG
- Logradouro: Logradouro 1
- Número: 500
- Complemento: casa
- Bairro: Leblom
- Município: Campina Grande
- Estado: Rio de Janeiro
- Descrição: Funcionária Pública

At the bottom of the form are buttons for 'Salvar', 'Cancelar', and 'Retornar'. The footer of the page reads 'RIOSS - Sistema de Suporte à Decisão' and 'www.rioss.com'.

Figura 4.21 Dados cadastrais da usuária “Ana Luíza”

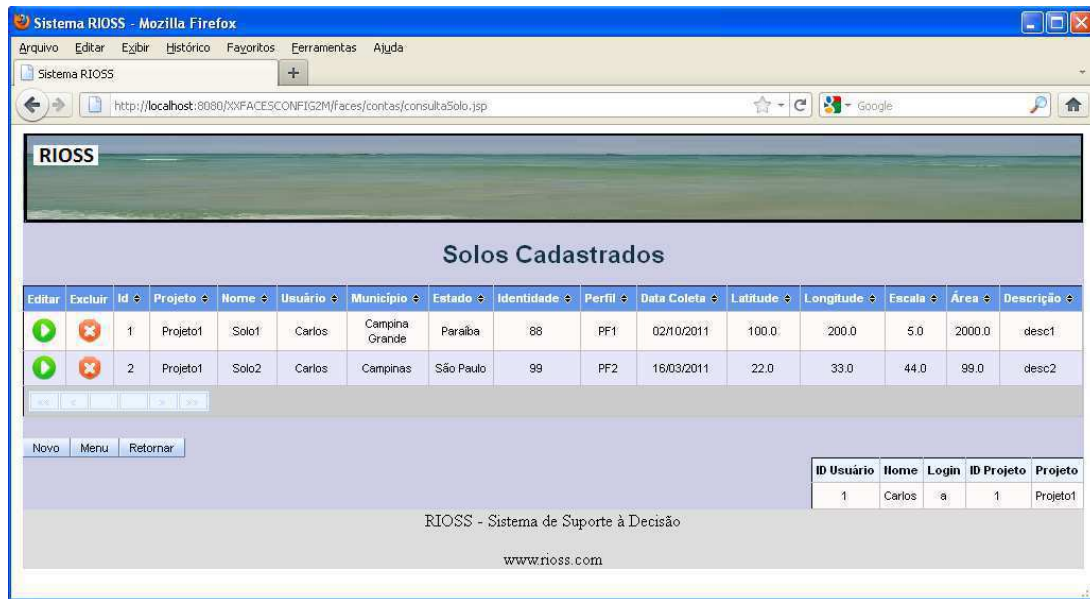


Figura 4.22 Dados cadastrais de solos

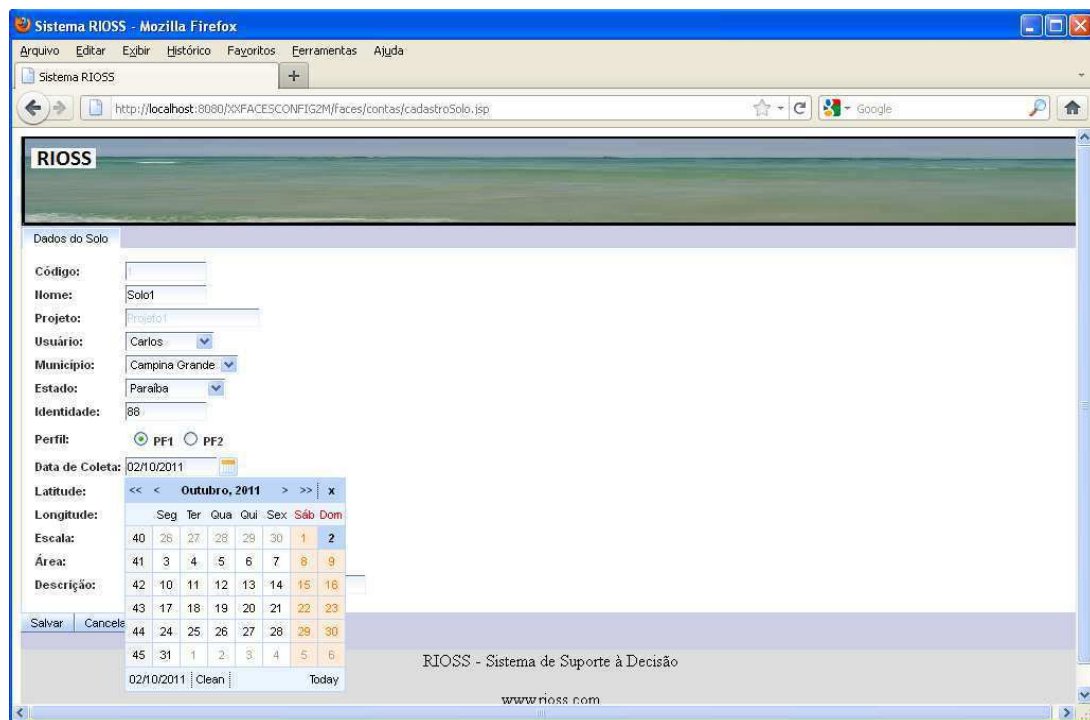


Figura 4.23 Dados cadastrais do solo denominado "Solo1"

A Figura 4.23, apresenta informações sobre a Precipitação ocorrida, em que se deve escolher o tipo de solo, o meio se Rural ou Urbano e o tipo de cobertura do solo. Na seqüência, deve-se pressionar o botão "Processar Dados" para o sistema apresentar a tela exibida na Figura 4.24, onde o usuário deverá selecionar o tipo do gráfico, o mês, o ano e o tipo do gráfico se "anual" ou "mensal".

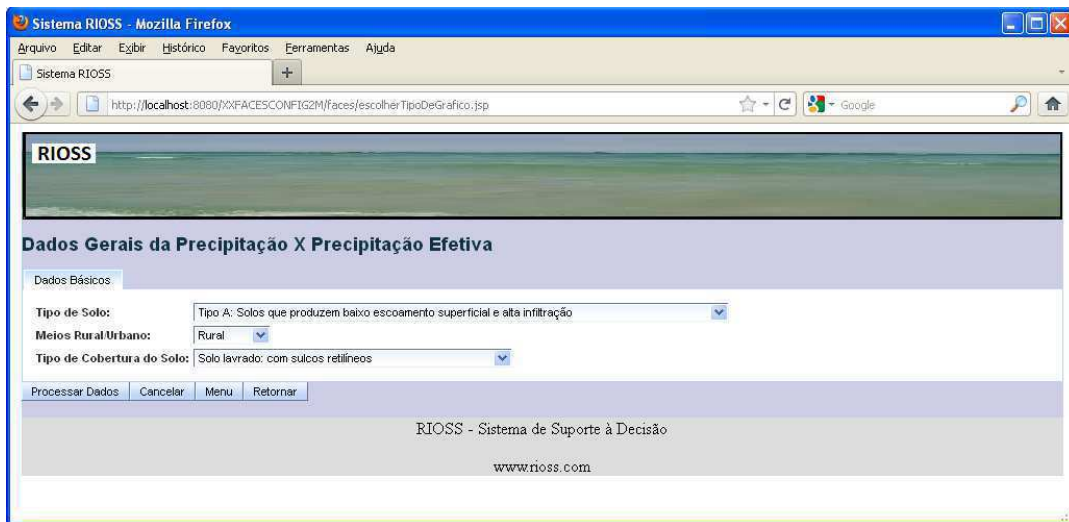


Figura 4.24 Processamento para cálculo Precipitação



Figura 4.25 Seleção do tipo de gráfico, mês, ano e tipo do gráfico se mensal ou anual

Após a seleção das características do gráfico, o sistema apresenta o gráfico, conforme selecionado pelo usuário. Como exemplo, a Figura 4.26 apresenta o gráfico em Linha3D.

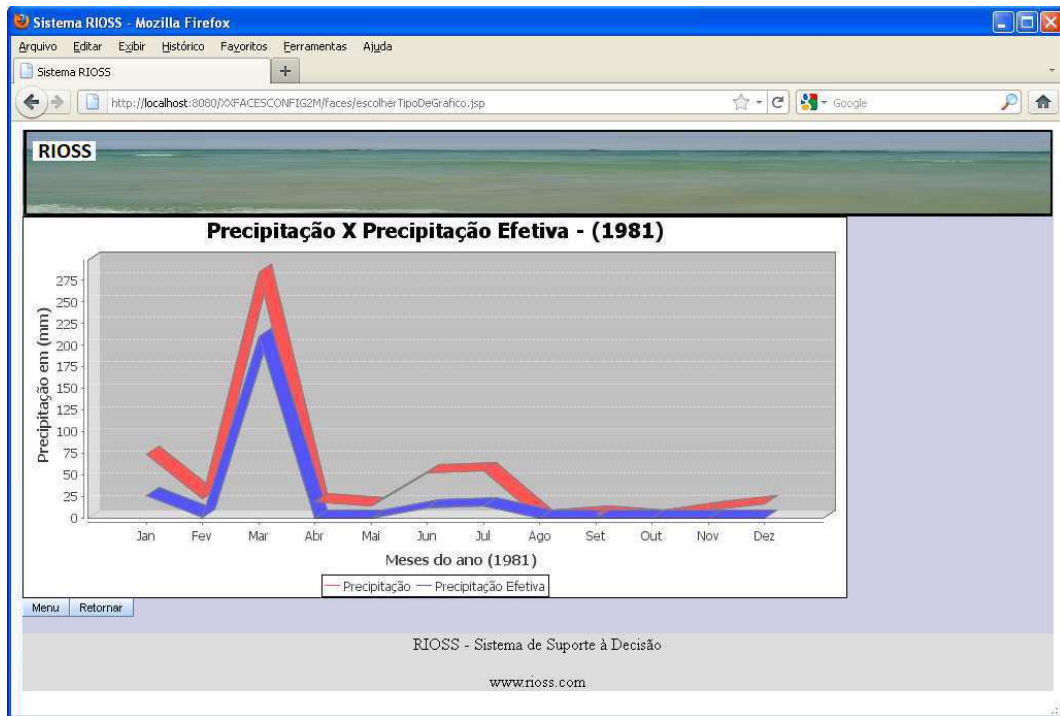


Figura 4.26 Gráfico gerado da Precipitação e Precipitação Efetiva em Linha3D

#### 4.2.6. Internacionalização do sistema SI-RIOSS

O sistema SI-RIOSS foi desenvolvido utilizando o mecanismo do sistema que possa funcionar em várias línguas, tais como: Português (linguagem padrão), Inglês, Espanhol, ou no futuro quaisquer idioma, sendo, portanto, necessário à criação de um arquivo com as tags do novo idioma e informar para o sistema a existência da nova linguagem. O sistema trabalha com o mecanismo do JSF em que o idioma é definido no navegador e a partir daí se o sistema passa a suportar tal idioma.

O mecanismo do JSF para realizar tal tarefa é relativamente simples, de acordo com o exemplo informado abaixo:

No arquivo que trabalha com a interface da página deve-se informa o seguinte trecho de código:

```
<f:loadBundle basename="com.rioss.recursos.messages"
    var="msgs" />
```

Deve-se criar o arquivo denominado “messages\_en.properties” caso a língua seja a inglesa (o sufixo *en* indica que é um pacote de mensagens na língua inglesa (*english*)). Neste arquivo deve conter todas as tags do sistema para que seja feita a tradução para o novo idioma, conforme exemplo em seguida:

codigo=Code  
 nome=Name  
 valor=Value  
 cidade=City  
 descricao=Description  
 cadastrocliente=Customer Registration  
 pesquisar=Search

Na página deve-se usar a seguinte expressão quando é necessário ativar o mecanismo do JSF para a internacionalização do sistema no caso de “codigo”, “nome” e assim para as demais palavras:

```
<h:outputText value="#{msgs.codigo}"/>
<h:outputText value="#{msgs.nome}"/>
```

É necessário também a inclusão do seguinte trecho de código no arquivo denominado “faces-config.xml” que serve para dizer ao sistema do procedimento que deve ser tomado com os idiomas que estão disponíveis no sistema.

```
<application>
  <locale-config>
    <default-locale>pt_BR</default-locale>
    <supported-locale>pt_BR</supported-locale>
    <supported-locale>en</supported-locale>
    <supported-locale>es</supported-locale>
    <supported-locale>fr</supported-locale>
  </locale-config>
</application>
```

Neste exemplo é dito que o idioma padrão é a língua portuguesa (pt\_BR) e que o sistema suporta os seguintes idiomas: Português (pt\_BR), Inglês (en), Espanhol (es) e Francês (fr).

### 4.3. Especificação e Implementação da Base de Dados

Os dados de um sistema precisam ser persistidos para evitar que se tenha de digitar-los novamente todas as vezes que for utilizar o sistema. Logo, a persistência dos dados consiste em armazenar os dados de alguma maneira, como: arquivos XML, arquivos de textos, ou da melhor forma armazenar em um banco de dados. Um banco de dados é um sistema que é utilizado para armazenar e manipular dados, o banco de dados utilizado para o SI-RIOSS é o PostgreSQL e este é um banco de dados do tipo relacional, ou seja, é composto de tabelas que tem linhas e colunas.

A especificação da base de dados é de suma importância para o sistema SI-RIOSS, esta pode ser considerada o elo entre a interface do usuário e a base de modelos. Na base de dados, constam todas as tabelas que são utilizadas para o cadastramento da maioria dos dados do sistema, que



seguem um modelo baseado em projetos dos usuários. Cada usuário pode ter um ou mais projetos e para cada projeto devem ser cadastrados uma série de dados, tais como: dados pessoais dos usuários, informações sobre bacias e subbacias, rios e seus afluentes, solos, precipitações, evaporações, entre outras. Na interface do usuário, existem botões de comandos que são utilizados para realizar o cadastramento, alteração e eliminação dos dados, bem como, o processamento de determinadas funções que podem gerar tabelas e gráficos para melhor visualizar determinadas informações.

A visão geral da base de dados pode ser observada na Figura 4.27, que contém a maioria das tabelas da base de dados e suas respectivas ligações, através de chaves primárias e chaves estrangeiras.

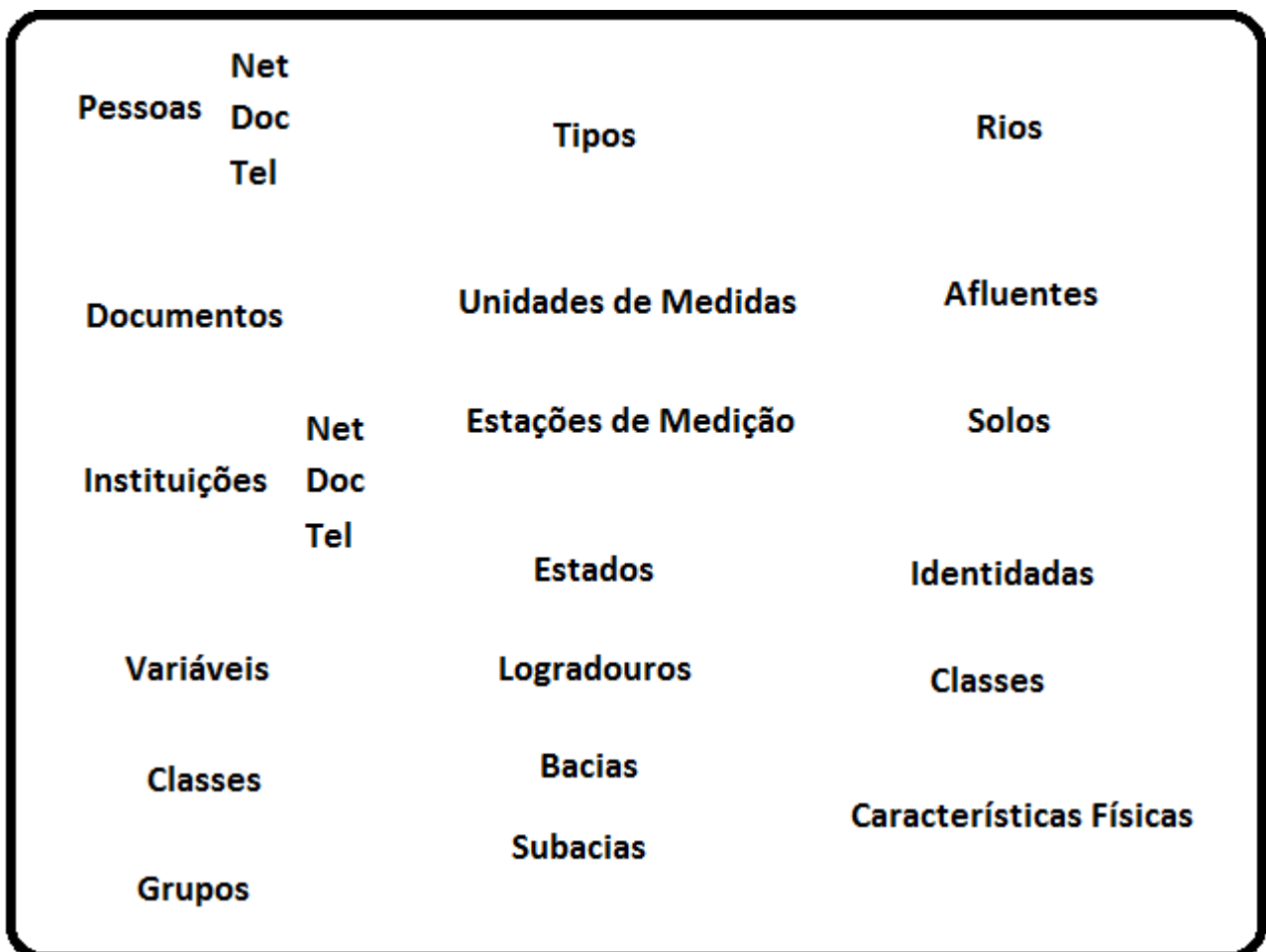


Figura 4.27 Diagrama de algumas (tabelas) classes da base de dados do SI-RIOSS

De acordo com a Figura 4.28, podem ser observadas as tabelas com suas respectivas ligações e respectivos campos. Nesta figura, existem cinco (5) tabelas, quatro das quais contém dados referentes aos usuários como: nome, CEP, logradouro, entre outros, e uma tabela denominada documentos que contém os campos: código do documento, nome, tipo da pessoa, descrição, entre outros. Estas tabelas são utilizadas para identificar e registrar os dados dos usuários com o objetivo de permitir o acesso a determinadas funções dependendo do tipo de usuário.

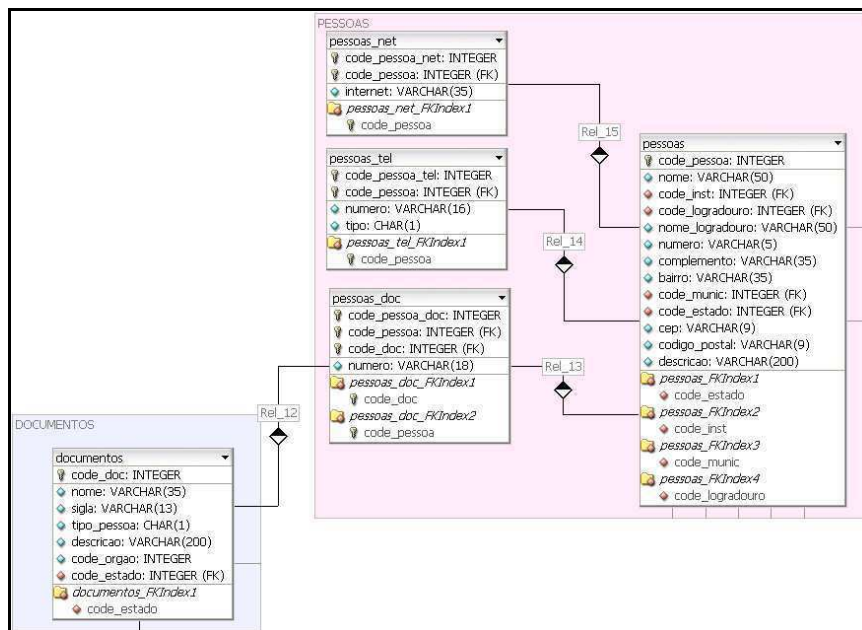


Figura 4.28 Diagrama das classes Pessoas e Documentos

Na Figura 4.29, são apresentadas as principais tabelas que contém dados institucionais que tem a finalidade de cadastrar as instituições as quais os usuários estão ligados. Existem quatro tabelas denominadas: instituições (dados gerais da instituição como: nome, endereço, descrição, etc.), inst\_doc (informações referentes ao número do documento), inst\_tel (dados telefônicos da instituição, nome de contato, etc.) e inst\_net (endereço do site da instituição).

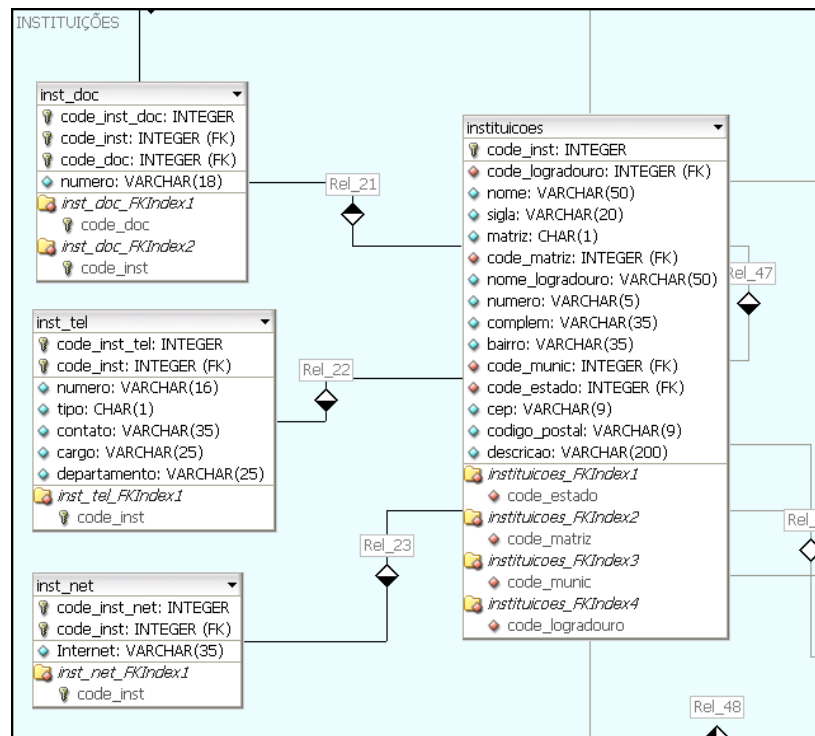


Figura 4.29 Diagrama das Classes de Instituições

Na Figura 4.30, são exibidas as tabelas que se referem aos dados cadastrais ligados ao município que estiver sendo selecionado. Conforme pode ser visto, existem sete tabelas que contêm dados sobre a população, dados sobre as atividades, dados dos contatos, entre outros.

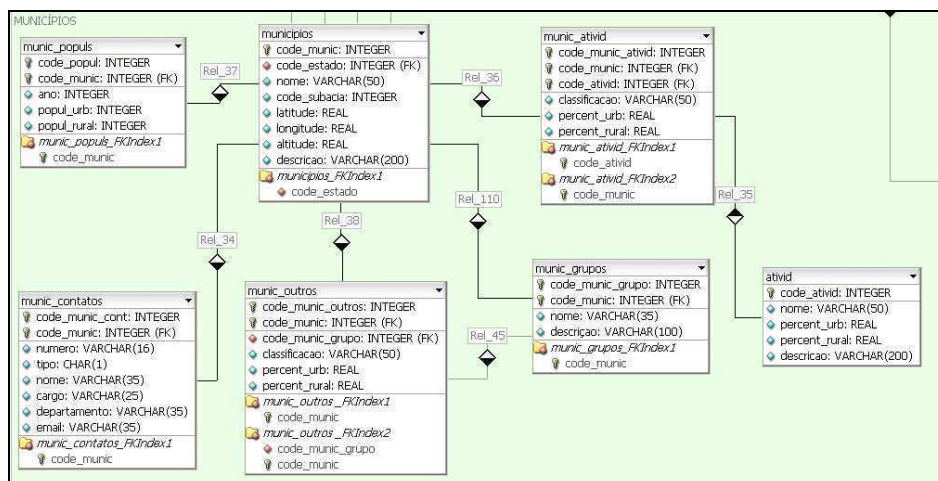


Figura 4.30 Diagrama das classes dos Municípios

Na Figura 4.31, pode ser observado algumas tabelas que dizem respeito a dados de metrologia, onde podem ser cadastradas: variáveis, classes de variáveis, tipos de variáveis e grupos de variáveis.

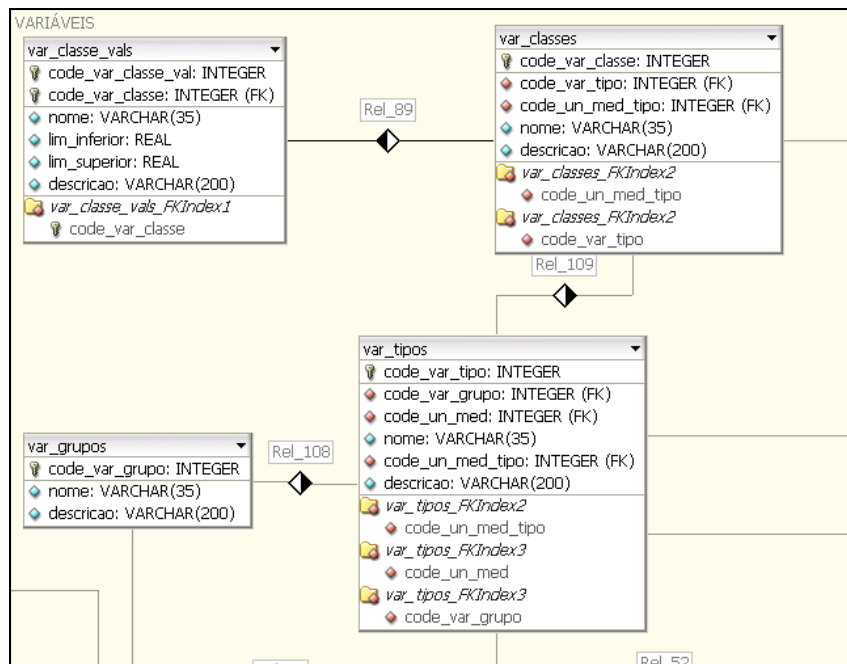


Figura 4.31 Diagrama das classes das Variáveis

Na Figura 4.32, pode ser observado duas tabelas que se referem aos dados dos estados da federação e dados dos logradouros dos respectivos estados.

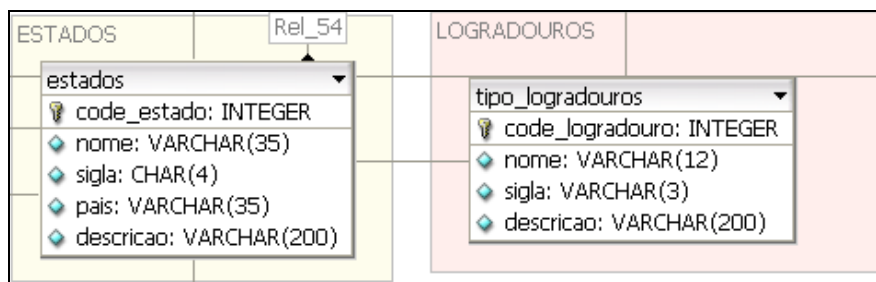


Figura 4.32 Diagrama das classes dos Estados e Logradouros

Na Figura 4.33, são apresentadas as tabelas que se referem às bacias e subacias hidrográficas, esses dados são utilizados para a efetivação de cálculos de áreas, perímetros, entre outras.

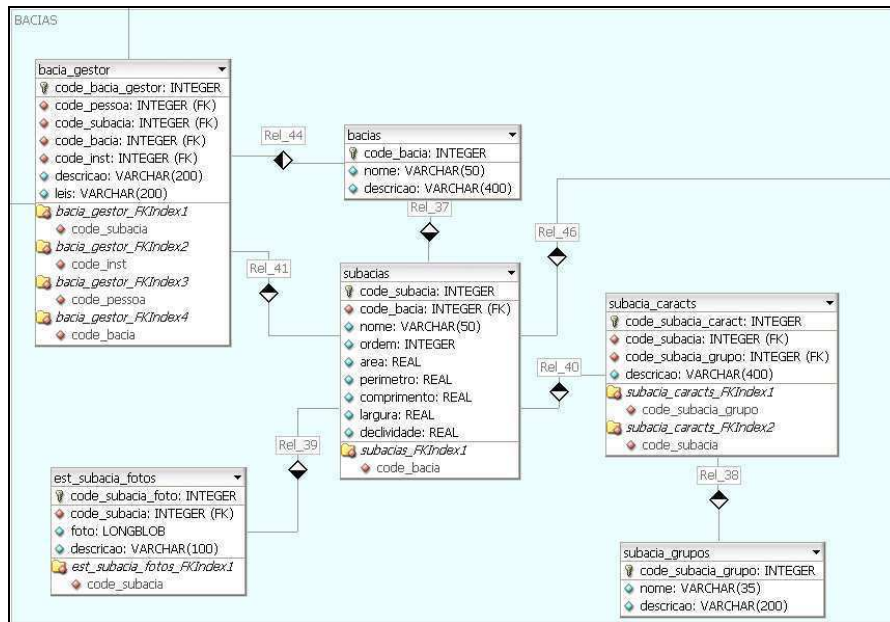


Figura 4.33 Diagrama das classes de Bacias e Subacias

A Figura 4.34 apresenta as tabelas que contém dados de rios e seus afluentes, os principais dados são: latitude, longitude, altitude, foz, entre outros.

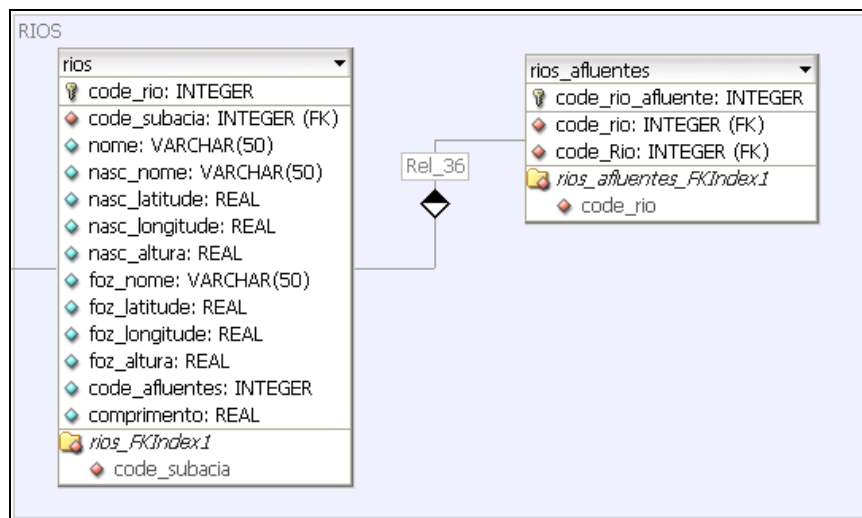


Figura 4.34 Diagrama das classes dos Rios e seus Afluentes

A Figura 4.35 contém as tabelas que utilizam dados de metrologia, tais como: estações de medição, variáveis das estações de medição, entre outras.

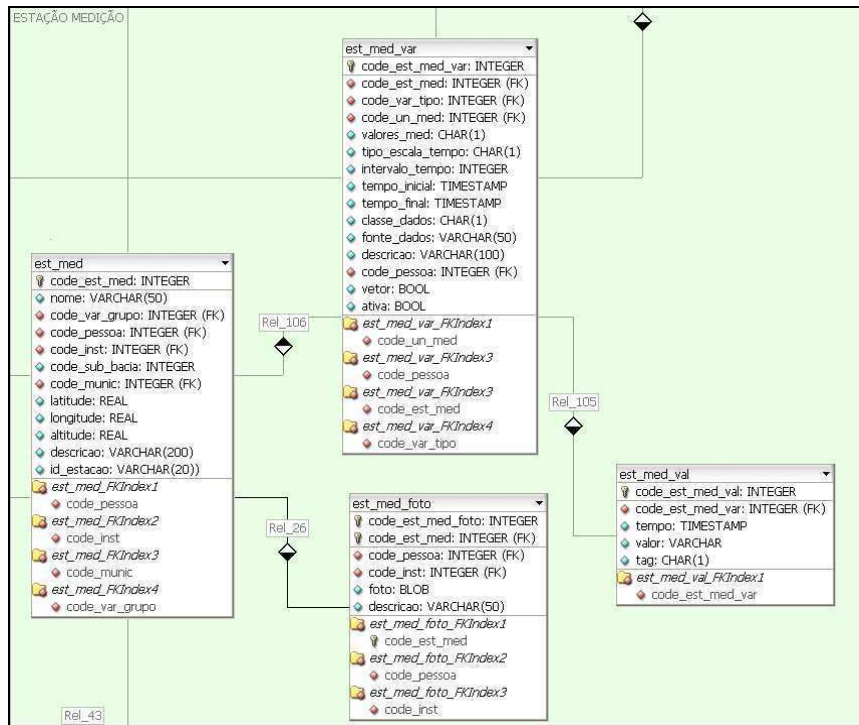


Figura 4.35 Diagrama das classes das estações de medição

A Figura 4.36 apresenta as tabelas que contém dados relativos aos solos.

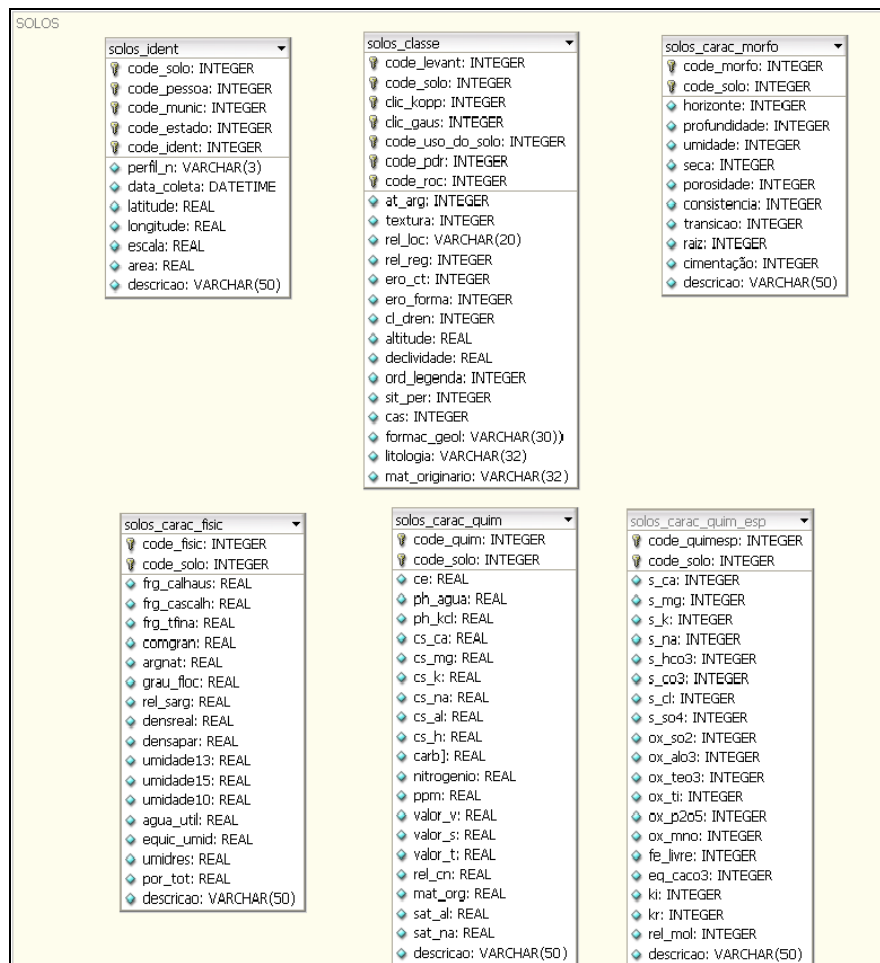


Figura 4.36 Diagrama das classes referentes aos dados do solo

#### 4.3.1. Persistência dos dados e Hibernate

Como dito anteriormente os dados do SI-RIOSS precisam ser armazenados em seus servidores, uma vez que este sistema é usado pela Internet. Os dados armazenados devem ser mantidos pelos discos rígidos dos servidores e para que isso aconteça precisa haver o gerenciamento desses dados. Como o SI-RIOSS foi implementado em Java e esta linguagem é totalmente orientada a objetos, naturalmente precisa haver um software que realize a conversão dos dados do Java para o banco de dados, evitando, portanto desenvolver a parte do programa via JDBC, que é um processo manual para acessar o BD.

De acordo com ANDRADE (2010), o mapeamento objeto relacional deve ser usado em sistemas desenvolvidos em linguagens orientadas a objetos como é o caso de Java (utilizada no SI-RIOSS) com a finalidade de converter dados entre bancos de dados relacionais e linguagens de programação orientada a objetos. O fato de usar o mapeamento pode causar alguma perda na velocidade de acesso ao banco de dados, porém deixa o sistema com um design melhor que o torna

mais fácil de mantê-lo. Para o SI-RIOSS, usa-se o sistema denominado Hibernate que é responsável por fazer esta ligação e conversão entre o banco de dados e o Java.

A principal característica do framework denominado Hibernate (GOMES, 2008) é a transformação das classes em Java para tabelas de dados (tipos de dados Java para SQL). O Hibernate gera as chamadas SQL e evita que o desenvolvedor faça o trabalho manual da conversão dos dados resultante, mantendo o programa portátil para quaisquer bancos de dados SQL.

Este framework pode ser utilizado em aplicações Java standalone ou em aplicações Java EE, utilizando servlet ou sessões EJB beans, como é o caso do sistema SI-RIOSS. Apesar de existirem API no Hibernate para possuir operações de controle transacional, este simplesmente delega estas funções para a infraestrutura na qual foi instalada. No caso de aplicações construídas para serem executadas em servidores de aplicação, o gerenciamento das transações é realizado segundo o padrão JTA. A Figura 4.37, mostra a imagem de uma possível arquitetura do Hibernate (KING et al. 2011).

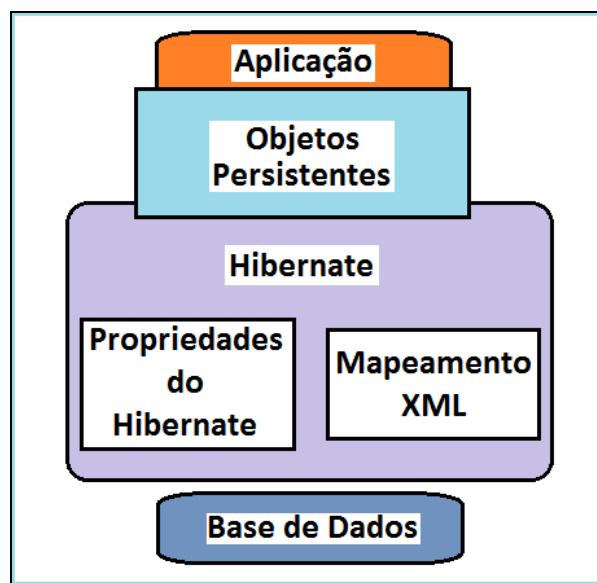


Figura 4.37 Arquitetura do Hibernate. Adaptado de KING et al. (2011)

O framework Hibernate tem uma linguagem própria que é denominada de HQL (*Hibernate Query Language*) que é um dialeto do SQL. O HQL é uma poderosa linguagem de consulta que tem semelhança com a linguagem SQL, porém a HQL é totalmente orientada a objeto, incluindo os paradigmas de encapsulamento, herança e polimorfismo. No framework Hibernate, é possível usar tanto a SQL quanto a HQL.



### 4.3.2 DAO (Data Access Object)

DAO é um padrão para persistência de dados que permite separar regras de negócio das regras de acesso a banco de dados. De acordo com GONÇALVES (2008), tipicamente um DAO inclui métodos para inserir, selecionar, atualizar e excluir objetos de uma base de dados. No caso do SI-RIOSS, o DAO está sendo usado em conjunto com o framework Hibernate para ajudar a concentrar o acesso aos dados na base de dados.

O padrão DAO oferece uma interface independente em que cada classe da aplicação tenha uma classe de DAO correspondente para facilitar principalmente a manutenção de uma aplicação que acessa um banco de dados. De acordo com ANDRADE (2010), com o advento do Java versão 5, vários desenvolvedores escreveram versões e as publicaram sobre o chamado “DAO genérico” que vem do “generics” incorporado a esta versão do Java, tornando mais fácil o desenvolvimento desse padrão. O DAO genérico torna o código mais limpo e permite sua economia, evitando o trabalho repetitivo, o que foi conseguido na implementação do SI-RIOSS. A Figura 4.38 exibe o diagrama de uso do DAO.

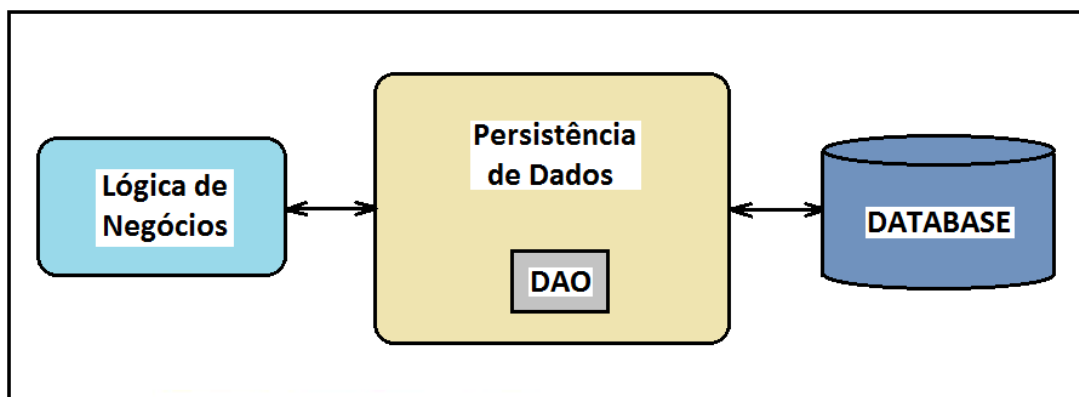


Figura 4.38 Exemplo de uso do DAO

No SI-RIOSS, cada DAO possui uma interface, que contém métodos utilizados para a manipulação de dados, além de uma classe concreta que efetivamente realiza a operação de obtenção/gravação dos dados na fonte de dados.

## 4.4. Especificação dos Modelos

Neste tópico são comentados sobre a base de modelos que está em processo de desenvolvimento pelo grupo GOTA (Grupo de Otimização Total da Água), que é baseada nos sistemas CISDERGO e ORNAP, ambos desenvolvidos no ambiente Matlab.

O SI-RIOSS contará com modelos de otimização e simulação que têm sido aplicados a estudos de planejamento de recursos hídricos desde a década de 60. Portanto, o Grupo de Pesquisa GOTA vem desenvolvendo metodologias para modelos de simulação e otimização com vistas à análise integrada quali-quantitativa de sistemas de recursos hídricos (FIRMINO, 2007; SANTOS, 2007; VIEIRA, 2007 e RODRIGUES, 2007, o foco de tais modelos está na linearização das não-linearidades inerentes aos sistemas de recursos hídricos e na identificação de indicadores sócio-econômico e ambiental, com vistas a aplicar métodos de programação linear, que não tenham as limitações dos algoritmos baseados em redes de fluxo (MODSIM, ACQUANET, MIKE BASIN, IRIS, etc.), a um problema de natureza multi-objetivo.

Enquanto que o CISDERGO (CURI & CURI, 2001a), *Cropping and Irrigation System DEsign with Reservoir and Groundwater (Optimal) Operation*, é um programa de otimização baseado em PL recursiva, ou seja, considera-se a natureza não linear do problema de forma recursiva, desenvolvido no ambiente MATLAB. Este programa é destinado a maximizar múltiplos benefícios ou objetivos relativos à implantação ou melhoramento da operação de um ou mais perímetros irrigados dentro do contexto das disponibilidades de dados físicos, sócio-econômicos e ambientais que, normalmente, o projetista dispõe para analisar e projetar o sistema. Para isso, pode-se, de forma integrada, otimizar o uso e operação da água captada de um reservatório, poços ou rios. Também, podem-se otimizar os usos de vários sistemas de motobombas levando-se em consideração suas capacidades de elevação: sucção e recalque. A integração deste programa (Cisdergo) ao SI-RIOSS depende principalmente da codificação deste sistema em uma linguagem de programação compatível com Java, C++, ou C# (linguagem da plataforma Windows) para que o sistema passe a contar com esta funcionalidade.

Bem como o ORNAP (CURI & CURI, 2001b; BARBOSA, 2001), *Optimal Reservoir Network Analysis Program*, é um programa de otimização baseado em técnicas de programação linear ou não linear destinado a maximizar múltiplos benefícios ou objetivos relativos aos múltiplos usos da água resultante da operação de um sistema de reservatórios. Estes múltiplos usos podem incluir benefícios específicos associados com o abastecimento humano, geração de energia, agricultura irrigada, piscicultura, regularização de vazões, sustentabilidade hídrica, etc. A integração deste sistema ao SI-RIOSS também requer a codificação deste modelo em uma das linguagens de programação citadas para que o SI-RIOSS também passe a contar com estes recursos.

# Capítulo 5

## 5. FERRAMENTA DE SUPORTE A BANCO DE DADOS

A aplicação desenvolvida tem como principal fundamento efetuar a manutenção de todas as tabelas de um determinado banco de dados. As tarefas realizadas podem ser a alteração ou renomeação do nome de uma tabela, a renomeação de um determinado campo da tabela, alteração do tipo de dados de um campo da tabela (desde que sejam compatíveis), inclusão de uma tabela, inclusão de um campo, ou mesmo eliminação de uma tabela e eliminação de um ou mais campos da tabela selecionada. De acordo com a Figura 5.1, é apresentada a tela inicial da aplicação que tem como fundamento checar os dados do usuário que pode acessar e alterar dados e estrutura de tabelas de um determinado banco de dados.



Figura 5.1 – Tela inicial da aplicação.

A partir da checagem dos dados do usuário, a aplicação apresenta uma tela que executa a manipulação das tabelas e dados de um determinado banco de dados, conforme a Figura 5.2, em que é apresentada a opção “Seleciona Tabela” da primeira aba desta aplicação, que permite a inclusão, alteração e eliminação de dados de qualquer tabela selecionada do banco de dados, bem como, pode ser pesquisado os dados de uma tabela previamente selecionada, através dos botões: “Primeiro”, “Próximo”, “Anterior” e “Último”. Os botões ficam disponíveis de forma intuitiva à

medida que são pressionados para facilitar a seqüência de operações que podem ser realizadas. Observar que os campos estão indisponíveis para digitação, uma vez que se aguarda o pressionamento de um dos botões disponíveis com a finalidade da execução lógica das operações.

Notar também que após a checagem dos dados do usuário, o sistema de banco de dados é aberto via o “*driver JDBC*” da arquitetura Java e torna todas as informações do banco de dados previamente criado disponíveis de forma amigável ao usuário para que o mesmo possa efetuar as alterações necessárias a manutenção da base de dados. Deste modo, não há a necessidade de se decorar os nomes das tabelas, nem os nomes dos campos e muito menos os tipos de dados dos campos que são todos apresentados.

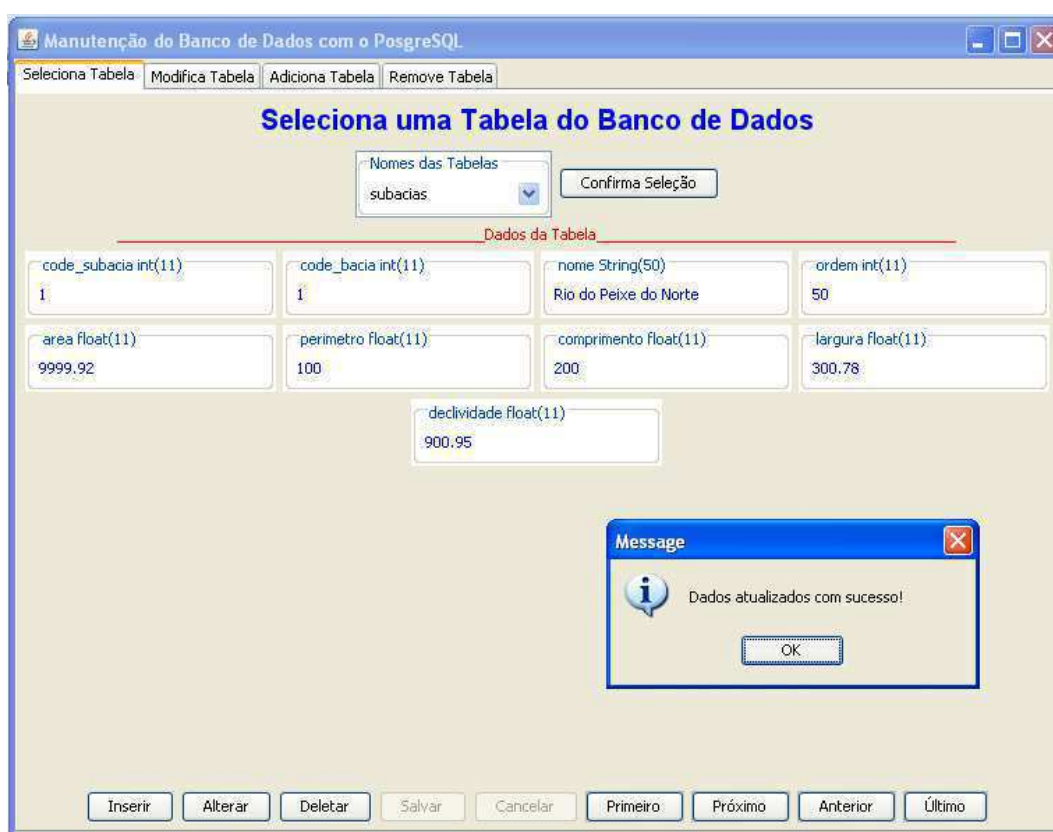


Figura 5.2 – Tela que permite a alteração dos dados de uma tabela selecionada.

Por outro lado, a Figura 5.3, exibe a opção “Modifica Tabela” da segunda aba da aplicação, que permite à mudança do nome de uma tabela, a adição de um ou mais campos a tabela, a mudança do tipo de um determinado campo (por exemplo, a quantidade de caracteres do campo), a mudança do nome do campo, bem como, a eliminação de um ou mais campos da tabela selecionada. Observar que as operações têm uma seqüência lógica e que ao ser pressionado o botão “Salvar”, será requerido à confirmação da operação, com o intuito de permitir ao usuário checar o

comando a ser executado, bem como, a qualquer momento o botão “Cancelar” poderá ser pressionado, permitindo o retorno de qualquer operação indesejada.

A Figura 5.4, exibe a seleção da aba denominada: “Adiciona Tabela”, que permite a adição de uma determinada tabela a base de dados. Nessa tabela, pode existir uma série de campos que devem ser incluídos à medida que se cria a tabela. Após a adição dos campos, deve-se pressionar o botão “Adiciona Tabela” para concluir a inclusão da nova tabela a base de dados.



Figura 5.3 – Permite a modificação estrutural de uma tabela selecionada.

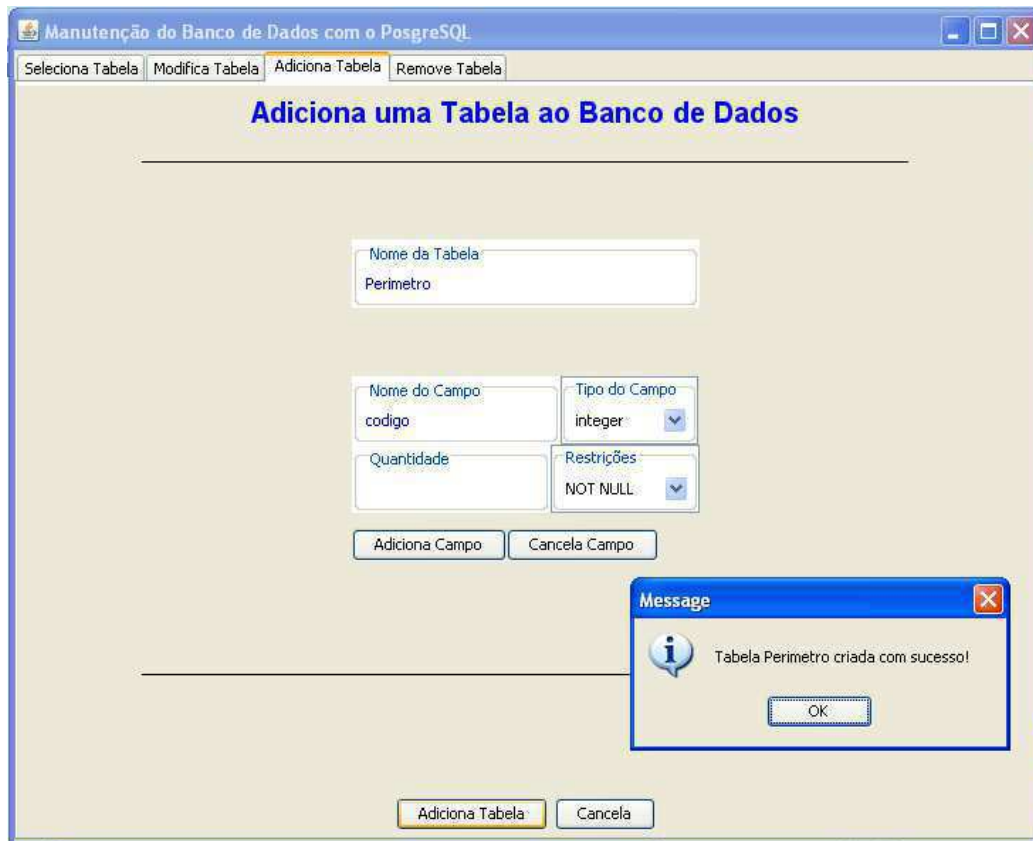


Figura 5.4 – Permite à adição de uma tabela a base de dados.

Enquanto que a Figura 5.5, exibe a aba denominada: “Remove Tabela” que permite a eliminação de uma determinada tabela selecionada da base de dados. Esta tabela será eliminada juntamente com todos os dados nela existentes evidentemente.



Figura 5.5 – Permite a eliminação de uma tabela seleccionada.

# Capítulo 6

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico são discutidos os estudos de casos realizados para corroborar com os resultados fornecidos pelo sistema desenvolvido neste trabalho, denominado Sistema de Informações do RIOSS. Primeiramente são discutidos os conceitos de metrologia (ciência das medições, abrangendo todos os aspectos teóricos e práticos que asseguram a precisão exigida no processo produtivo) e algumas das aplicações exemplificadas, tendo-se por base o reservatório Presidente Epitácio Pessoa (Boqueirão), o reservatório de Acauã e o Rio Paraíba no Estado da Paraíba, armazenando os seus dados e gerando informações para prover análises que incluem a qualidade de água desses três corpos d'água. Em seguida é discutida a geração de informação e análise da caracterização de uma bacia hidrográfica. Neste caso, foram selecionadas as bacias do Rio do Carmo - MG, a bacia do Rio Capivari - MG e a bacia do Ribeirão Lobo - SP, por conter a maioria dos dados requeridos para a demonstração da armazenagem de dados e geração de informações sobre as características do sistema. Posteriormente apresentam-se tabelas e os cálculos da precipitação e evaporação de um reservatório, onde o reservatório escolhido foi o Açude de Boqueirão – Presidente Epitácio Pessoa – PB (Boqueirão).

### **6.1. Metrologia**

O Sistema de Informações do RIOSS engloba o conceito de metrologia, conforme dito anteriormente, no sentido de dar dinamicidade ao processo de armazenamento e recuperação de dados permitindo que o usuário realize e armazene qualquer tipo de medição na forma de série temporal. Isto é feito por intermédio de tabelas específicas criadas na base de dados e através do cadastramento de uma série de informações, numa determinada sequência, que são solicitadas pelo Sistema de Informações do RIOSS.

Portanto, como pode ser observado na Figura 6.1, são apresentadas as opções de cadastramento e uso das tabelas referentes ao conceito de metrologia. Este processo consiste em cadastrar dados em diversas tabelas na seguinte sequência: Tipos de Unidades de Medidas,



Unidades de Medidas; Grupos, Tipos, Classes e Valores de Variáveis; e Estações, Variáveis e Valores das Variáveis das Estações. Com isso, pode-se, genericamente, definir vários tipos de séries de variáveis temporais e ter seus dados cadastrados e recuperados, assim como pode-se gerar vários gráficos para facilitar sua análise.

Pode ser observado na Figura 6.1 que existem três links, o primeiro é “tipos e unidades de medidas”, que se refere ao cadastramento de “tipos e unidades de medidas”, o segundo refere-se aos “grupos, tipos, classes e valores das variáveis” e o terceiro link refere-se as “estações, variáveis e valores das variáveis” das estações de medições que podem ser cadastradas no sistema. Esses três links consistem a mais importante do sistema, dando dinamicidade ao armazenamento de dados e permitindo aos usuários definir e cadastrar unidades de medições e as respectivas estações de medições que venha considerar ser importante para a sua bacia hidrográfica.

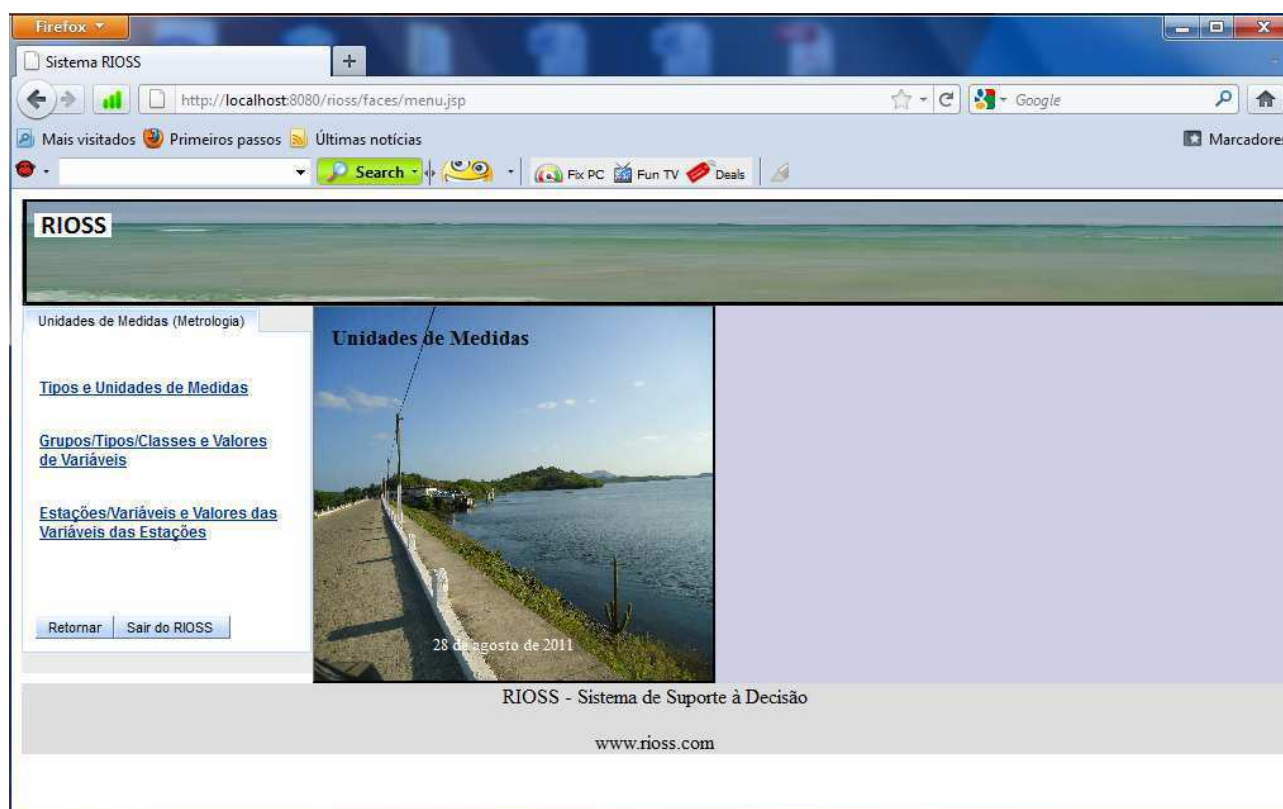


Figura 6.1. Opções de cadastramento de dados Metrológicos

O primeiro link “Tipos e Unidades de Medidas” da Figura 6.1 permite cadastrar os tipos de unidades de medidas e as unidades de medidas. Na Figura 6.2 é apresentada uma consulta a esta tabela, que contém os tipos de unidades de medidas que podem ser cadastrados e permite também

através do símbolo de cor azul “🔍”, acessar a tabela denominada “Unidades”, significando “Unidades de Medidas Cadastradas” conforme apresentado na Figura 6.3. Regra geral, o Sistema de Informações do RIOSS, apresenta tabelas que contém os dados que foram previamente cadastrados e para eliminar e/ou fazer alterações desses dados, existem os links em vermelho para eliminação de um item - representado pelo símbolo “❌” e alteração dos dados de uma linha – representados pelo símbolo “▶️”. Enquanto que o símbolo de cor azul “🔍” permite acessar outras tabelas da base de dados.

Deste modo, o Sistema de Informações do RIOSS tem como fundamento importante o cadastramento da descrição das unidades de medida e valores de suas conversões de unidades através destas tabelas. Estes sistemas de unidades irão compor o requerido sistema de variáveis e armazenar seus dados, além de gerar gráficos. Portanto, é possível usar este sistema para a criação, de forma dinâmica, de uma série de possíveis medições necessárias à caracterização das informações consideradas importantes dentro de uma bacia hidrográfica. Esta forma dinâmica de estruturação e armazenamento de dados é o principal diferencial deste sistema perante os demais disponíveis no mercado.

Editar	Excluir	Unidades	Id da Unid. de Medida	Nome do tipo da Unidade de Medida	Descrição do tipo da Unidade de Medida
▶️	❌	🔍	3	Comprimento - Tipo	comprimento
▶️	❌	🔍	18	Densidade	d
▶️	❌	🔍	4	Fluviométrica - Tipo	Fluviométrica
▶️	❌	🔍	7	Lâmina d'água - Tipo	Utilizado para precipitações e evaporações
▶️	❌	🔍	6	Meteorológica - Tipo	Meteorológica

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
1	José Carlos Mota	Carlos	1	Projeto1

Figura 6.2. Tabela que contém os dados de tipos de unidades de medidas

The screenshot shows a web application interface with a table of registered units of measurement. The table has the following columns: Editar, Excluir, Id, Nome, Tipo da Unid. de Medida, Abreviação, Símbolo, Conversão, Unidade de Referência, Sistema de Unidade, and Descrição. The data rows are as follows:

Editar	Excluir	Id	Nome	Tipo da Unid. de Medida	Abreviação	Símbolo	Conversão	Unidade de Referência	Sistema de Unidade	Descrição
		79	Acre	Área	Acre	Acre	4.046,7241	não	SI	Acre
		80	Centímetro quadrado	Área	cm2	cm2	0,0001	não	SI	Centímetro quadrado
		77	Kilômetro quadrado	Área	Km2	Km2	1.000.000,0000	não	SI	Kilômetro quadrado
		76	Metro quadrado	Área	m2	m2	1,0000	sim	SI	Metro quadrado
		78	Milha quadrada	Área	m2	m2	2.500.000,0000	não	SI	Milha quadrada

Figura 6.3. Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo “Área”.

Pode-se observar que, na Figura 6.2, estão cadastrados os tipos das unidades de medidas. A Figura 6.3 mostra que, para cada tipo de unidade de medida cadastrada, podem ser cadastradas várias unidades de medidas. Tomando, por exemplo, o tipo de unidades do tipo “Área” (Figura 6.2), pode-se associar a ela vários tipos de unidades e suas conversões, tais como: acre,  $\text{cm}^2$ ,  $\text{Km}^2$ ,  $\text{m}^2$ , etc. Observa-se também que apenas uma das unidades deve ser marcada como 'Unidade de Referência' (sim), usada para estabelecer a relação de conversão entre ela e as demais unidades. No caso da unidade de medida 'área', a unidade de referência considerada foi a unidade chamada “Metro quadrado –  $\text{m}^2$ ” (Figura 6.3) e o fator de conversão para outras unidades é dado no campo denominado de 'Conversão'. Foram previamente cadastradas algumas unidades de medidas e suas conversões, que podem ser observadas nas Figuras 6.73a, 6.73b,... a 6.73k (encontram-se no Apêndice1).

Uma vez definida as unidades de medida a serem utilizadas, pode-se definir as possíveis variáveis (séries temporais de dados) associadas a elas. O segundo link “Grupos/Tipos/Classes e Valores das Variáveis” da Figura 6.1, envolve a seleção das telas onde estão definidos os grupos de variáveis (Figura 6.4), os tipos de variáveis (Figura 6.5), as classes das variáveis (Figura 6.6) e os valores das classes (Figura 6.7). Percebe-se que estas telas são encadeadas, em que, a partir do

grupo das variáveis, acessam-se os tipos das variáveis, que por sua vez podem-se acessar as classes das variáveis e por último pode-se chegar aos valores das variáveis das classes onde se define o limite inferior e o limite superior que serão usados mais adiante para a geração de gráficos.

Supondo que se deseja cadastrar dados de evaporação relativos a algum ponto de medição numa bacia hidrográfica, pode-se definir esta variável temporal como sendo de um "Grupo de Variáveis" do tipo meteorológica (Figura 6.4), tendo a descrição de sua unidade de medida (em geral dado em mm, que é uma unidade de comprimento) descrita em 'Tipo de Unidade de Medida', conforme mostrada na Figura 6.5. Observe que esta grandeza pode ter como unidade de medida o volume, caso o usuário assim o desejar.

Uma vez cadastrada uma variável, pode-se estabelecer limites de seus valores para estabelecer uma determinada classificação (a exemplo do que ocorre com parâmetros de qualidade de água). Para cadastrá-las são usadas duas tabelas: 'Classes de Variáveis Cadastradas', mostrada na Figura 6.6, e 'Valores das Classes de Variáveis Cadastradas', mostrada na Figura 6.7.

Editar	Excluir	Tipos	Id do Grupo da Variável	Nome	Descrição
			25	Fluviométrica	Fluviométrica
			22	Meteorológica	Meteorológica
			23	Qualidade de Água	Qualidade de Água
			24	Volumétrica	Volumétrica

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

Figura 6.4. Tabela do grupo de variáveis cadastradas

**Tipos de Variáveis Cadastradas**

Editar	Excluir	Classes	Id	Nome	Grandeza	Grupo da Variável	Tipo da Unid. de Medida	Descrição
			60	Demanda Atendida	derivada	Fluviométrica	Fluviométrica	Demanda Atendida
			59	Demanda Requerida	derivada	Fluviométrica	Fluviométrica	Demanda Requerida
			58	Uso da Água	derivada	Fluviométrica	Fluviométrica	Uso da Água
			56	Vazão Afluente	derivada	Fluviométrica	Fluviométrica	Vazão Afluente
			57	Vertimento	derivada	Fluviométrica	Fluviométrica	Vertimento

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

Figura 6.5. Tabela dos tipos das variáveis cadastradas

**Classes de Variáveis Cadastradas**

Editar	Excluir	Valores	Id	Nome	Tipo de Variável	Tipo de Unidade de Medida	Unidade de Medida	Descrição
			46	Demanda Atendida	Demanda Atendida	Fluviométrica	Metro Cúbico por Segundo	Demanda Atendida

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

Figura 6.6. Tabela das classes das variáveis cadastradas

The screenshot shows a web browser window titled 'Sistema RIOSS'. The address bar contains 'localhost:8080/rioss/faces/jcm/consultaValorcv.jsp'. The main content area displays a table with the title 'Valores das Classes de Variáveis Cadastradas'. The table has columns for 'Editar', 'Excluir', 'Id', 'Nome', 'Classe da Variável', 'Tipo da Variável', 'Limite Inferior', 'Limite Superior', and 'Descrição'. Two rows are visible: one for 'Demanda Baixa' (ID 105) and one for 'Demanda Média' (ID 106). Both rows have 'Demanda Atendida' in the 'Classe da Variável' column, which is circled in red. Below the table are buttons for 'Novo', 'Menu', and 'Retornar'. At the bottom right, there is a small table with columns 'ID Usuário', 'Nome', 'Login', 'ID Projeto', and 'Projeto', containing one row with values 25, Metrologia, Metrologia, 19, and Metrologia 1. The footer text reads 'RIOSS - Sistema de Suporte à Decisão' and 'www.rioss.com'.

Editar	Excluir	Id	Nome	Classe da Variável	Tipo da Variável	Limite Inferior	Limite Superior	Descrição
		105	Demanda Baixa	Demanda Atendida	Demanda Atendida	20.0	50.0	Demanda Baixa
		106	Demanda Média	Demanda Atendida	Demanda Atendida	50.0	70.0	Demanda Média

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

Figura 6.7. Tabela dos valores das classes das variáveis cadastradas

Uma vez definida as unidades de medida e as possíveis variáveis a elas associadas, pode-se, na sequência, cadastrar os valores destas variáveis. Para isso, há a necessidade de cadastrar informações pertinentes ao local de sua medição, os responsáveis pelas medições, os tipos de medições e seus valores propriamente dito. Para isso, o terceiro link “Estações/Variáveis e Valores das Variáveis das Estações”, mostrado na Figura 6.1, permite o acesso às tabelas das estações de medição que foram previamente cadastradas, assim como novas estações podem ser incluídas, modificadas ou mesmo eliminadas. Na Figura 6.8 contém os links das estações, a partir das quais permitem o acesso e cadastramento dos dados referentes às estações de medições, onde é informado o nome da estação, o código, o usuário que efetuou as medições realizadas, a sub-bacia a qual pertence esta estação, a Instituição, o Município, o grupo da variável, entre outros. Este processo de criação, modificação e exclusão de Estações de Medição é realizado mediante uma série de procedimentos que pode ser melhor visualizado através do fluxograma apresentado na Figura 6.9.

Editar	Excluir	Variáveis	Id	Nome	Cód. Estação	Usuário	Subacia	Instituição	Município	Grupo da Variável	Latitude	Longitude	Altitude	Descrição
			18	Estação Boqueirão	EB	Metrologia	Subacia Boqueirão	Universidade Luterana do Brasil	Campina Grande	Meteorológica	0.0	0.0	0.0	Estação Boqueirão
			19	Estação Boqueirão 2	EB 2	Metrologia	Subacia Boqueirão	Universidade Luterana do Brasil	Campina Grande	Meteorológica	0.0	0.0	0.0	Estação Boqueirão 2
			20	Estação Boqueirão Quali Água	EBQA	Metrologia	Subacia Boqueirão	Universidade Federal de Campina Grande	Campina Grande	Qualidade de Água	0.0	0.0	0.0	Estação Boqueirão Quali Água
			21	Estação Rio Paraíba	ERP	Metrologia	Subacia Rio Paraíba	Universidade Federal de Campina Grande	Campina Grande	Qualidade de Água	0.0	0.0	0.0	Estação Rio Paraíba

Figura 6.8. Tabela das estações de medição

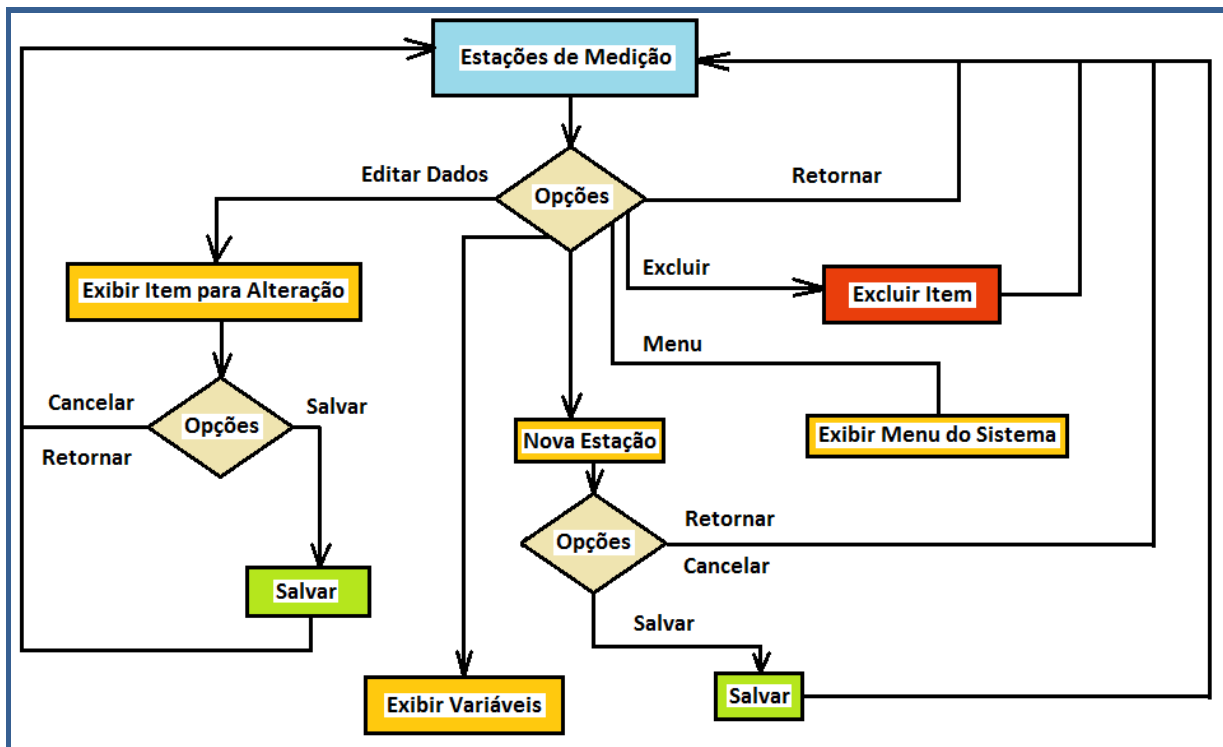


Figura 6.9. Diagrama de Fluxo de Operações das Estações de Medições

### 6.1.1. Evaporação e Precipitação do Açude de Boqueirão

A evaporação e a precipitação são duas variáveis hidrológicas muito importantes em sistemas de recursos hídricos. A maioria dos sistemas de informação utilizados por órgãos gestores de recursos hídricos cadastram, fazem uso e disponibilizam, via internet, dados relativos a tais variáveis. Elas são utilizadas para efetuar diversos cálculos, baseados em balanço hídrico em vários componentes de um sistema de recursos hídricos, e gerar gráficos que contribuem para ajudar gestores responsáveis pelo planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Tendo em vista este trabalho ser um sistema de informações para dar suporte a um sistema de apoio à decisão para sistemas de recursos hídricos superficiais, tais tipos de dados foram usados por Vieira (2011), Santos (2007), Alencar (2009), entre outros autores, em seus processos de análises desta bacia hidrográfica visando auxiliar o processo decisório. Desta forma, aqui será mostrado como foram cadastrados os dados de precipitação e evaporação do Açude de Boqueirão, usando os conceitos de metrologia, conforme descritos anteriormente.



Figura 6.10. <http://www.dnocs.gov.br/barragens/boqueirao/boqueirao.htm>

O Reservatório denominado Presidente Epitácio Pessoa, mais conhecido como “Açude de Boqueirão” foi construído no Município de Boqueirão, que barra o Rio Paraíba, pertencente ao sistema de mesmo nome. Este está localizado a oeste de João Pessoa, a cerca de 45 km da cidade de Campina Grande. O açude compreende uma área de 2.680 ha, acumulando um volume de



535.680.000 m<sup>3</sup> de água oferecendo um potencial energético de 2.300 CV. A bacia hidrográfica possui uma área de 12.410 km<sup>2</sup>. Este tem como objetivo perenizar o Rio Paraíba, possuindo como finalidade principal o abastecimento d'água da cidade de Campina Grande e cidades circunvizinhas (DNOCS, 1963; DNOCS 2, 1967).

Pelos dados referentes a este reservatório e através da interface computacional mostrada na Figura 6.8 é possível acessar as variáveis da estação de medição, cujo campo 'Nome' é denominado de 'Boqueirão', por intermédio do campo 'Variáveis', representado pelo símbolo em azul circunferência pelo símbolo em azul circundado, que dá acesso aos dados da tabela apresentada na Figura 6.10. Nesta tabela foram cadastrados os dados das variáveis, o tipo do valor desta variável, que pode ser um valor escalar como é o caso, ou poderia ser um valor vetorial que teria as dimensões “x” e “y” ou as dimensões “x”, “y” e “z”. Nesta tabela pode ser definido também o tipo da variável, a unidade de medida, se a variável está ativa ou não, a forma que os valores foram medidos, entre outros. Através da interface do usuário representada pela Figura 6.11, pode-se acessar os valores das variáveis, onde podem ser incluídos novos dados ou alterar os dados existentes, conforme mostrados na Figura 6.12.

Editar	Excluir	Valores	Gráfico	ID	Nome	Variável Ativa	Usuário	Tipo do Valor	Estação	Tipo da Variável	Unidade de Medida	Fórmula	Valores Medido
				45	Evaporação	Sim	Metrologia	ESCALAR	Estação Boqueirão	Evaporação	Milímetro	a	Instantâneo
				38	Precipitação	Sim	Metrologia	ESCALAR	Estação Boqueirão	Precipitação	Milímetro	a	Médio
				34	Var 1 da estação de boqueirão	Sim	Metrologia	ESCALAR	Estação Boqueirão	Variável Teste	Metro	x=10+5;	Instantâneo

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

Figura 6.11. Tabela das variáveis das estações de medição (evaporação e precipitação)

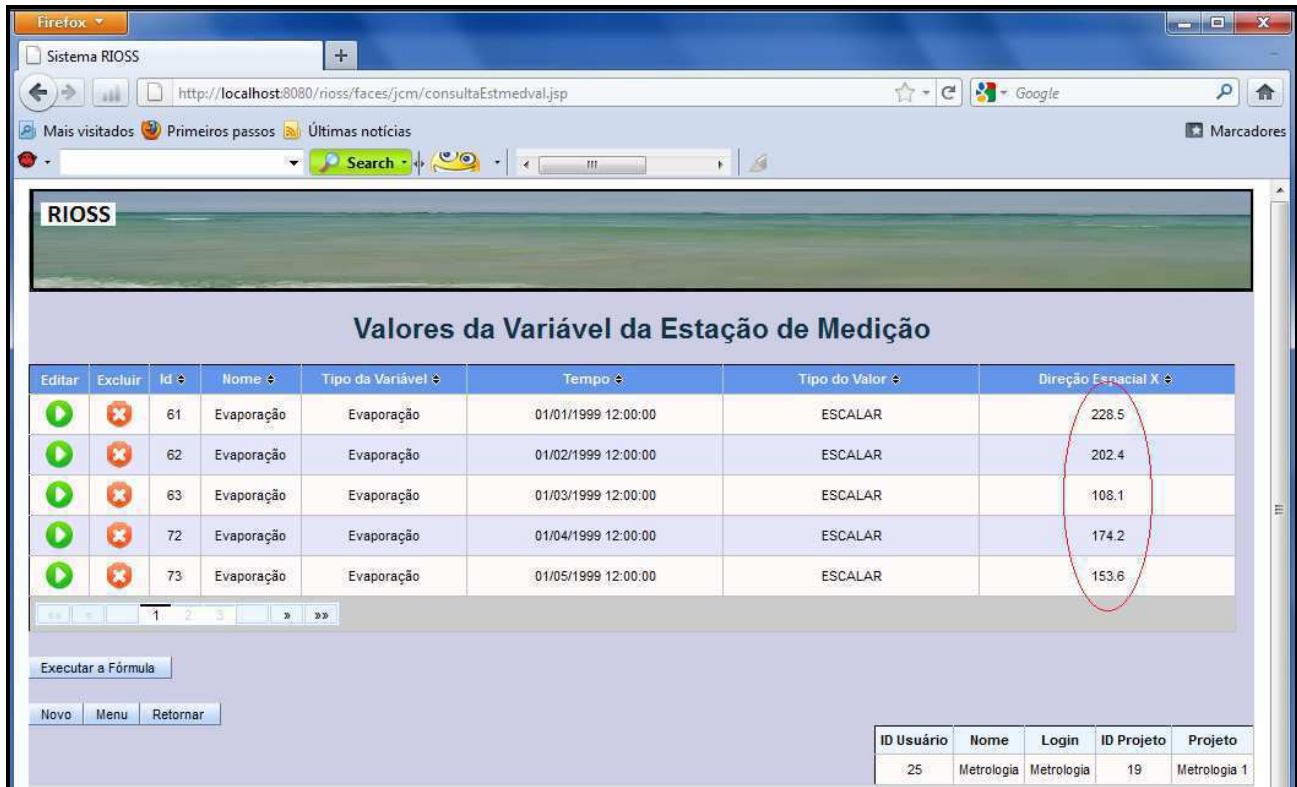


Figura 6.12. Tabela dos valores das variáveis das estações de medição (evaporação)

Através da exibição das variáveis das estações de medições cadastradas (Figura 6.12), pode-se gerar um gráfico da variável denominada “evaporação”, onde esse gráfico exhibe algumas linhas em que a linha denominada “X” é a linha principal que representa os valores reais da estação de Boqueirão com suas evaporações médias mensais (AESAs, 2008, citado por Alencar, 2009), de acordo com a Tabela 6.1 e as demais linhas representam as faixas definidas de acordo com os limites inferiores e superiores das classes cadastradas para a variável “evaporação”, baseado na unidade de medida que está em milímetros (mm), de acordo com a Figura 6.13.

É importante ressaltar que o usuário pode definir uma série de variáveis, estações de medição hipotéticas, conforme suas necessidades, uma vez que o sistema foi definido de forma flexível e abrangente, deixando o usuário à vontade para fazer suas medições reais ou imaginário-experimentais.

Tabela 6.1. Lâmina evaporada média mensal do reservatório de Boqueirão (mm/mês) (AESAs, 2008, citado por Alencar, 2009).

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
147,1	132,5	108,1	88,3	102,5	64,9	73	105,1	126,1	153,6	151,2	165

**Variáveis das Estações de Medição**

Editar	Excluir	Valores	Gráfico	Id	Nome	Variável Ativa	Usuário	Tipo do Valor	Estação	Tipo da Variável	Unidade de Medida	Fórmula	Valores Média
				39	Evaporação	Sim	Metrologia	ESCALAR	Estação Boqueirão	Evaporação	Milímetro	a	Médio
				38	Precipitação	Sim	Metrologia	ESCALAR	Estação Boqueirão	Precipitação	Milímetro	a	Médio
				34	Var 1 da estação de boqueirão	Sim	Metrologia	ESCALAR	Estação Boqueirão	Evaporação	Metro	x=10+5;	Instantâneo

Novo Menu Retornar

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

RIOSS - Sistema de Suporte à Decisão  
www.rioss.com

Figura 6.13. Tabela das variáveis das estações que permite o acesso a criação do gráfico (evaporação)

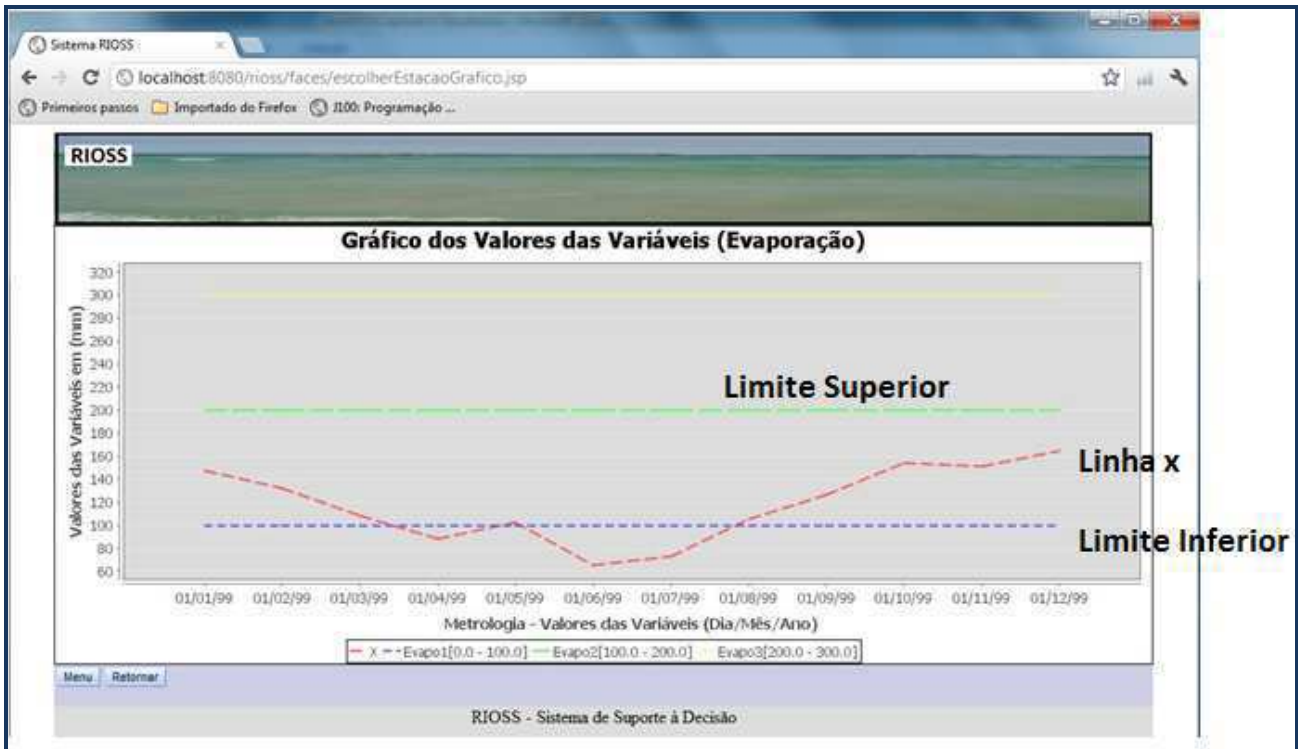


Figura 6.14. Gráfico dos valores das variáveis da estação de medição (evaporação)

Os dados de precipitação também foram analisados (Figura 6.15) e a partir dos quais tem a possibilidade de acesso a variável denominada “precipitação” que foi previamente cadastrada. Podem-se verificar os dados reais do reservatório de Boqueirão da precipitação média mensal dos anos de 1981 a 1990 (AESA, 2008, citado por Alencar, 2009), de acordo com a Tabela 6.2 e Figura 6.16.

**Variáveis das Estações de Medição**

Editar	Excluir	Valores	Gráfico	ID	Nome	Variável Ativa	Usuário	Tipo do Valor	Estação	Tipo da Variável	Unidade de Medida	Fórmula	Valores Média
				39	Evaporação	Sim	Metrologia	ESCALAR	Estação Boqueirão	Evaporação	Milímetro	a	Médio
				38	Precipitação	Sim	Metrologia	ESCALAR	Estação Boqueirão	Precipitação	Milímetro	a	Médio
				34	Var 1 da estação de boqueirão	Sim	Metrologia	ESCALAR	Estação Boqueirão	Evaporação	Metro	x=10+5;	Instantâneo

Novo Menu Retornar

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

RIOS - Sistema de Suporte à Decisão  
www.rioss.com

Figura 6.15. Tabela das variáveis das estações de medição (Precipitação)

**Valores da Variável da Estação de Medição**

Editar	Excluir	ID	Nome	Tipo da Variável	Tempo	Tipo do Valor	Direção Espacial X
		56	Precipitação	Precipitação	01/01/1990 12:00:00	ESCALAR	27.9
		59	Precipitação	Precipitação	01/02/1990 12:00:00	ESCALAR	53.0
		60	Precipitação	Precipitação	01/03/1990 12:00:00	ESCALAR	79.2
		57	Precipitação	Precipitação	01/04/1990 12:00:00	ESCALAR	96.1
		64	Precipitação	Precipitação	01/05/1990 12:00:00	ESCALAR	51.2

Executar a Fórmula

Novo Menu Retornar

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

Figura 6.16. Tabela dos valores da variável da estação de medição (precipitação)

Tabela 6.2. Precipitação média mensal do reservatórios de Boqueirão (AESAs, 2008, citado por Alencar, 2009).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1981	73,50	21,80	284,50	18,20	13,60	52,10	54,39	0,00	3,80	0,00	9,10	16,00
1982	6,60	97,70	7,20	136,20	59,20	140,20	27,00	37,00	2,30	0,00	0,00	2,80
1983	70,20	117,50	44,00	47,30	43,60	32,40	29,00	30,80	1,00	15,20	0,00	0,00
1984	2,20	0,20	132,00	147,40	121,30	30,50	94,80	56,00	20,60	10,30	5,40	0,60
1985	16,20	228,20	111,20	244,30	30,40	43,80	54,80	36,90	20,60	0,00	4,80	20,60
1986	29,00	131,10	133,60	62,30	17,00	53,20	68,40	61,30	8,60	0,00	0,00	32,40
1987	2,80	2,00	78,00	50,30	8,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1988	35,40	61,60	126,00	81,80	33,80	33,60	108,30	26,20	6,40	0,00	0,00	30,60
1989	0,00	0,00	62,40	70,80	84,70	59,80	51,70	53,30	0,00	0,00	0,00	33,70
1990	0,00	12,20	0,00	44,50	41,80	38,20	74,90	29,50	42,00	12,30	0,00	0,00
<b>Média</b>	<b>23,59</b>	<b>67,23</b>	<b>97,89</b>	<b>90,31</b>	<b>45,36</b>	<b>48,38</b>	<b>56,33</b>	<b>33,10</b>	<b>10,53</b>	<b>3,78</b>	<b>1,93</b>	<b>13,67</b>

A Figura 6.17, apresenta o ícone grifado em vermelho que permite a geração do gráfico exibido na Figura 6.18, em que conforme a precipitação média mensal do ano de 1990 demonstra que os níveis de precipitação são muito abaixo do ideal, conforme linha tracejada em vermelho, enquanto que as demais linhas marcam as faixas do tipo de precipitação média mensal, que, conforme este gráfico, a faixa de 0 a 300 determina que o clima seja extremamente árido, de 300 a 600 o clima é seco, de 600 a 1200 é considerado normal e de 1200 a 4000 é considerado um clima chuvoso.

The screenshot shows a Firefox browser window displaying the RIOSS system interface. The main content is a table titled "Variáveis das Estações de Medição". The table has 13 columns: Editar, Excluir, Valores, Gráfico, Id, Nome, Variável Ativa, Usuário, Tipo do Valor, Estação, Tipo da Variável, Unidade de Medida, Fórmula, and Valores Média. Three rows are visible: Evaporação (ID 39), Precipitação (ID 38), and Var 1 da estação de boqueirão (ID 34). The 'Tipo do Valor' for 'Precipitação' is 'ESCALAR', which is circled in red. Below the table are navigation buttons (Novo, Menu, Retornar) and a small table with user and project information. The footer of the page reads "RIOSS - Sistema de Suporte à Decisão" and "www.riooss.com".

Editar	Excluir	Valores	Gráfico	Id	Nome	Variável Ativa	Usuário	Tipo do Valor	Estação	Tipo da Variável	Unidade de Medida	Fórmula	Valores Média
				39	Evaporação	Sim	Metrologia	ESCALAR	Estação Boqueirão	Evaporação	Milímetro	a	Médio
				38	Precipitação	Sim	Metrologia	ESCALAR	Estação Boqueirão	Precipitação	Milímetro	a	Médio
				34	Var 1 da estação de boqueirão	Sim	Metrologia	ESCALAR	Estação Boqueirão	Evaporação	Metro	x=10+5;	Instantâneo

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

Figura 6.17. Tabela das variáveis das estações que permite o acesso a criação do gráfico (precipitação)

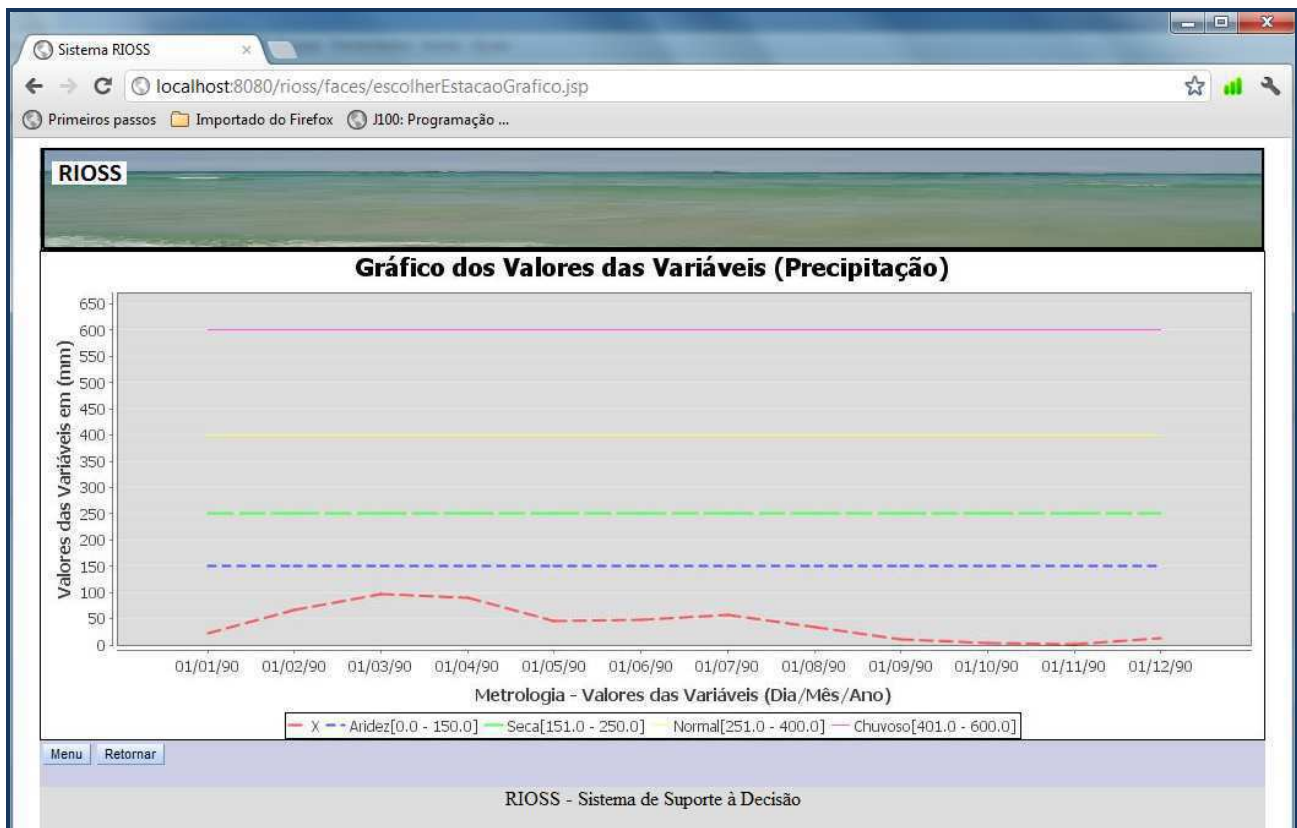


Figura 6.18. Gráfico dos valores das variáveis da estação de medição (precipitação)

### 6.1.2. Qualidade de Água do Açude de Boqueirão

Os dados de qualidade de água foram cadastrados usando, também, as mesmas tabelas que foram desenvolvidas fazendo uso de conceitos metrológicos com a finalidade de efetuar a medição de qualquer tipo de dado associado a variáveis temporais em sistemas de recursos hídricos. Neste caso, o Sistema de Informações do RIOSS pode, também, apresentar através de gráficos os dados de qualidade de água adquiridos, através de monitoramento da AESA, do Reservatório de Boqueirão e mostrados na Tabela 6.3. Esses dados foram digitados no Sistema de Informações do RIOSS, conforme pode ser observado na Figura 6.19, onde foi criada a estação de medição denominada “Estação Boqueirão Quali Água”. Após selecionar o link “Variáveis” correspondente a este reservatório, pode-se cadastrar as variáveis: Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fósforo Total, Nitrogênio, Oxigênio Dissolvido, Potencial Hidrogeniônico, Sólido Dissolvido Total, Temperatura da Água e Turbidez, de acordo com a Figura 6.20.



Posteriormente, após a digitação dos dados, através do link “Gráfico”, mostrado na Figura 6.20, pode-se apresentar os dados da DBO (Figura 6.21), bem como podem ser gerados os gráficos das variáveis: “Demanda Bioquímica de Oxigênio” (Figura 6.22), “Oxigênio Dissolvido” (Figura 6.23), “Potencial Hidrogeniônico” (Figura 6.24), “Nitrogênio” (Figura 6.25), Coliformes Termotolerantes (Figura 6.26), Fósforo Total (Figura 6.27), Turbidez (Figura 6.28) e Temperatura da Água (Figura 6.29).

Verifica-se que esses gráficos possuem faixas que são definidas conforme exemplo da Figura 6.7, onde são digitados os limites inferiores e superiores.

Tabela 6.3. Dados de qualidade de água do Açude de Boqueirão (AES, 2009)

Monitoramento do Açude Epitácio Pessoa (Dados fora do padrão CONAMA)														
Dara da Coleta	11/05/2000	08/02/2001	09/04/2002	24/10/2002	14/05/2003	15/10/2003	14/04/2004	05/10/2004	17/03/2005	16/03/2005	28/09/2005	29/09/2005	23/03/2006	13/09/2006
Hora da Coleta	09:54	16:00	08:09	15:29	07:56	08:05	08:46	07:55	09:40	10:20	09:30	07:54	09:00	08:40
Tipo	Inst.		Inst.	Inst.	Inst.	Inst.			Inst.	Inst.	Inst.	Inst.	Inst.	Inst.
Temp. ambiente (oC)	30	31	29	32	29	27	28	29	32	33	29	24	28	29
Temp. da amostra (oC)	28	29	29	30	26	27	25	26	28	29	26	25	28	25
Cor (mg Pt/L)	38	20	20	18	18	18	300	200	29	33	18,8	12,7	7,5	12
Turbidez (UNT)	37	4,2	1,8	14	2,6	3,2	90	33	1,1	2	6	3	7	4
pH	7,98	8,31	7,7	8,1	8,08	7,92	7,3	7,57	7,58	7,21	7,74	7,63	8,1	7,71
Condutividade Elétrica (uS/cm)	721	630	591	145	648	622	315	319	420	328	347	380	425	396
Sólido Dissolvido Total (mg/L)												259	289	269
Salinidade (Ppt)	92	104	93	94	99,5	105	51	1	6	8	6	0	0	0
Alcalinidade Total (Mg/L Ca CO3)	140	151	102	97	79	61	47	67	15	30	38	5	13	81
Cloreto (Mg/L Cl)	148	160	133	132	128	124	7,6	100	108	100	104	14	251	6,5
Dureza Total (Mg/l Ca CO3)												104	280	8
Ferro Total (Mg/l Fe)	1										0,08	0		0,05
Amônia (Mg/l N)	0,5	0,07									0,85	0,05		0,02
Fósforo Total (Mg/L P)	490		402	98	441	424	215	216	285	223		0,17		
Oxigênio Dissolvido (Mg/l O2)	7,6	8,3	7,3	6,5	7,4	7,2	5,2	7,2	6,4	4,2	7,3	6,9	7	7,2
DBO 5,20 (Mg/L O2)	1,7	1,1	0,7	2,6	1,8	0,2	0,8	2,2	2	1,8	1,4	0,8	0,6	0,09
Col. Termotolerante (UFC/100 mL)	160	200	109	18	63,5	56,75	50	25	972	4	78	38	10	0

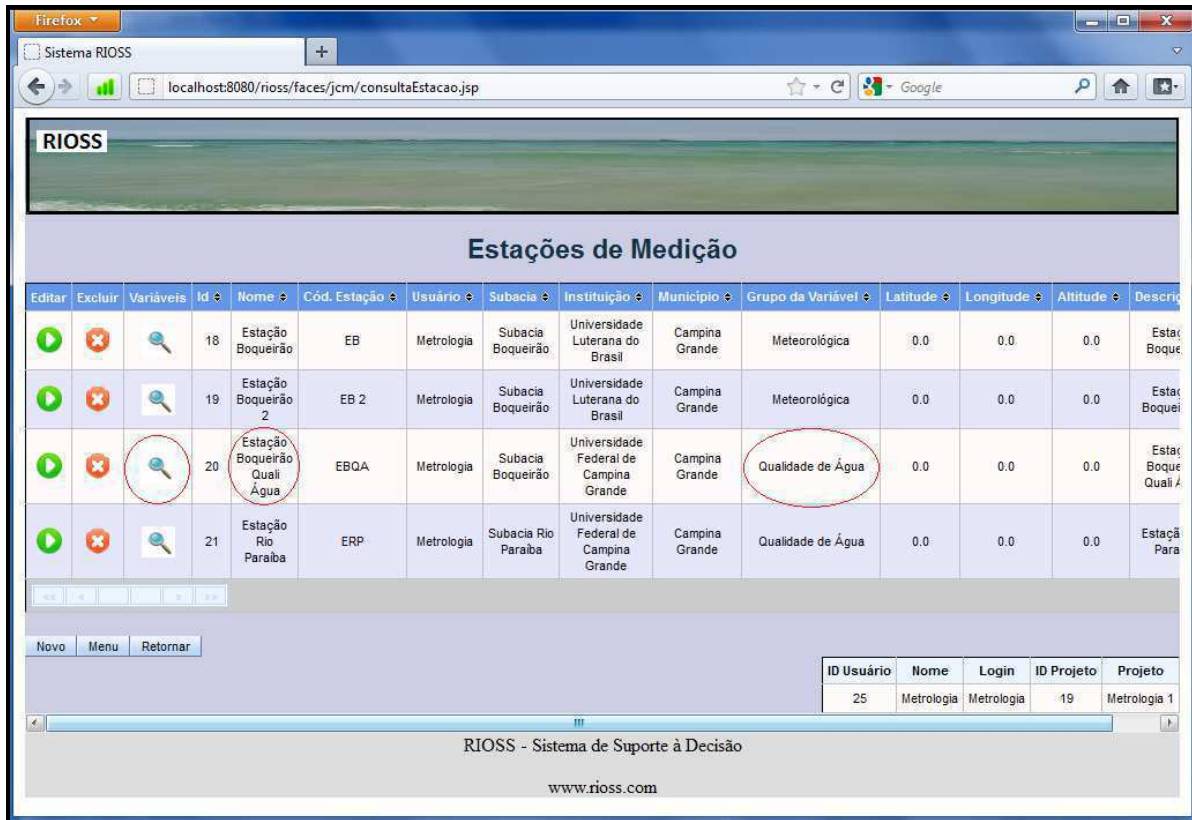


Figura 6.19. Estação de Qualidade de Água de Boqueirão

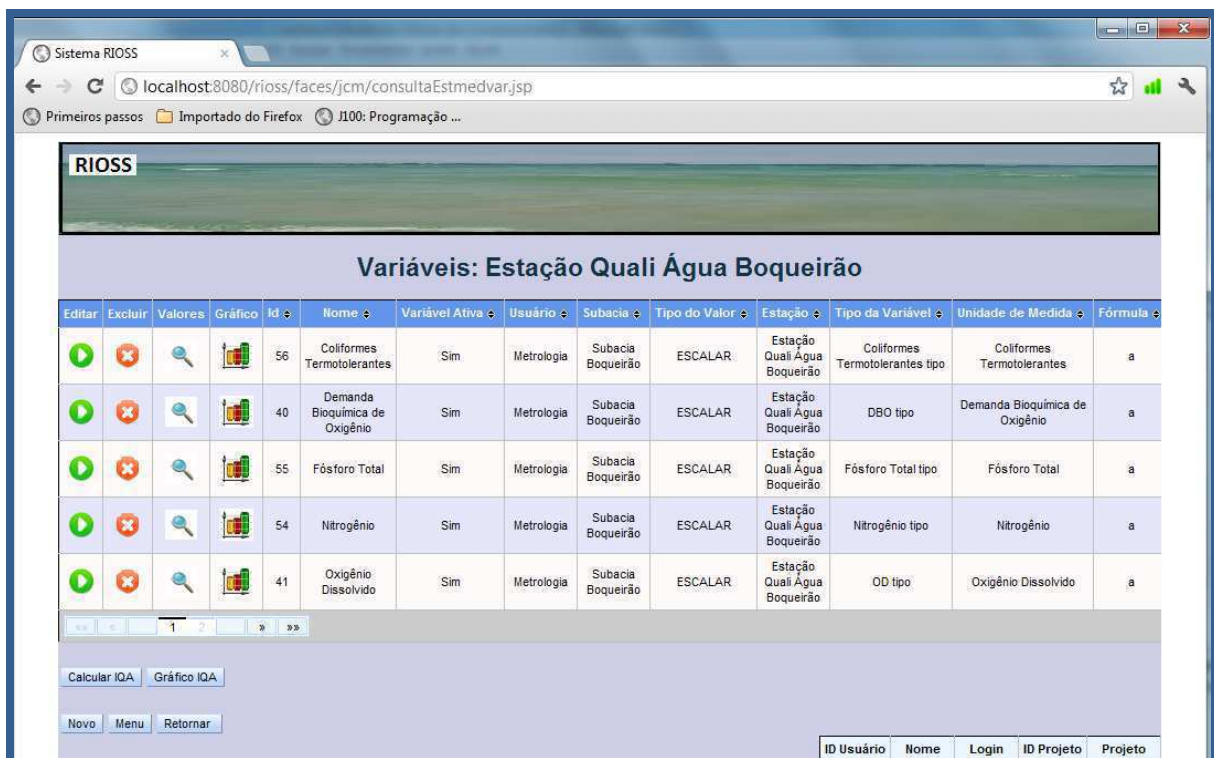


Figura 6.20. Variáveis da Estação de Boqueirão de Qualidade de Água

Editar	Excluir	Id	Nome	Tipo da Variável	Subacia	Tempo	Tipo do Valor	Direção Espacial X
		81	Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO tipo	Subacia Boqueirão	11/05/2000 12:00:00	ESCALAR	1.7
		82	Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO tipo	Subacia Boqueirão	08/02/2001 13:00:00	ESCALAR	1.1
		83	Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO tipo	Subacia Boqueirão	09/04/2002 12:00:00	ESCALAR	0.7
		84	Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO tipo	Subacia Boqueirão	24/10/2002 12:00:00	ESCALAR	2.6
		85	Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO tipo	Subacia Boqueirão	14/05/2003 12:00:00	ESCALAR	1.8

Figura 6.21. Valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio

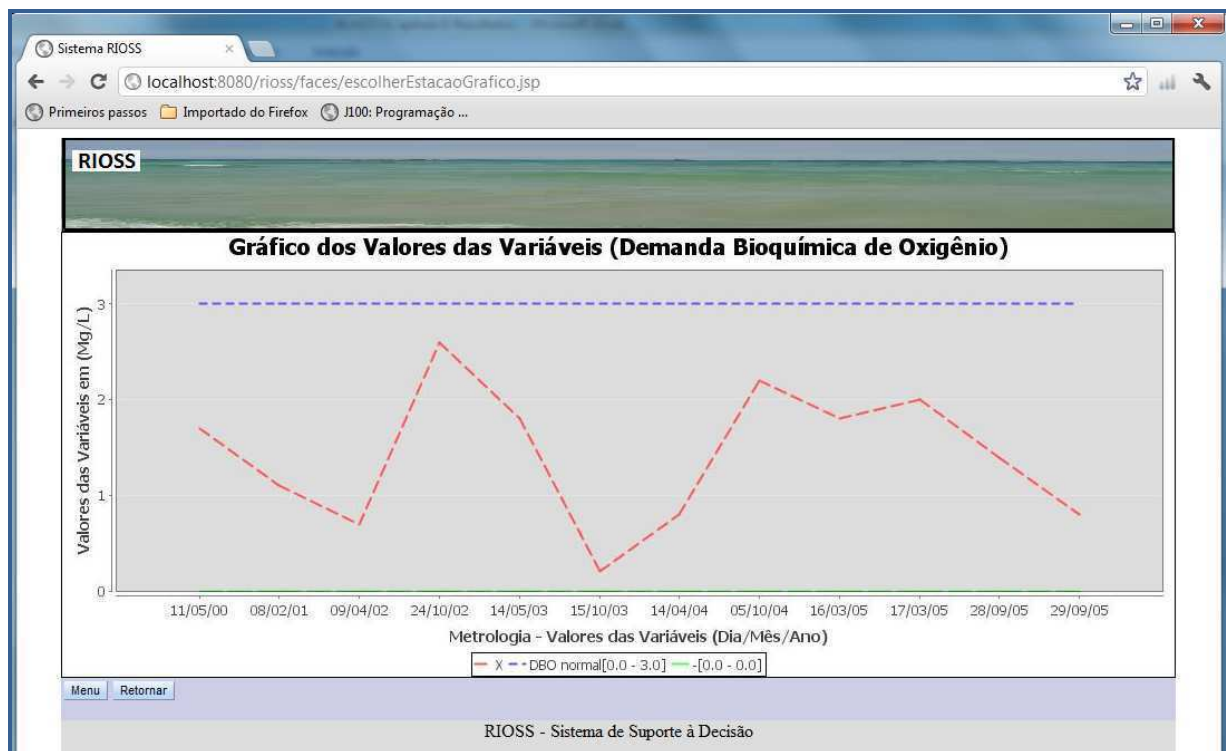


Figura 6.22. Gráfico da Demanda Bioquímica de Oxigênio (Boqueirão)

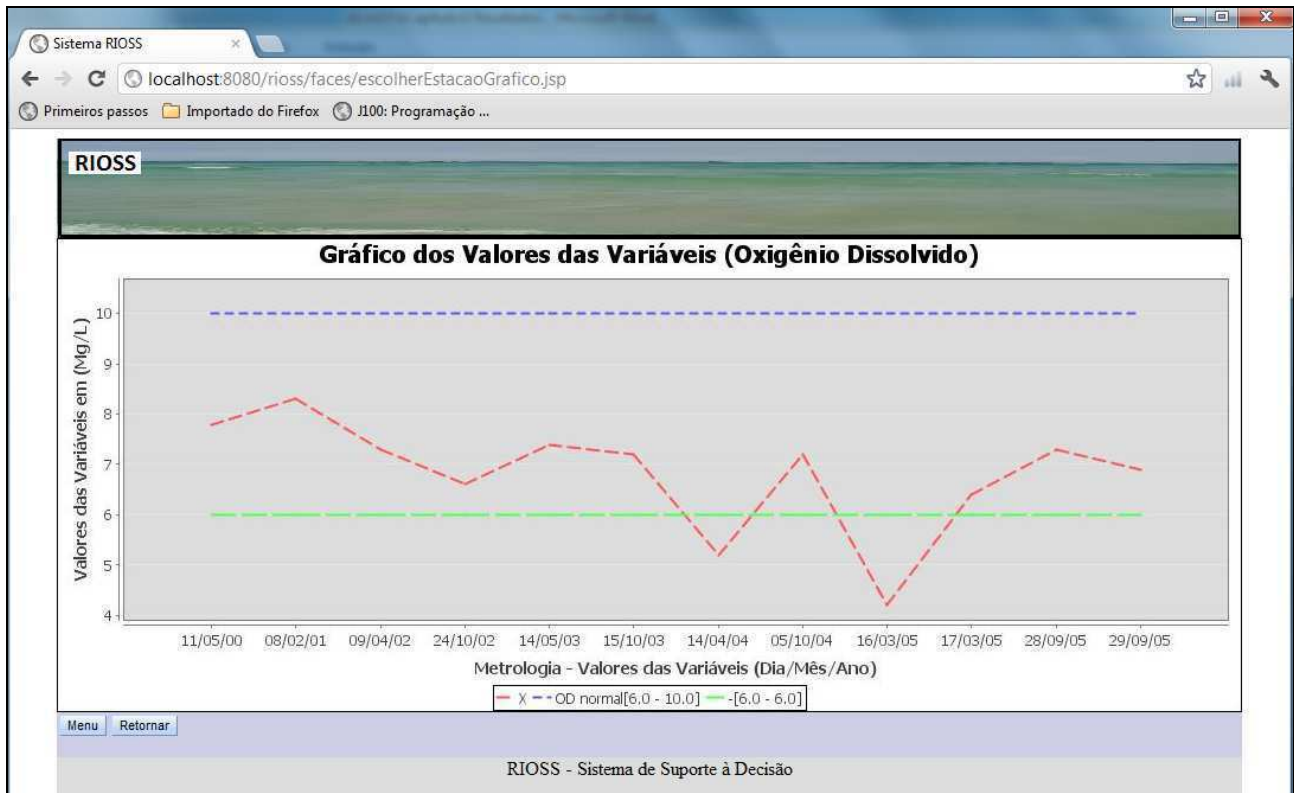


Figura 6.23. Gráfico do Oxigênio dissolvido (Boqueirão)

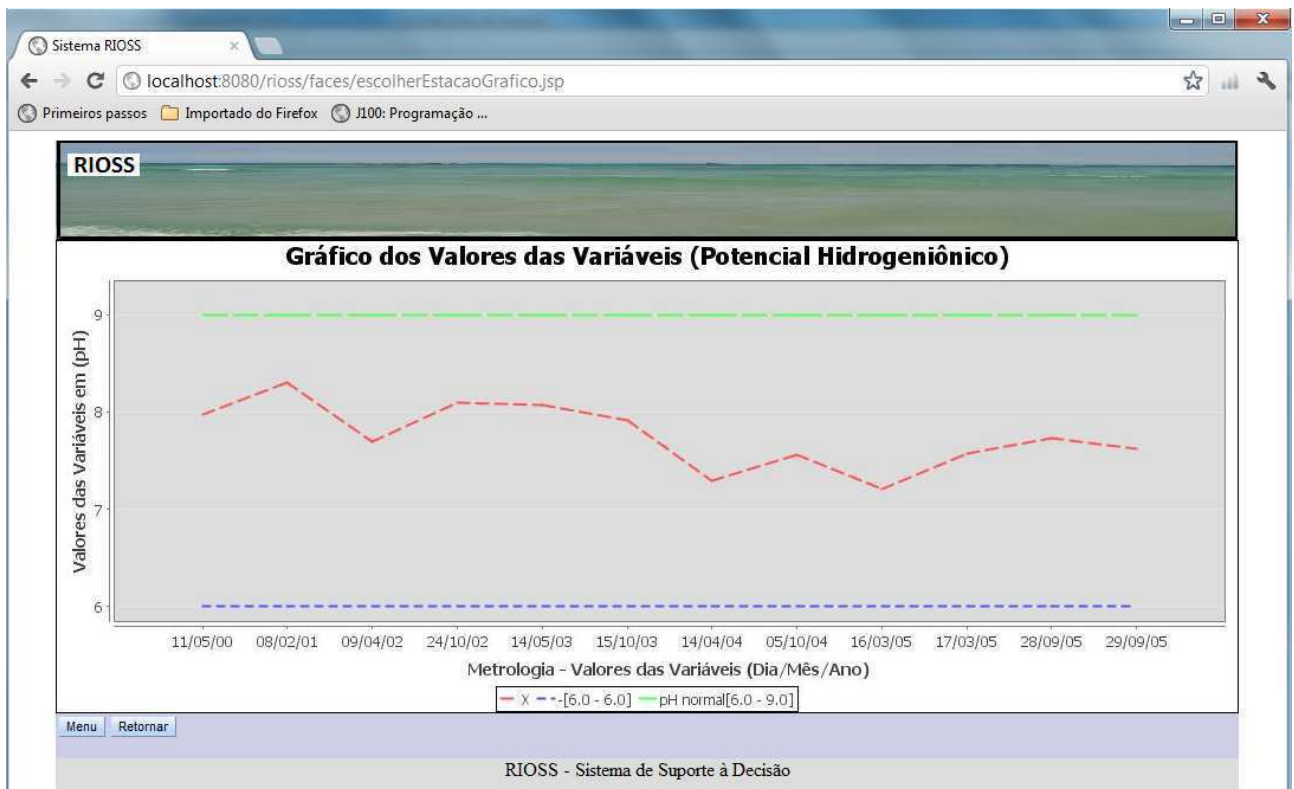


Figura 6.24. Gráfico do Potencial Hidrogeniônico (Boqueirão)

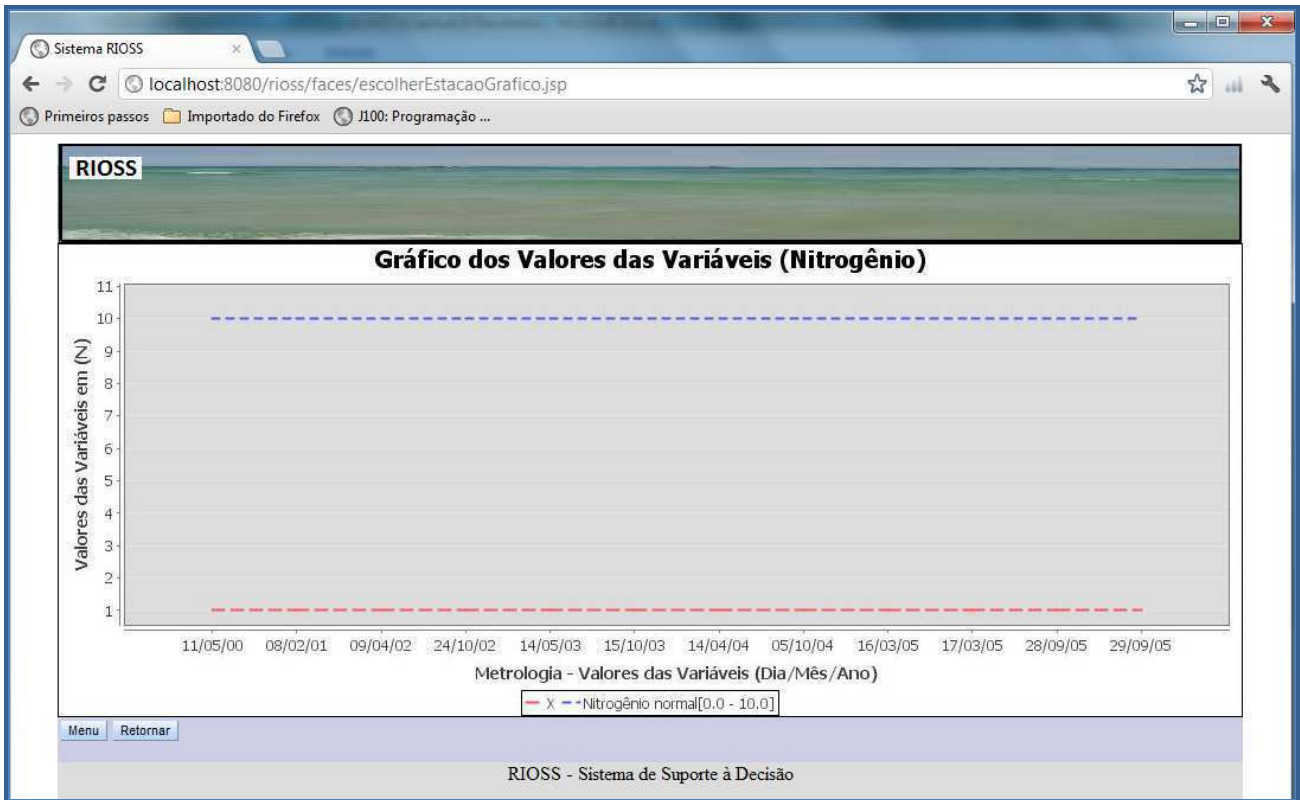


Figura 6.25. Gráfico de Nitrogênio (Boqueirão)

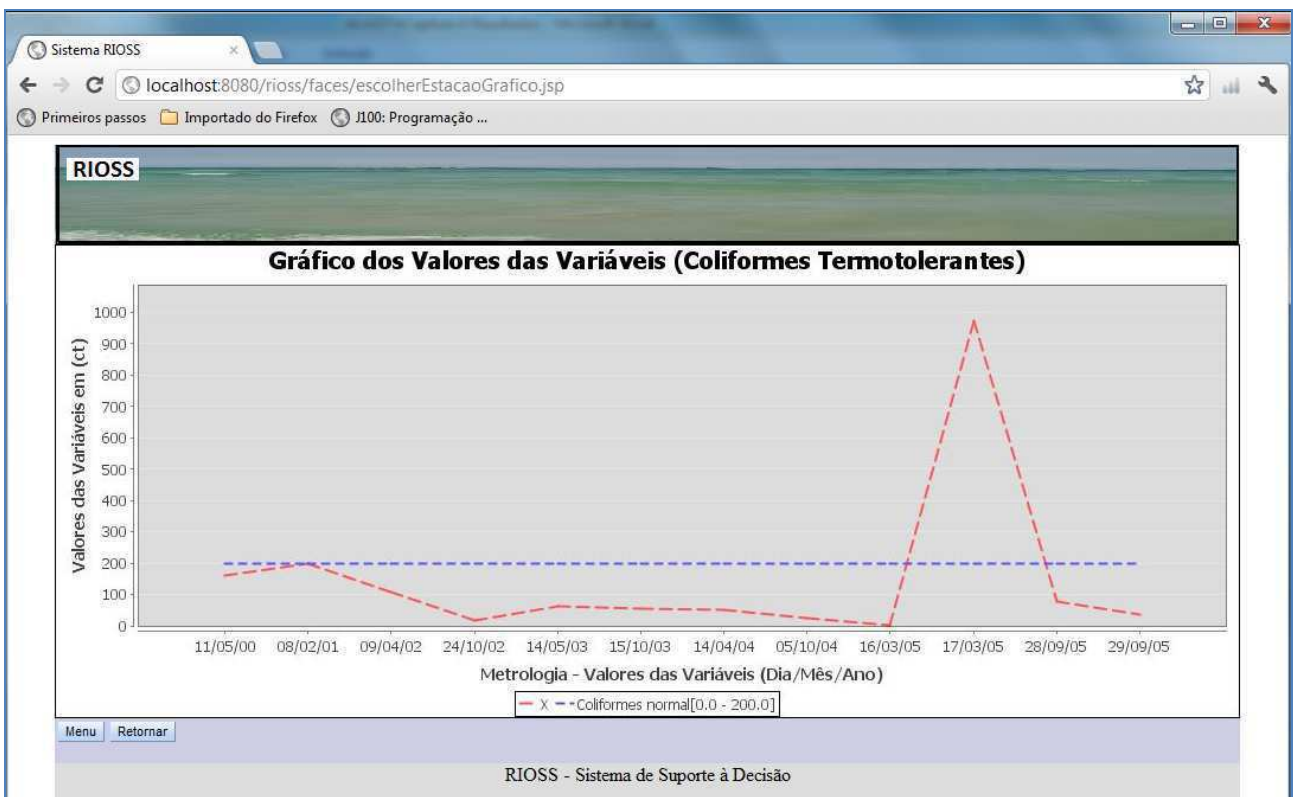


Figura 6.26. Gráfico de Coliformes Termotolerantes (Boqueirão)

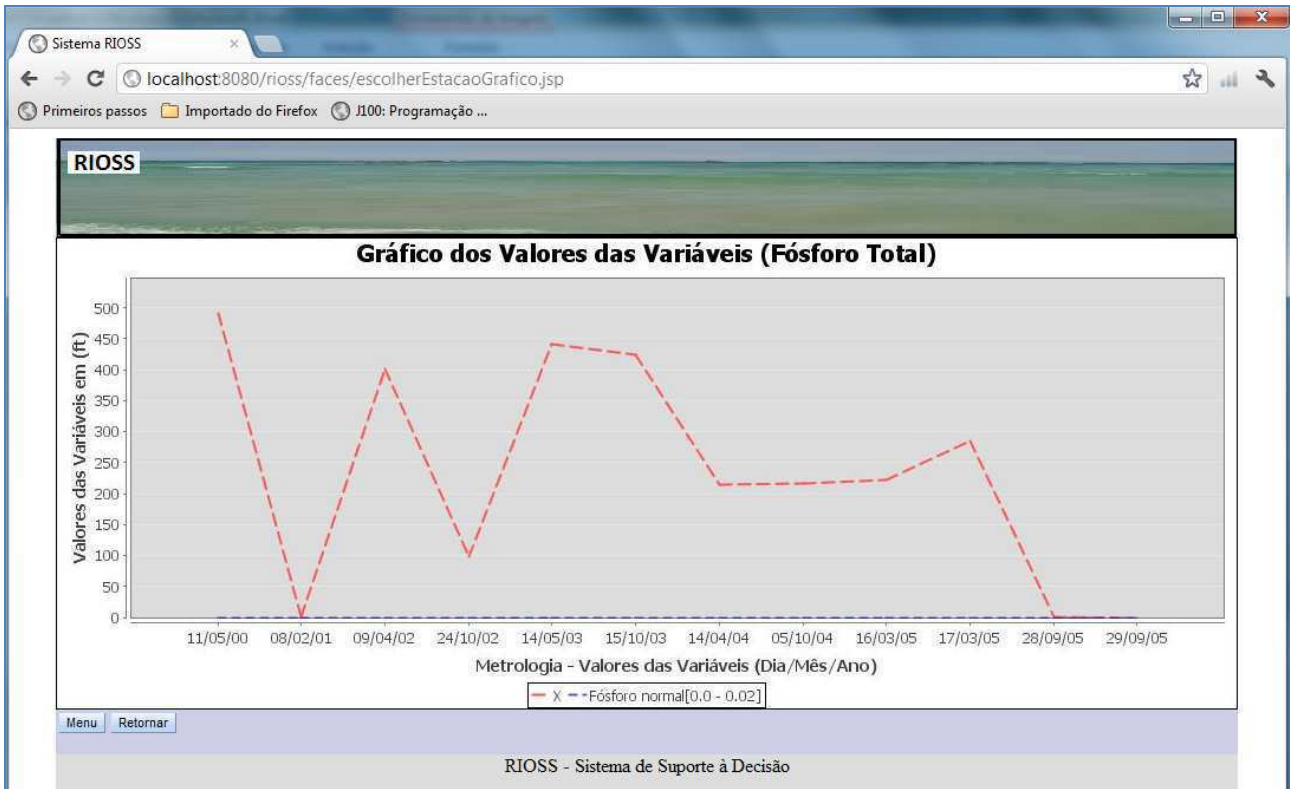


Figura 6.27. Gráfico de Fósforo Total (Boqueirão)

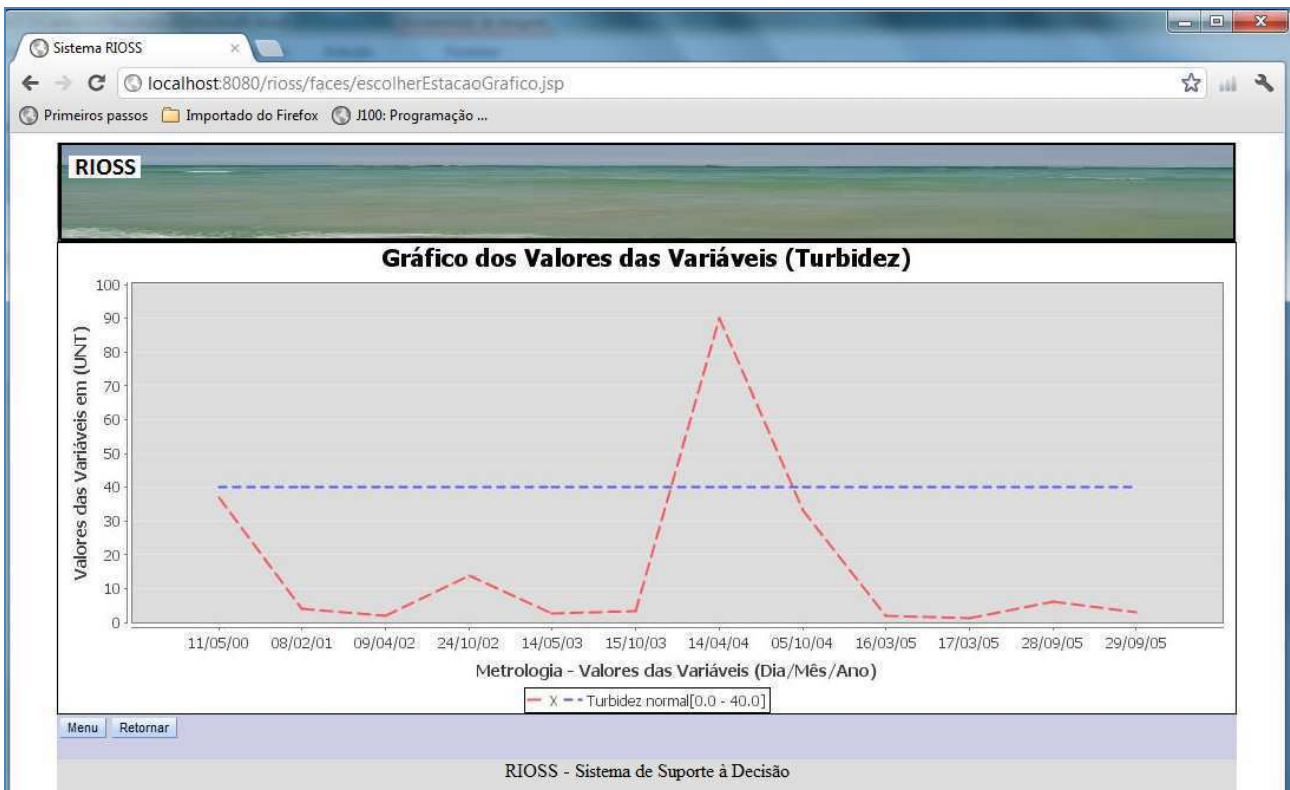


Figura 6.28. Gráfico da Turbidez (Boqueirão)

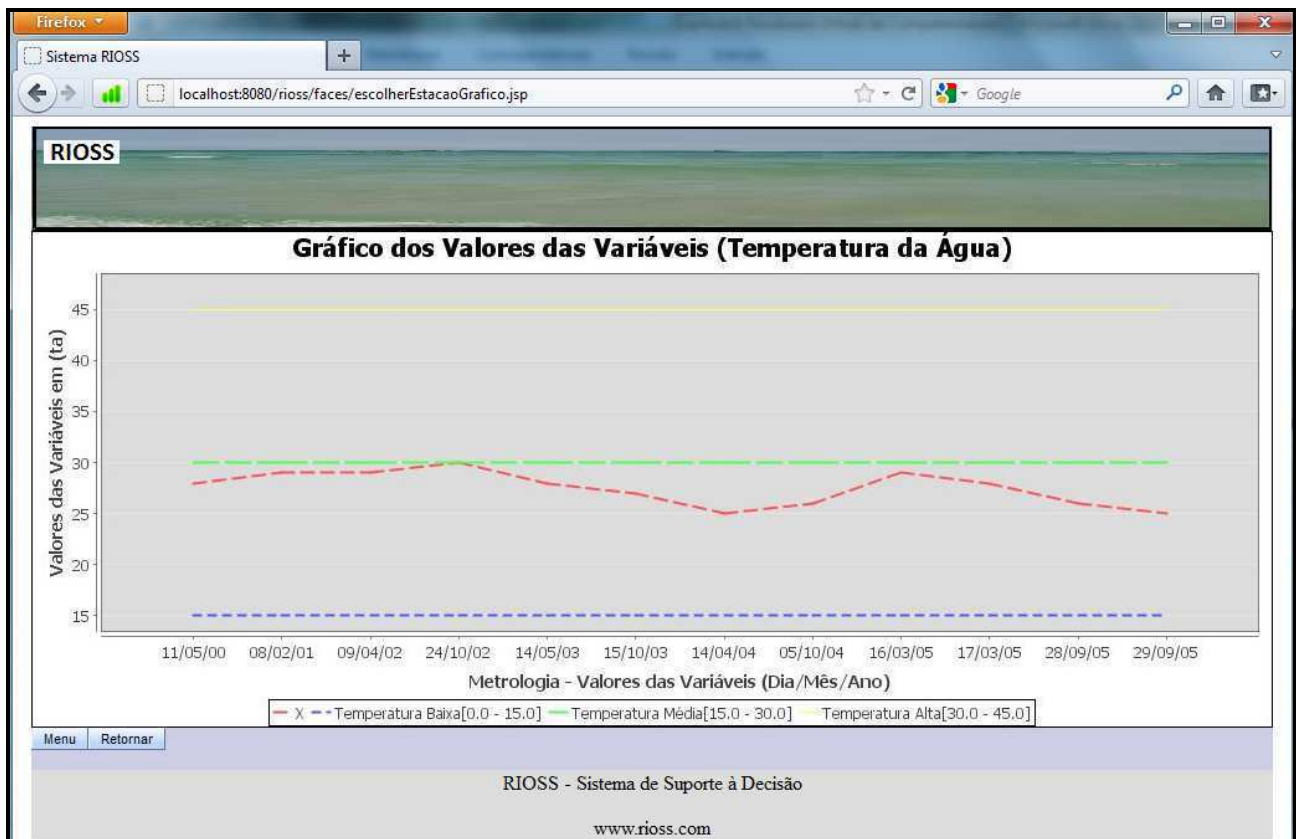


Figura 6.29. Gráfico da Temperatura da Água (Boqueirão)

#### 6.1.2.1. IQA (Índice de Qualidade de Água) do Açude de Boqueirão

De acordo com a Agência Nacional de Água (ANA), os recursos hídricos têm capacidade de diluir e assimilar as impurezas orgânicas e inorgânicas em corpos d'água, mediante processos físicos, químicos e biológicos, que proporcionam a sua autodepuração. Por outro lado, essa capacidade é limitada devido à quantidade e qualidade dos recursos hídricos existentes. Deste modo, existem substâncias que não se autodepuram e podem causar poluição cumulativa em corpos d'água, podendo causar sérios riscos a saúde humana, à fauna e à flora, quando essas águas não são devidamente tratadas.

O índice IQA é composto por nove parâmetros (Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Oxigênio Dissolvido, Potencial Hidrogeniônico - pH, Sólidos Totais, Temperatura da Água e Turbidez), que possuem pesos ( $w$ ), e foram fixados para a conformação global da qualidade da água.

O Sistema de Informações do RIOSS contém dois botões que são utilizados para calcular o IQA (Figura 6.30), um botão que apresenta em uma tela os valores calculados do IQA (Figura 6.30) a partir dos nove (9) parâmetros com os valores digitados e o outro botão é utilizado para gerar o gráfico desses parâmetros, conforme ilustrado na Figura 6.31, onde são utilizados os dados reais do Reservatório de Boqueirão.

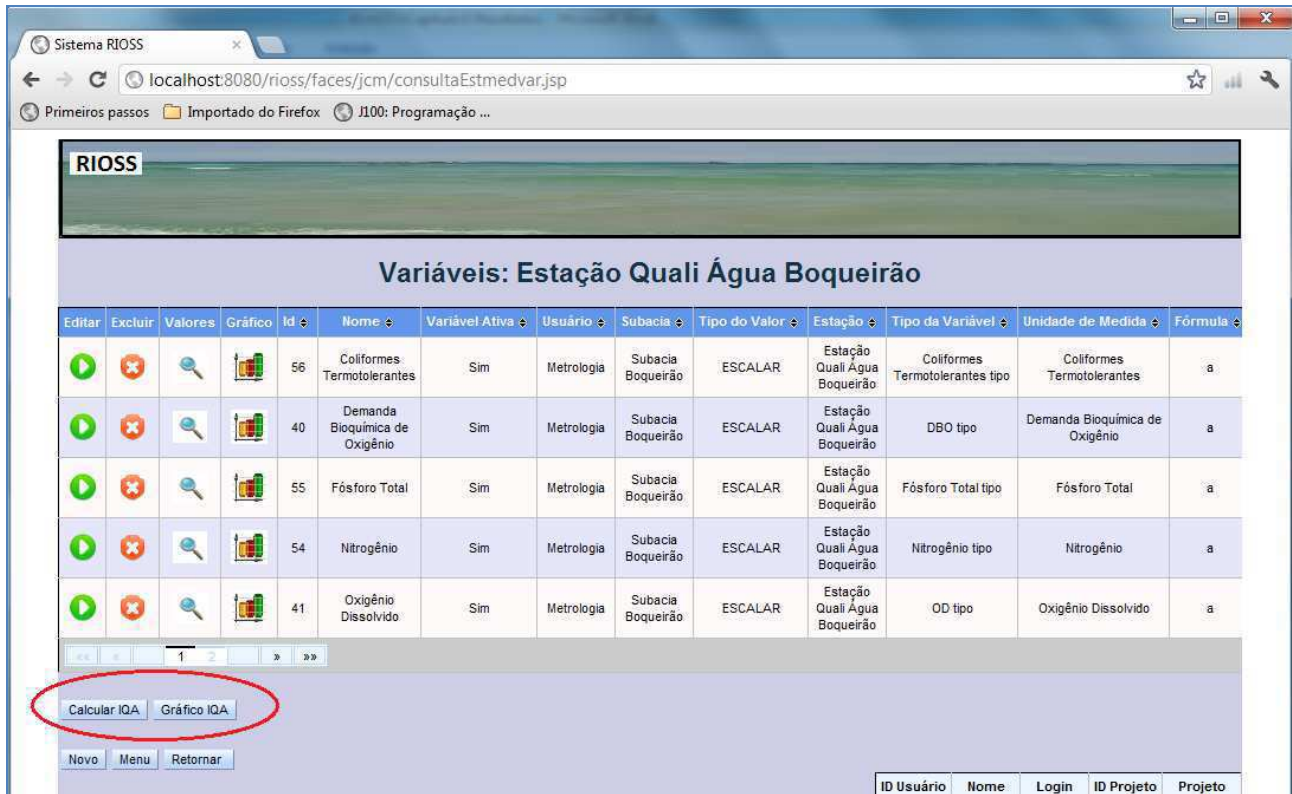


Figura 6.30. Botões para calcular o Índice da Qualidade de Água

Conforme o gráfico mostrado na Figura 6.31, pode-se observar que este índice no período analisado determina que a qualidade da água é considerada “BOA”.





Figura 6.31. Valores do Índice da Qualidade de Água (Boqueirão)

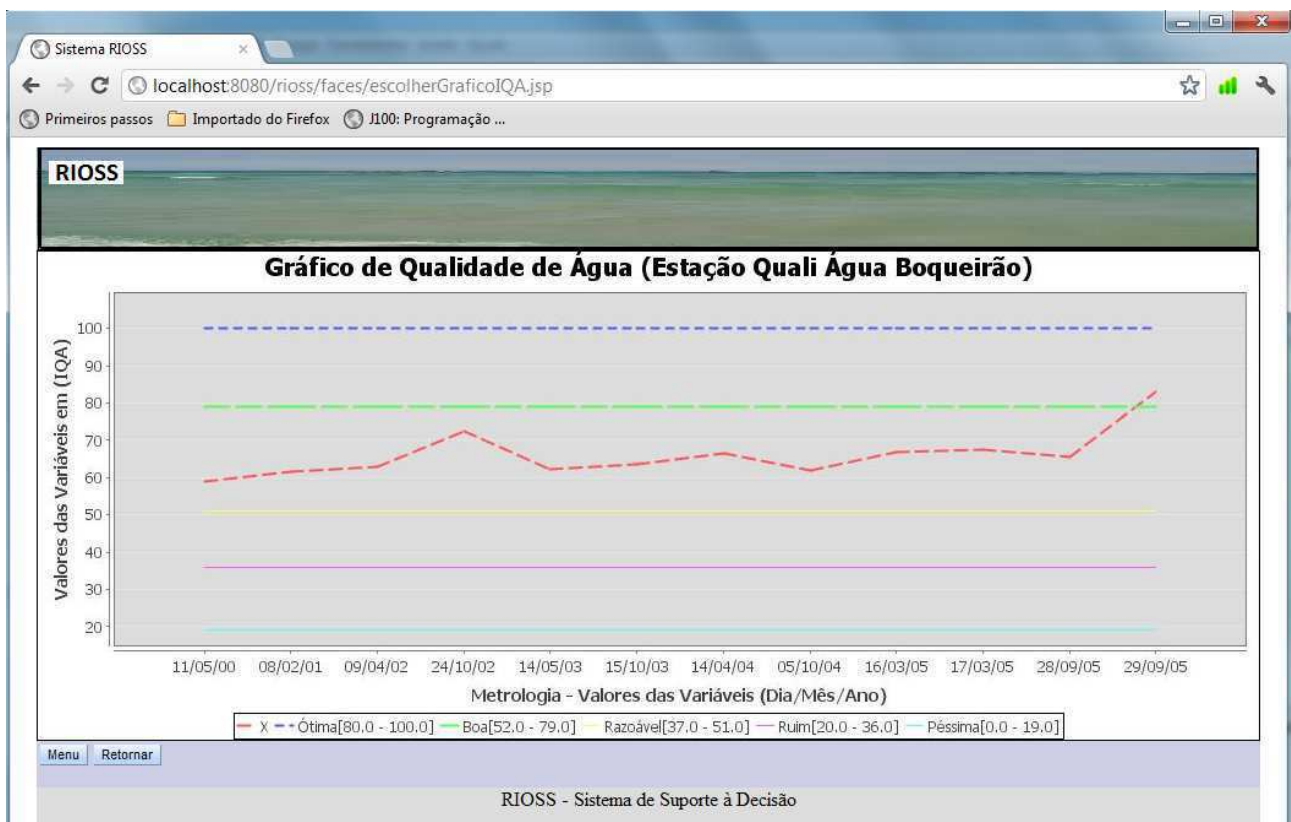


Figura 6.32. Gráfico do índice IQA (Índice da Qualidade de Água)

### 6.1.3. Qualidade de Água do Rio Paraíba

O Rio Paraíba aqui estudado em sua qualidade de água, é um rio que nasce e se desenvolve no estado da Paraíba, sendo um dos rios mais importantes do estado, e de grande relevância econômica. Está “localizado entre as latitudes 6°51’31” e 8°26’21” sul e as longitudes 34°48’35” e 37°2’15” a oeste de Greenwich. É um rio parcialmente intermitente no seu alto curso, embora a partir do seu médio curso seja perene.

Este rio nasce na Serra de Jabitacá (município de Monteiro - PB), divisa com o estado de Pernambuco, percorrendo toda a região centro-sul do estado e com área de drenagem de 20.071,83 km<sup>2</sup>, apresentando extensão de 380 km e segue o sentido sudoeste-leste, quando então deságua no oceano Atlântico, entre os municípios de Cabedelo, Lucena, Santa Rita, Bayeux e João Pessoa (AESAs, 2009).

A Tabela 6.4 contém os dados referentes aos parâmetros de qualidade de água do Rio Paraíba. Os dados e gráficos gerados pelo Sistema de Informações do RIOSS, podem ser observados nas Figuras 6.33, 6.34, 6.35, 6.36, 6.37, 6.38, 6.39 e 6.40, semelhantemente apresentado sobre o reservatório de Boqueirão.

Tabela 6.4. Dados de qualidade de água do Rio Paraíba (AESAs, 2009)

Monitoramento do Rio Paraíba - PB04 (Dados fora do padrão CONAMA)												
Data da coleta	21/01/2006	16/02/2006	30/03/2006	27/04/2006	25/05/2006	29/06/2006	27/07/2006	30/08/2006	26/09/2006	20/10/2006	23/11/2006	23/12/2006
Hora da coleta	07:41	09:10	09:10	09:00	10:10	09:30	09:40	08:30	08:35	08:55	09:00	08:30
Amostra	749	502	800	1017	1256	1496	1761	2042	2294	2465	2714	2979
Temp. da amostra (oC)	28	29	29	30	28	28	28	28	28	29	30	31
Cor (mg Pt/L)	9	9	19	15	16	11	11	8	9	11	12	9
Turbidez (UNT)	8	21	41	14	10	9	20	10	16	13	16	13
pH	8,13	8,21	8,07	7,67	7,92	7,82	8,06	8,15	8,11	8,06	8,04	8,15
Condutividade elétrica (uS/cm)	50400	55100	52300	48000	41700	44600	50600	52800	54000	52500	53900	54800
Salinidade (Ppt)	33,2	36,6	34,6	31,2	27,7	28,8	33,2	34,7	35,7	34,7	35,7	36,4
Sólido Dissolvido Total (mg/L)	41328	45182	42886	39360	34194	36572	41492	43296	44280	43050	44198	44936
Oxigênio Dissolvido (Mg/L O2)	6	5,2	4,2	4,4	5	5,5	5,5	6	4,1	4,9	5,5	5,7
DBO 5,20 (Mg/L O2)	0,2	0,4	0,4	0,8	0,2	3,6	0,1	3,6	0,1	0,1	0,6	0,4
DQO												
Col. Termotolerante (UFC/100 mL)	0	0	20	20	10	0	0	0	0	10	0	0

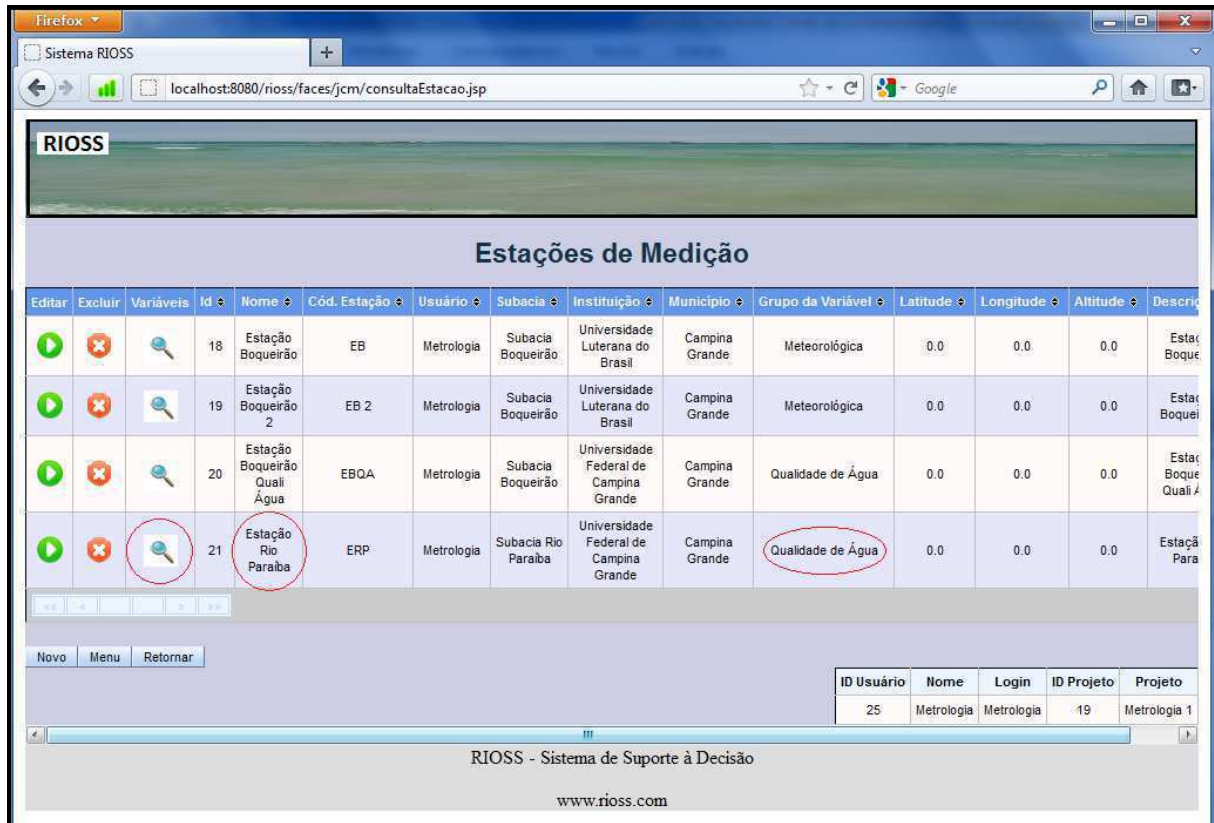


Figura 6.33. Estação de medição cadastrada sobre o Rio Paraíba.



Figura 6.34. Variáveis cadastradas da Estação de medição do Rio Paraíba.

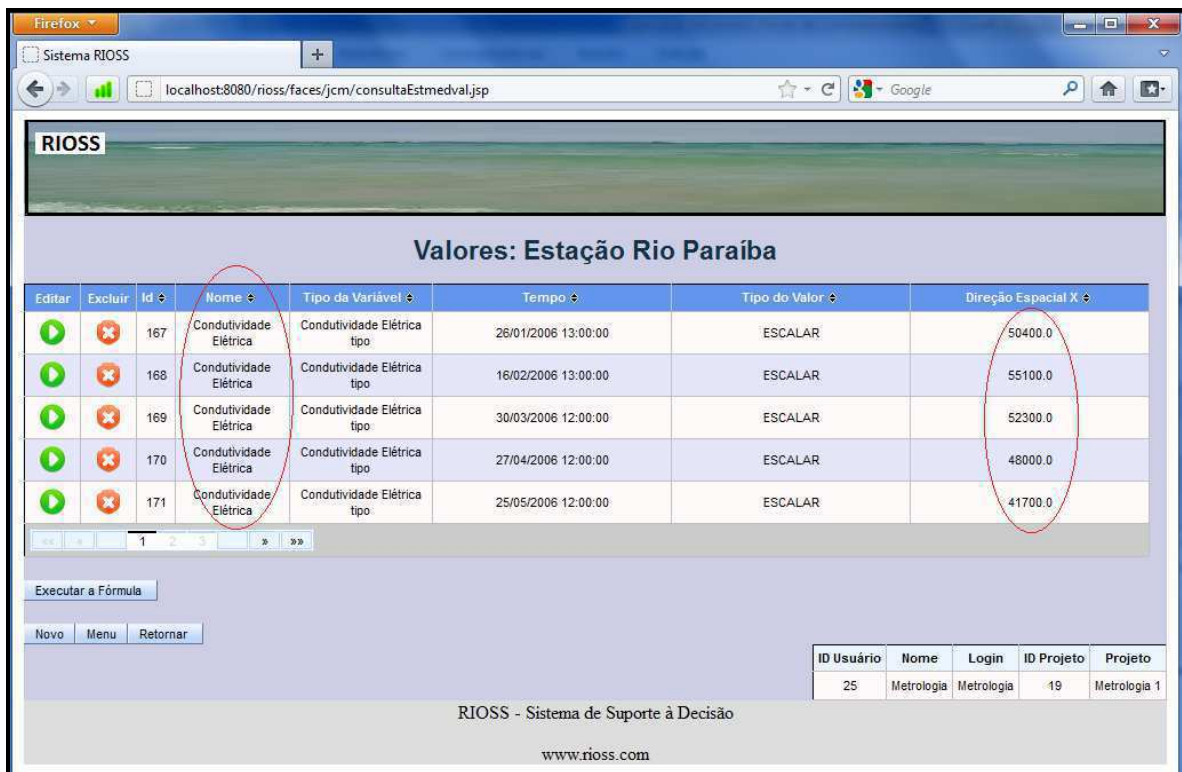


Figura 6.35. Variáveis cadastradas da Estação de medição do Rio Paraíba.

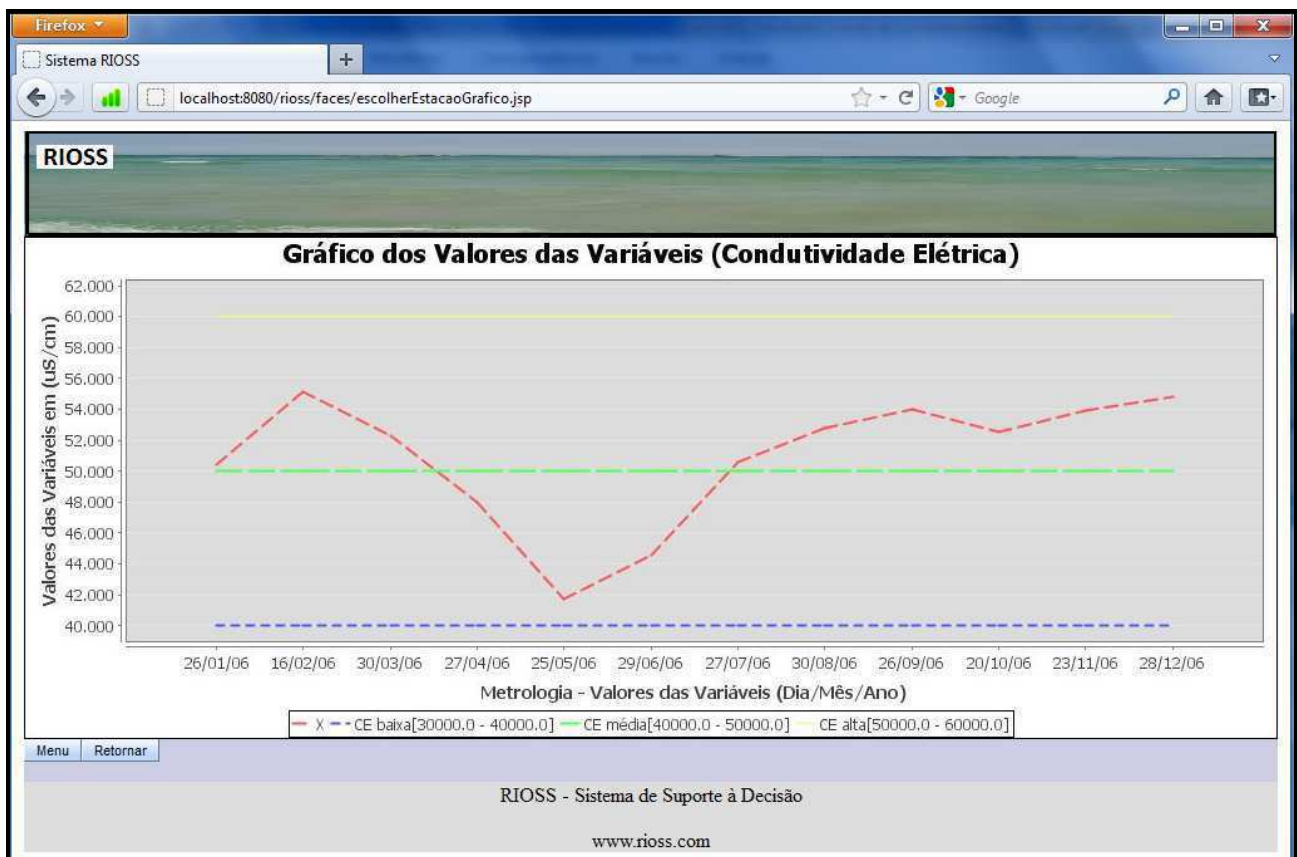


Figura 6.36. Gráfico da variável “Condutividade elétrica”.

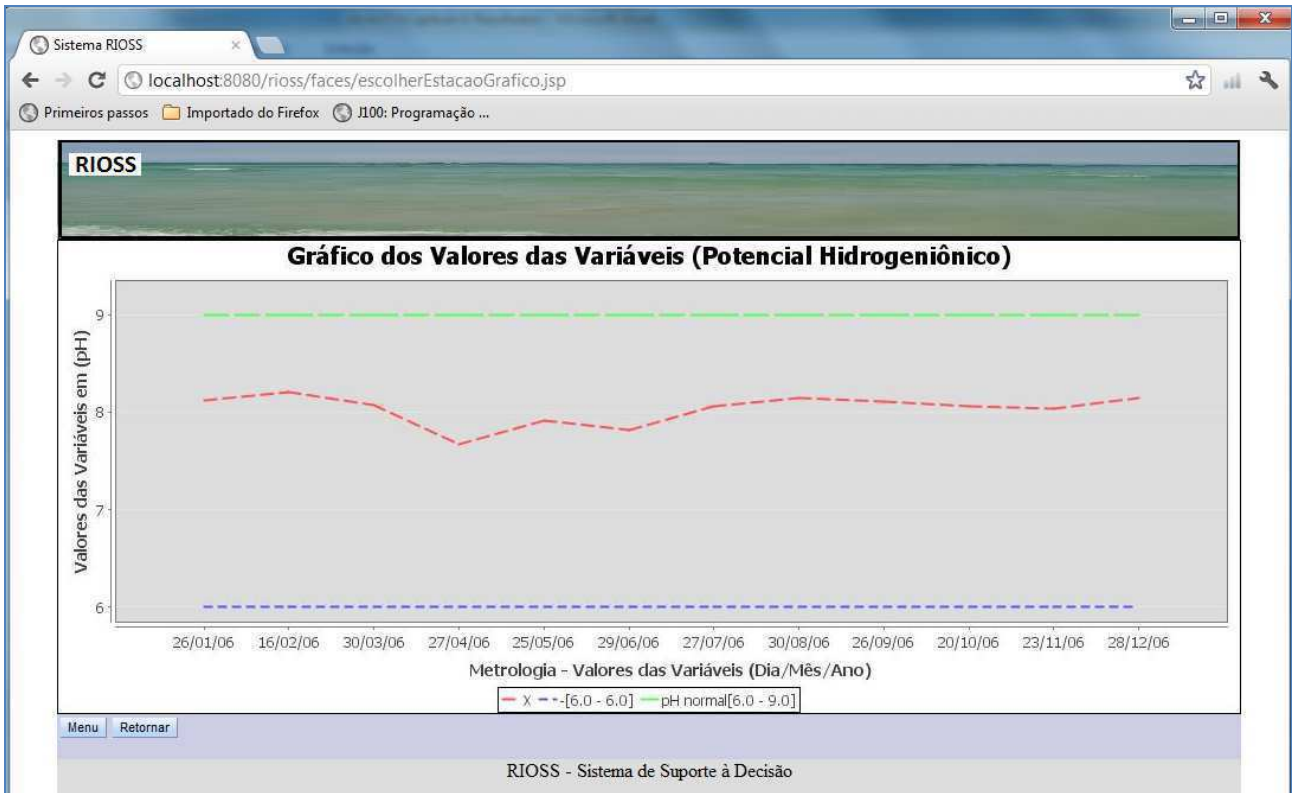


Figura 6.37. Gráfico da variável “Potencial Hidrogeniônico”.

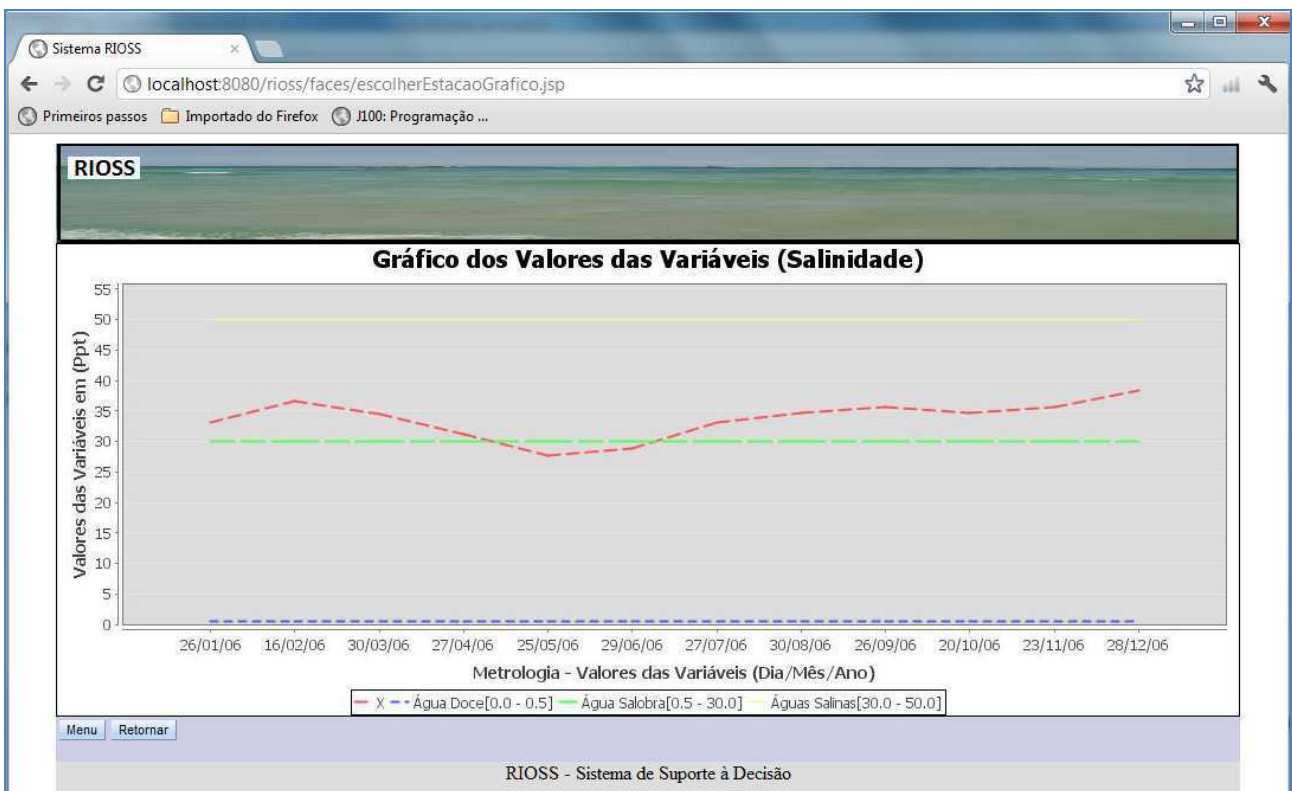


Figura 6.38. Gráfico da variável “Salinidade”.

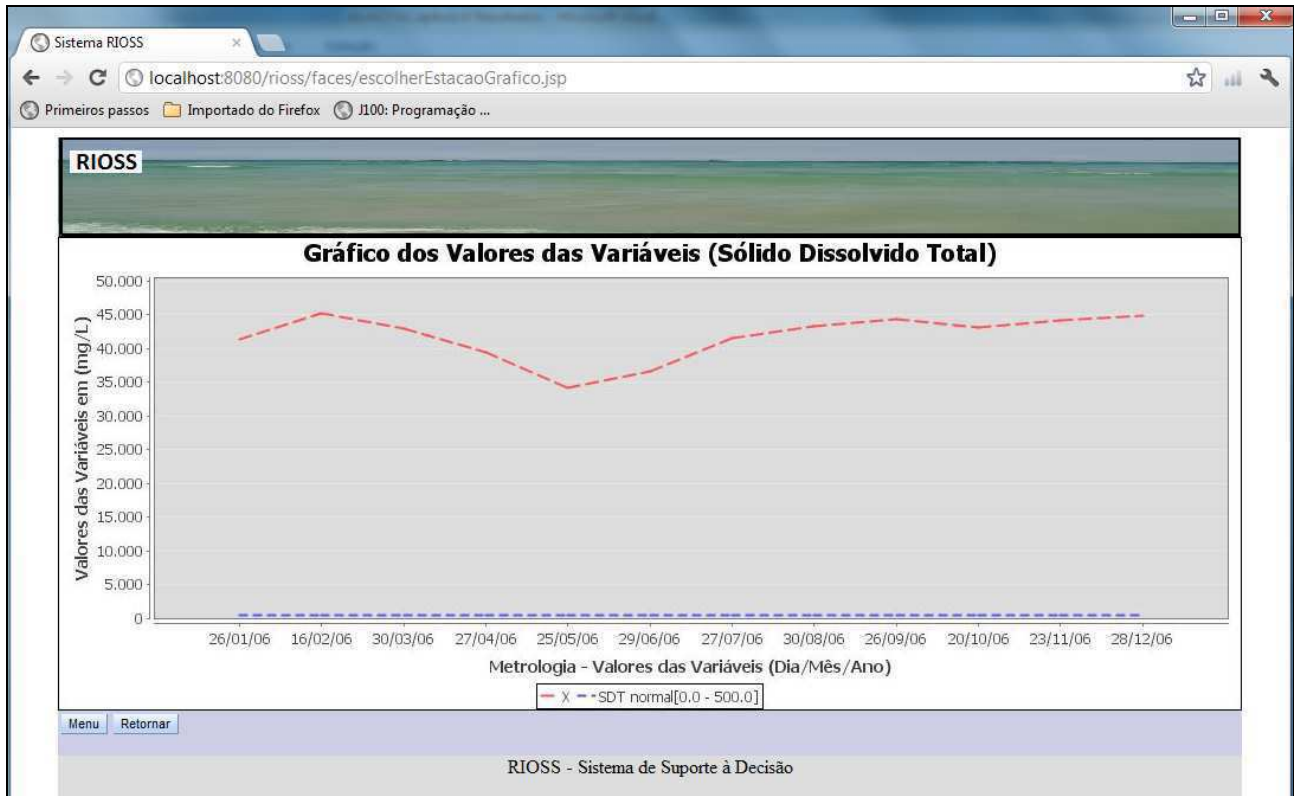


Figura 6.39. Gráfico da variável “Sólido Dissolvido Total”.

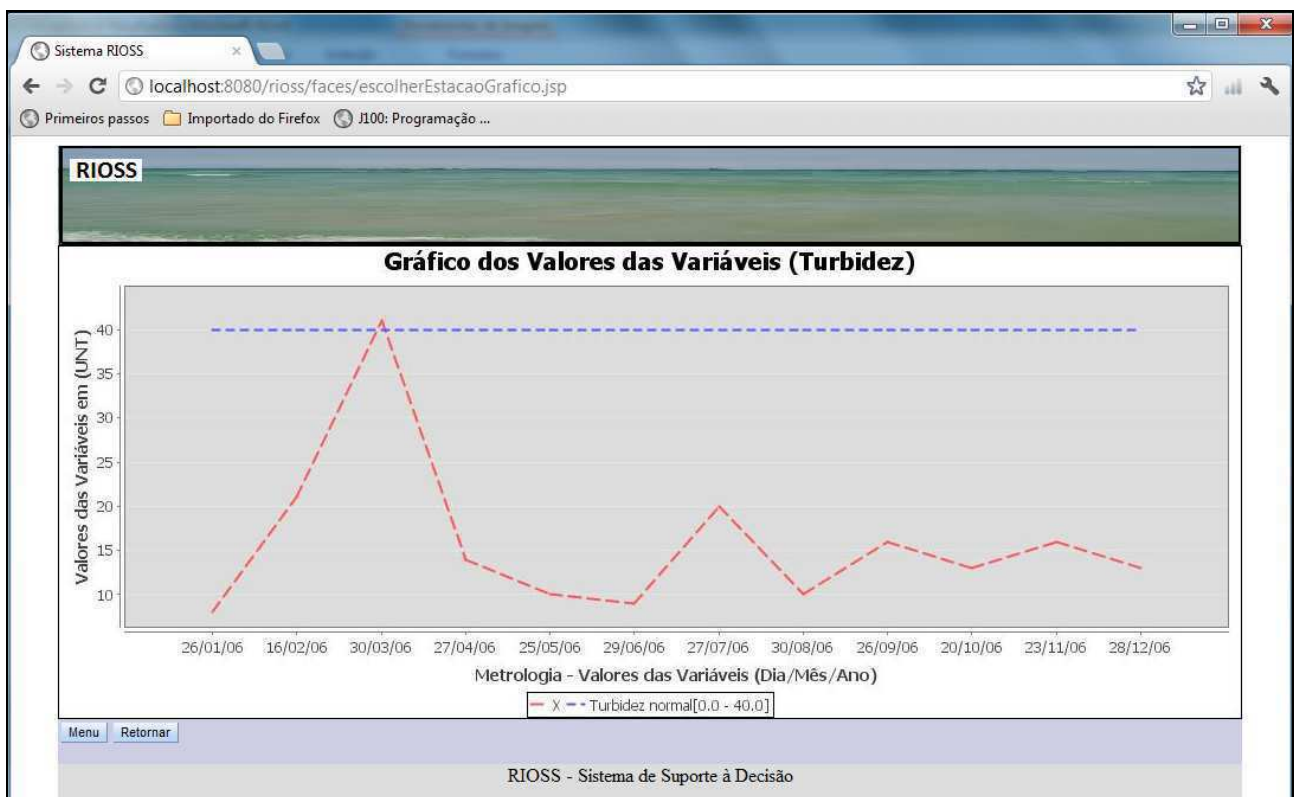


Figura 6.40. Gráfico da variável “Turbidez”.

#### 6.1.4. Curva de Permanência

A curva de permanência, conforme referida no Capítulo 2 corresponde ao complemento da função de distribuição de vazões diárias, mensais, anuais, ou mesmo de qualquer outro intervalo de tempo, demonstra, a relação entre a magnitude e frequência com que vazões são igualadas ou superadas em um dado período de tempo. Esta curva exibe a visão gráfica do comportamento hidrológico de uma bacia, quanto à sua variabilidade das vazões ao longo do tempo (Pinto, 2006). Este tipo de gráfico é mais utilizado para relacionar a vazão com a sua probabilidade de ocorrência ao longo do tempo, sendo desprezada a correlação entre essas vazões. Geralmente esta curva é definida com base em vazões diárias para o período da série histórica que representa o hidroperíodo de um sistema hídrico. Teoricamente, este gráfico pode ser utilizado para qualquer tipo de problema de recursos hídricos que poderá ser definido nas tabelas que lidam com metrologia.

A curva de permanência ou duração é construída com base nos registros das vazões em uma estação fluviométrica. A curva pode ser calculada com vistas aos valores de vazões diárias (vazões médias diárias), situação em que se utiliza a da série total, ou vazões médias mensais, ou ainda vazões médias anuais. Isto é provável que uma curva de permanência com vazões médias anuais difira significativamente daquela construída com vazões médias mensais, ou diárias. Como, em geral, as vazões médias de um rio variam de mês a mês, mas mantém um valor médio anual aproximadamente constante, a curva de permanência para vazões médias mensais terá uma forma aproximada, enquanto que a curva de permanência das vazões médias anuais será uma linha quase horizontal.

Nas imagens seguintes Figuras 6.41 (Coliformes Fecais) a Figura 6.42 (DBO), consiste dos valores respectivos a: Figuras 6.43 (Oxigênio Dissolvido), Figura 6.43 (pH).

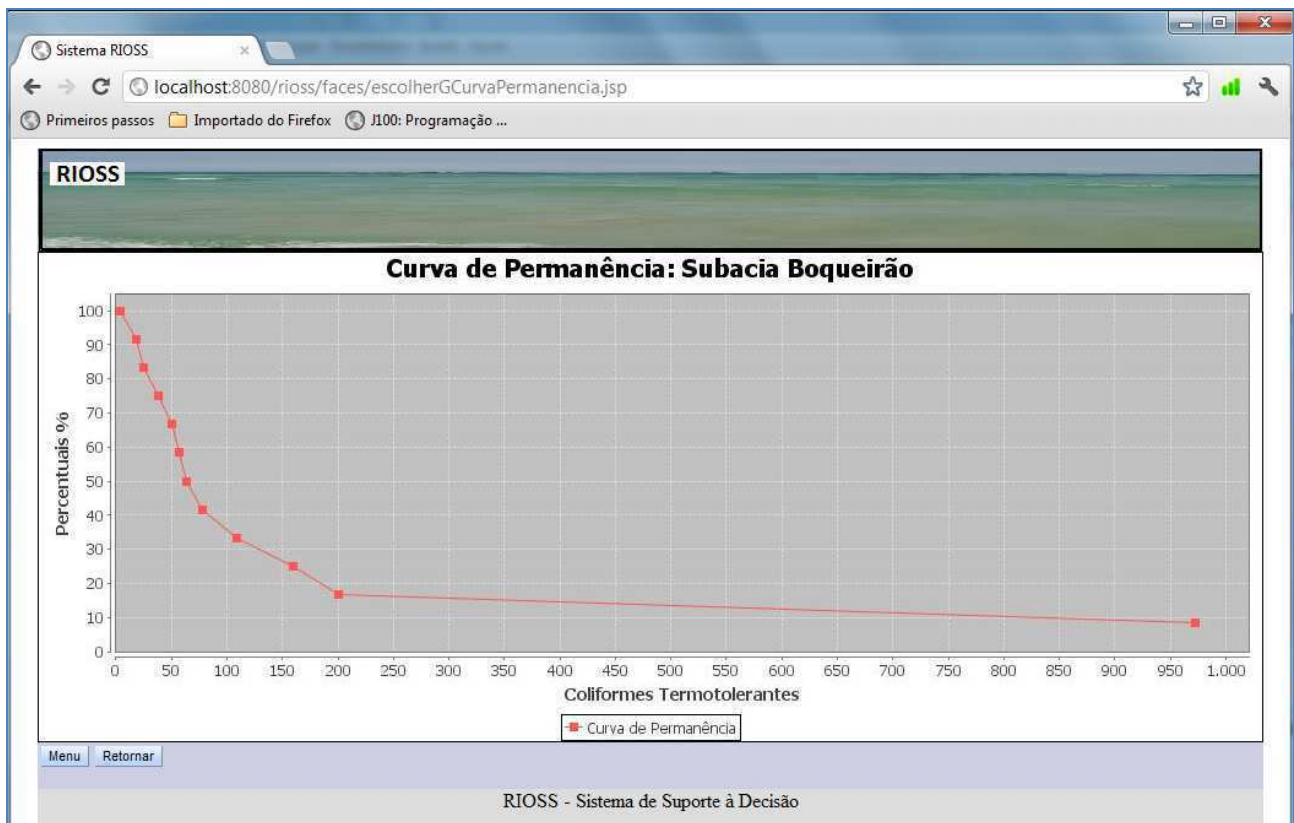


Figura 6.41. Gráfico da Curva de Permanência de Coliformes Fecais do Açude de Boqueirão

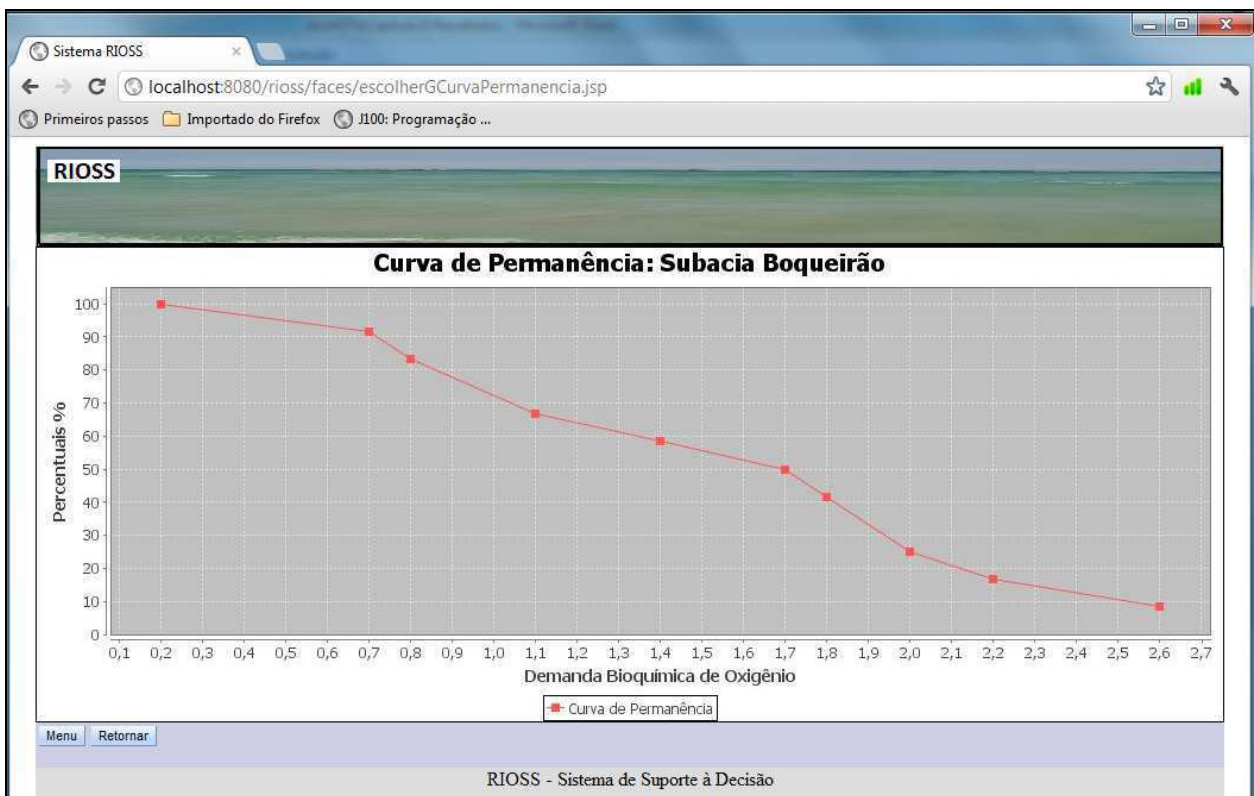


Figura 6.42. Gráfico da Curva de Permanência do Parâmetro DBO do Açude de Boqueirão



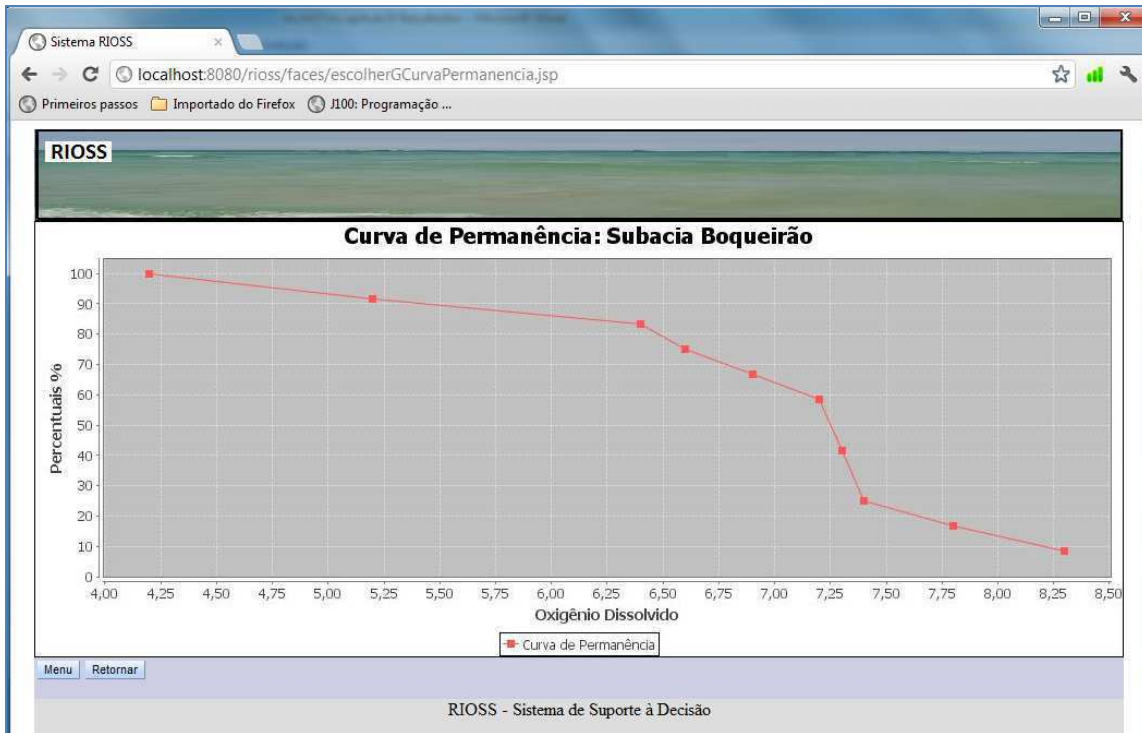


Figura 6.43. Gráfico da Curva de Permanência do Parâmetro OD do Açude de Boqueirão

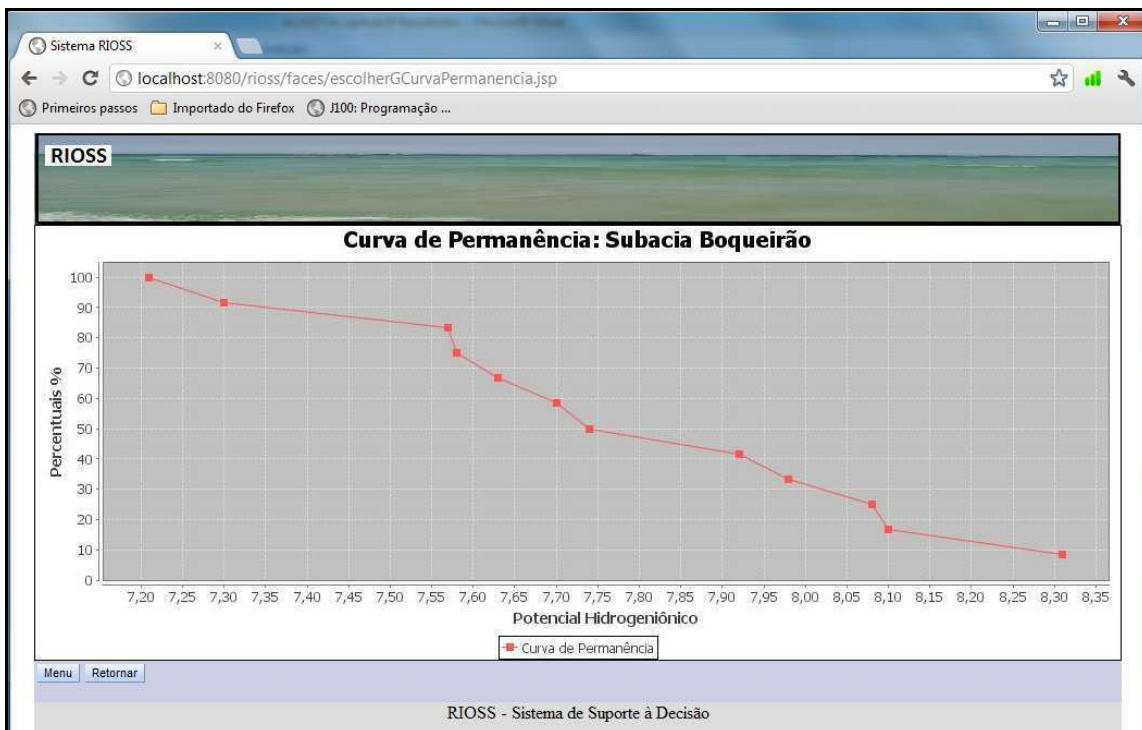


Figura 6.44. Gráfico da Curva de Permanência do Parâmetro pH do Açude de Boqueirão

### 6.1.5. Índices e Indicadores

Conforme dito no Capítulo 3, no Sistema de Informações do RIOSS foram implementados uma série de índices e indicadores que podem ajudar os gestores de recursos hídricos no processo da tomada de decisão. A maioria dos dados necessários para os cálculos desses índices e indicadores foram coletados da Bacia do Reservatório de Boqueirão. Esses dados foram colhidos da AESA, e no Sistema de Informações do RIOSS existe um botão (Figura 6.45) que é utilizado para efetuar esses cálculos, chamado: “Calcular Indicadores”.



Figura 6.45. Calcular indicadores.

Após a digitação dos dados necessários para a efetivação desses cálculos que são concernentes a: variabilidade dos afluxos, variabilidade volumétrica do reservatório, vazão afluente total, precipitação, evaporação, vertimento, eficiência do uso da água, capacidade de acumulação, entre outros.

Para o Açude de Boqueirão, após a digitação dos dados e em seguida a execução através do botão “Calcular Indicadores”, o Sistema de Informações do RIOSS exibe os dados calculados, de acordo com a Figura 6.46.



Figura 6.46. Índices e Indicadores da Bacia do Reservatório de Boqueirão.

## 6.2. Bacia Hidrográfica

Uma bacia hidrográfica consiste de uma área de captação natural das precipitações, que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída denominado exutório, como pode ser observado na Figura 6.47. As Bacias hidrográficas são compostas por sub-bacias e cada sub-bacia é uma bacia hidrográfica que pode ser subdividida em sub-bacias, e assim sucessivamente. As bacias são caracterizadas pelas propriedades fisiográficas, climáticas, tipo de solo, geologia, geomorfologia, tipo de ocupação, regime pluviométrico e fluviométrico, disponibilidade hídrica, cobertura vegetal, entre outras.

Dentre essas propriedades citadas, as principais características de uma bacia hidrográfica podem ser assim descritas: área de drenagem (área plana “projeção horizontal” inclusa entre os seus divisores topográficos); forma (formato da bacia que geralmente tem a forma de uma pêra ou um leque, conforme pode ser visto na Figura 6.47); cobertura vegetal e uso do solo (exerce influencia sobre a velocidade e o escoamento superficial); curva hipsométrica (representação gráfica do relevo

médio da bacia); relevo (influencia os fatores meteorológicos e hidrológicos de uma bacia); declividade (esta é determinada a partir do perfil longitudinal, que é estabelecida em função das distâncias horizontais percorridas por cada cota marcada no mapa topográfico); entre outras.



Figura 6.47. Representação de uma bacia hidrográfica (Fonte: Unicamp, 2011).

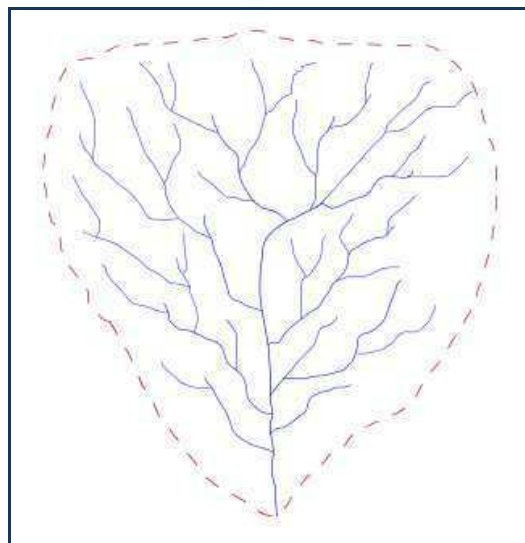


Figura 6.48 Representação da forma de uma bacia hidrográfica

No Sistema de Informações do RIOSS, observado e preconizado pela Lei 9433/97, a bacia hidrográfica é entendida como unidade de planejamento e gerenciamento dos Recursos Hídricos, conforme pode ser observado na Figura 6.49, que permite acessar outras tabelas como: Subacias, Rios, além da geração de outras tabelas e gráficos, como pode ser visto na seqüência deste capítulo. Neste sistema, foram implementadas uma série de tabelas de dados, como podem ser observados nas Figuras 6.50, dados das bacias cadastradas, além dos botões com a imagem em azul que acessa as subacias e rios respectivamente, e Figura 6.51 que contém os dados das Subacias cadastradas

para o projeto selecionado (id, projeto, bacia, nome da subacia, ordem, área de drenagem, perímetro, comprimento do talvegue, comprimento total do curso d'água e comprimento do rio principal).

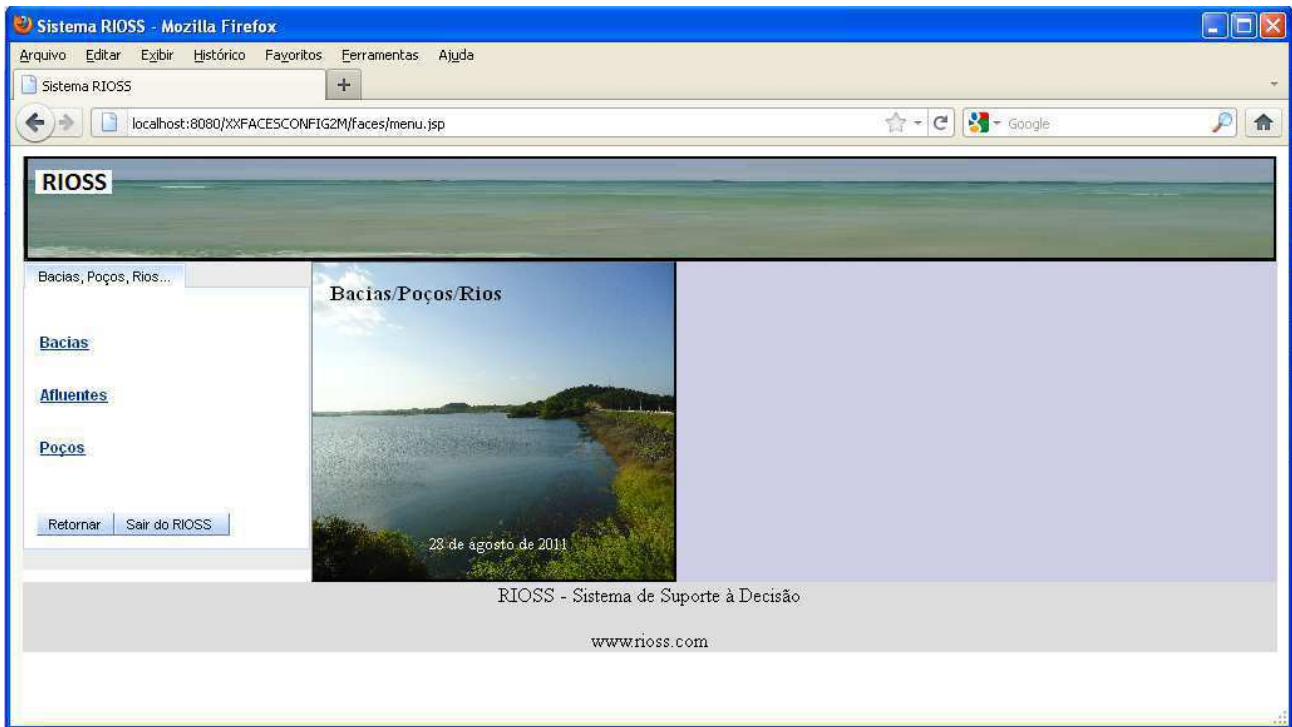


Figura 6.49 Tela que permite acessar uma série de tabelas.

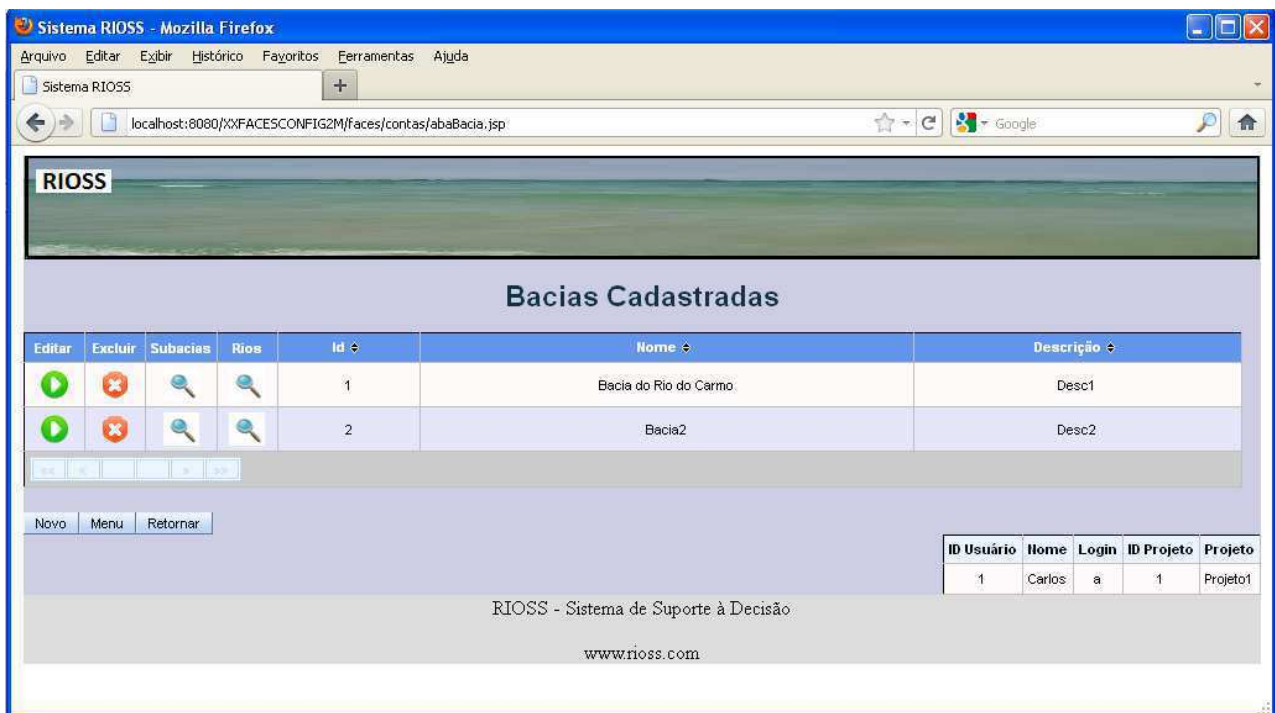


Figura 6.50 Tabela que contém os dados das Bacias cadastradas.

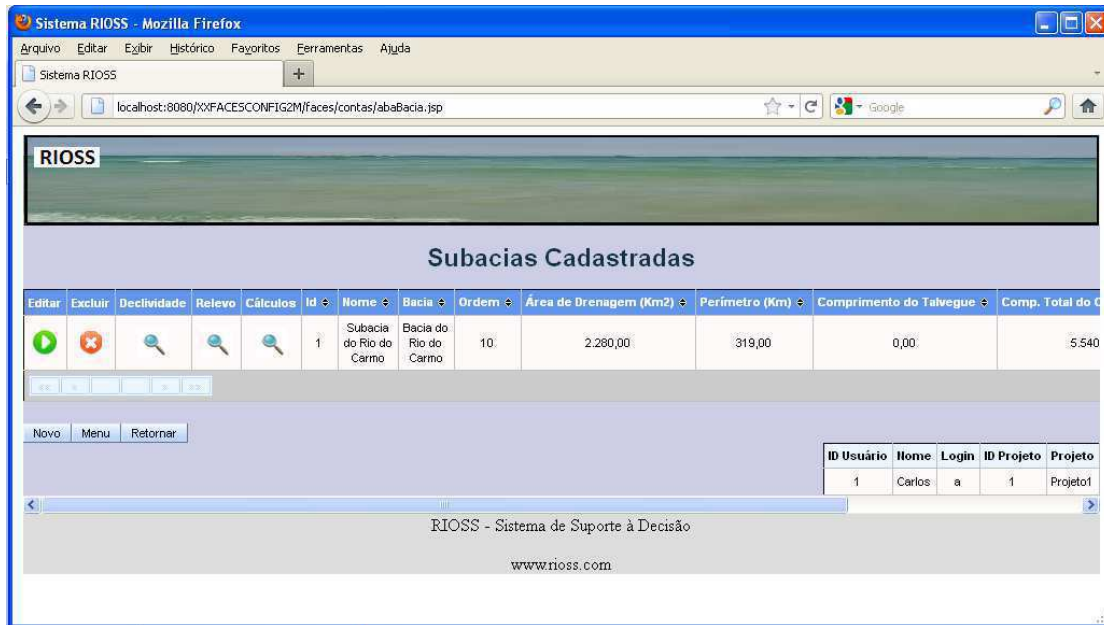


Figura 6.51 Tabela que contém os dados das Subacias cadastradas.

As informações da subacia do Rio do Carmo podem ser observadas na Figura 6.52, que contém os dados das declividades desta subacia, podem ser acessadas outras tabelas, ao selecionar o item declividade, podem-se digitar os dados referentes à declividade da subacia e após a digitação desses dados, existem as opções de gerar a tabela de frequência (Figura 6.53), ou a geração do gráfico de frequência acumulada (Figura 6.54),

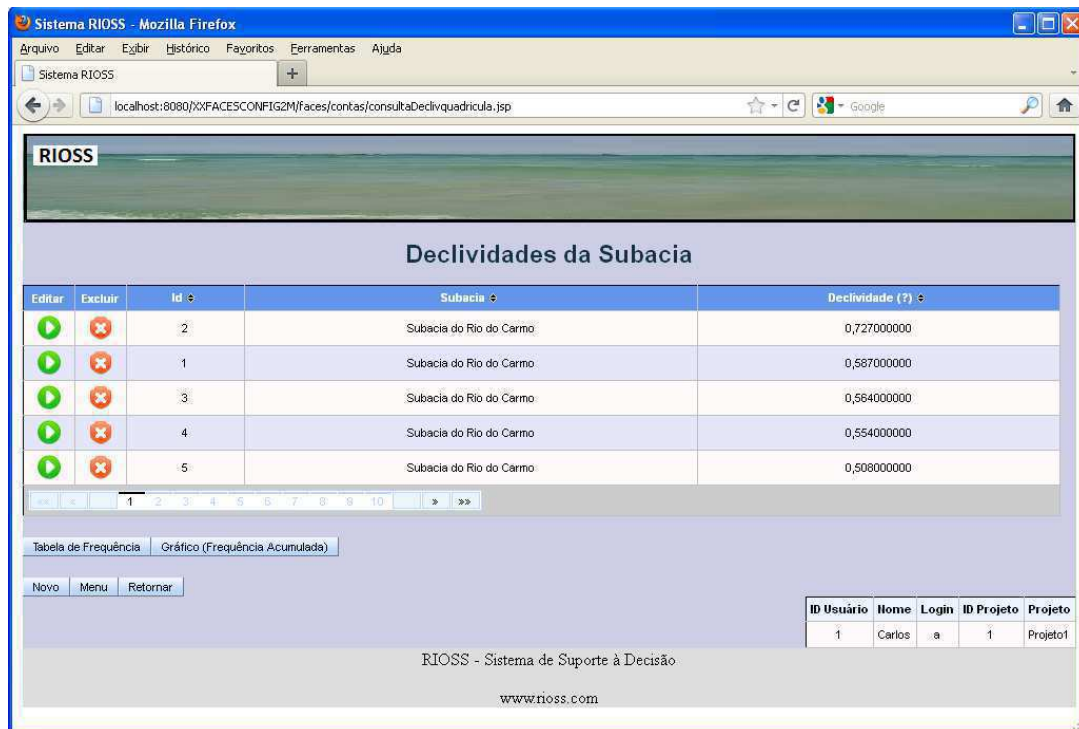


Figura 6.52 Declividades da subacia do Rio do Carmo.

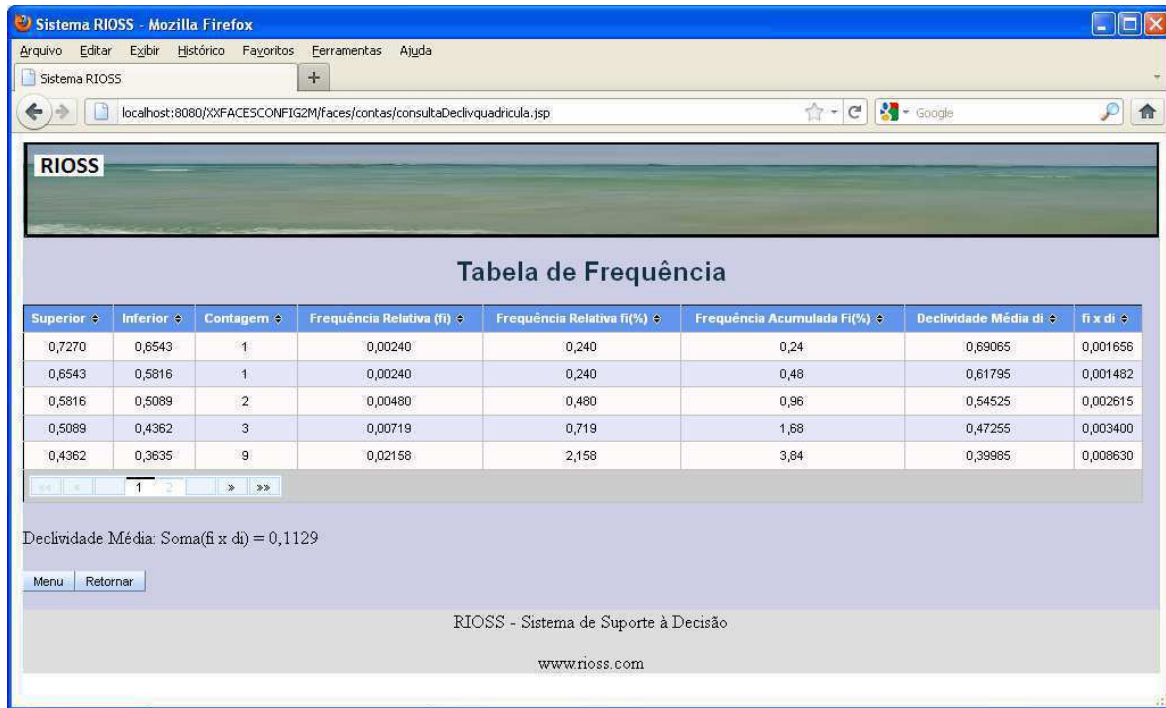


Figura 6.53 Tabela de frequências.

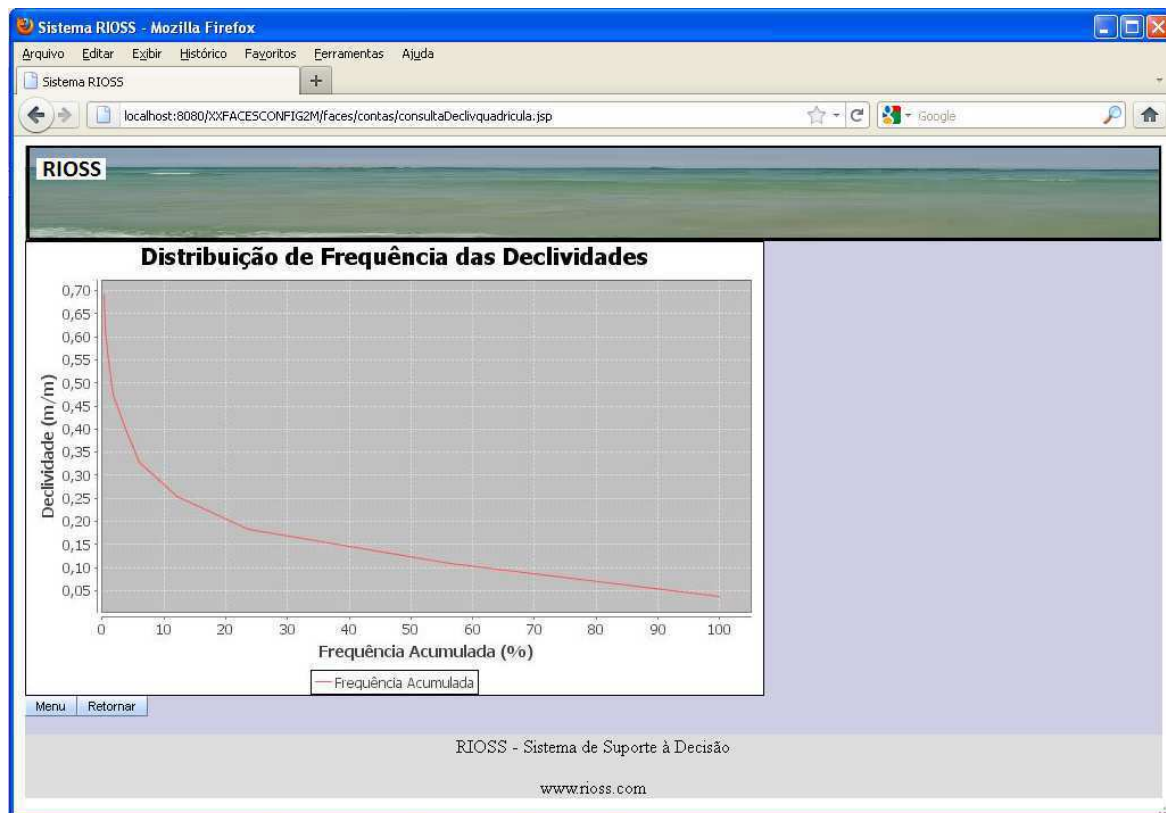


Figura 6.54 Gráfico da distribuição de frequências das declividades (Rio do Carmo).

O relevo terrestre é definido como as formas da superfície do planeta e podem sofrer interferência dos agentes internos e externos, ou seja, o relevo é o conjunto das formas da crosta terrestre, que se manifestam desde o fundo dos oceanos até as terras emersas, o qual resulta da ação de forças endógenas, ou exógenas.

De acordo com a Figura 6.55, podem-se observar as áreas compreendidas entre as curvas de nível consecutivas da bacia do Rio Capivari (afluente do Rio Araçuaí no Vale do Rio Jequitinhonha do estado de Minas Gerais) pode ser visto também os dados como: cota superior, cota inferior e área da cota com a finalidade de calcular os elementos para a representação do relevo da subárea selecionada (Subárea do Rio Capivari), conforme Figura 6.56.

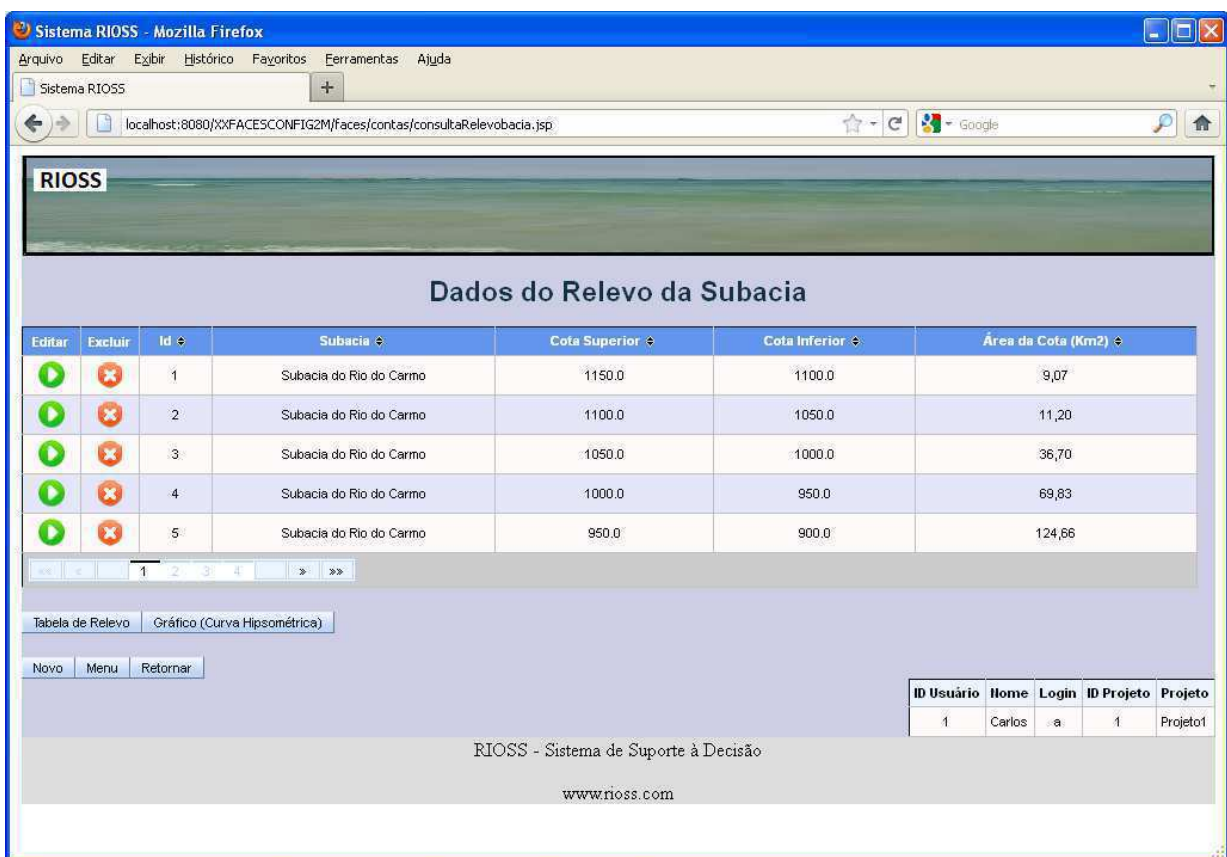


Figura 6.55 Dados do relevo da subárea do Rio Capivari.



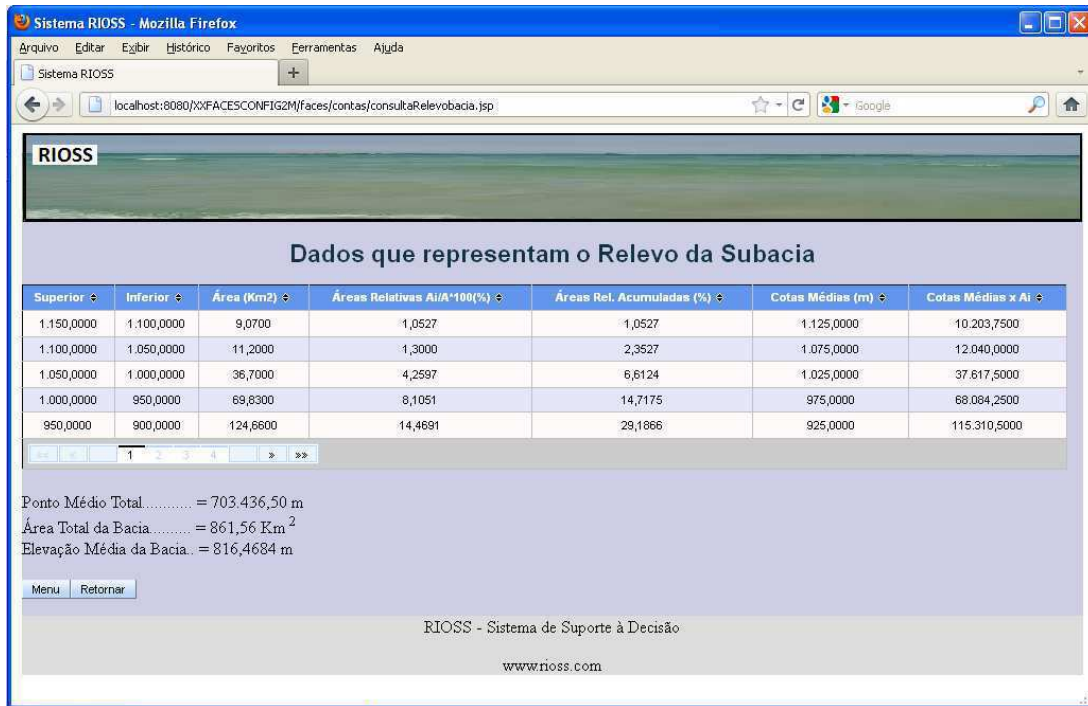


Figura 6.56 Dados calculados do relevo da subacia.(Rio Capivari)

A curva hipsométrica é uma forma de representar graficamente o relevo médio de uma bacia hidrográfica, ou seja, esta fornece a variação de elevação dos terrenos da bacia em relação ao nível do mar. A Figura 6.57, mostra o gráfico gerado pelo Sistema de Informações do RIOSS correspondente a curva hipsométrica que representa o relevo da bacia do Rio Capivari.

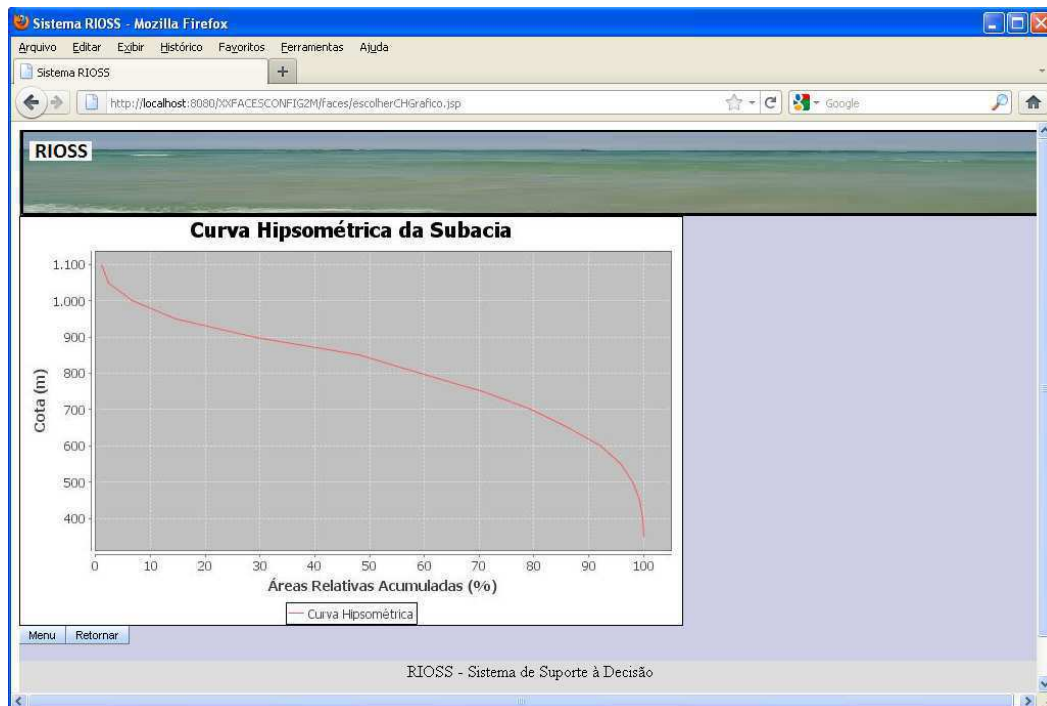


Figura 6.57 Curva Hipsométrica (Rio Capivari)

A Figura 6.58 exibe alguns cálculos gerados pelo Sistema de Informações do RIOSS, após calcular o coeficiente de compacidade, o fator de forma da bacia do Rio do Carmo, o escoamento superficial e a densidade de drenagem. A sinuosidade não foi calculada, devido à falta do dado correspondente ao comprimento do talvegue da bacia do Rio do Carmo.

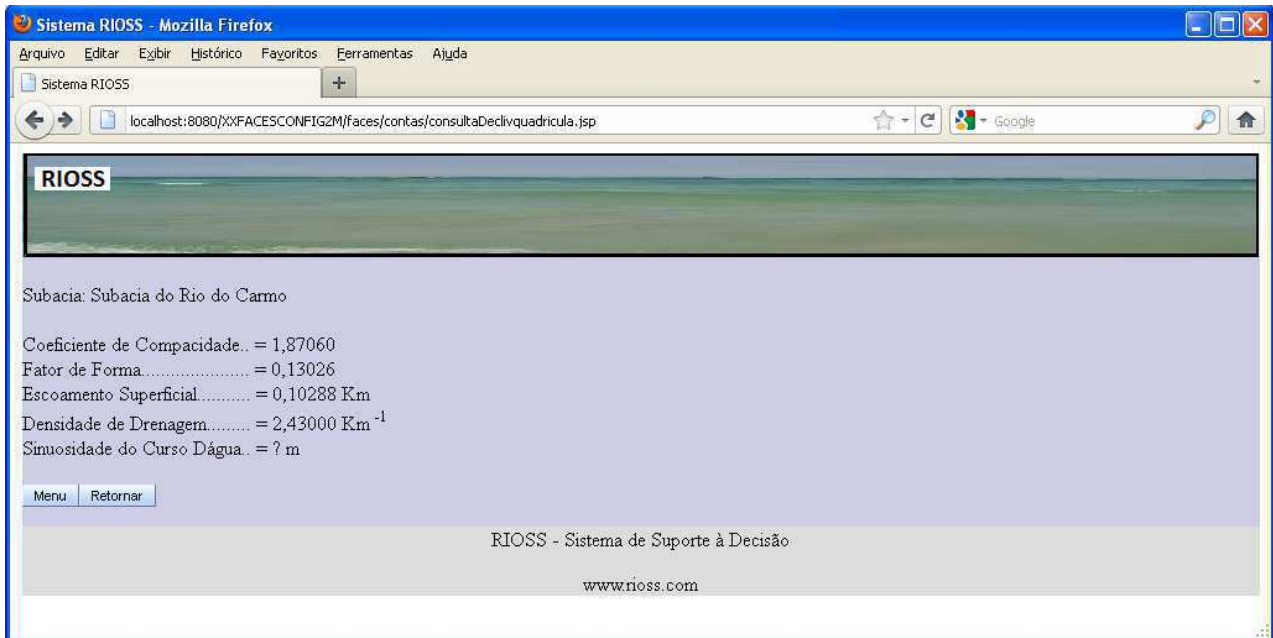


Figura 6.58 Características físicas da subacia. (Rio do Carmo)

A declividade do leito ou como pode ser chamado “álveo” do curso d’água do rio principal de uma bacia hidrográfica que corresponde a uma medida que representa seu relevo, conforme pode ser calculada no Sistema de Informações do RIOSS através da opção “declividade” (Figura 6.59), ou seja, esse cálculo determina a velocidade de escoamento. Existem várias formas para se obter essa medida, uma pode ser denominada de declividade entre extremos ( $S_1$ ), declividade obtida por compensação de áreas ( $S_2$ ), ou declividade obtida a partir da consideração do tempo de percurso ( $S_3$ ).

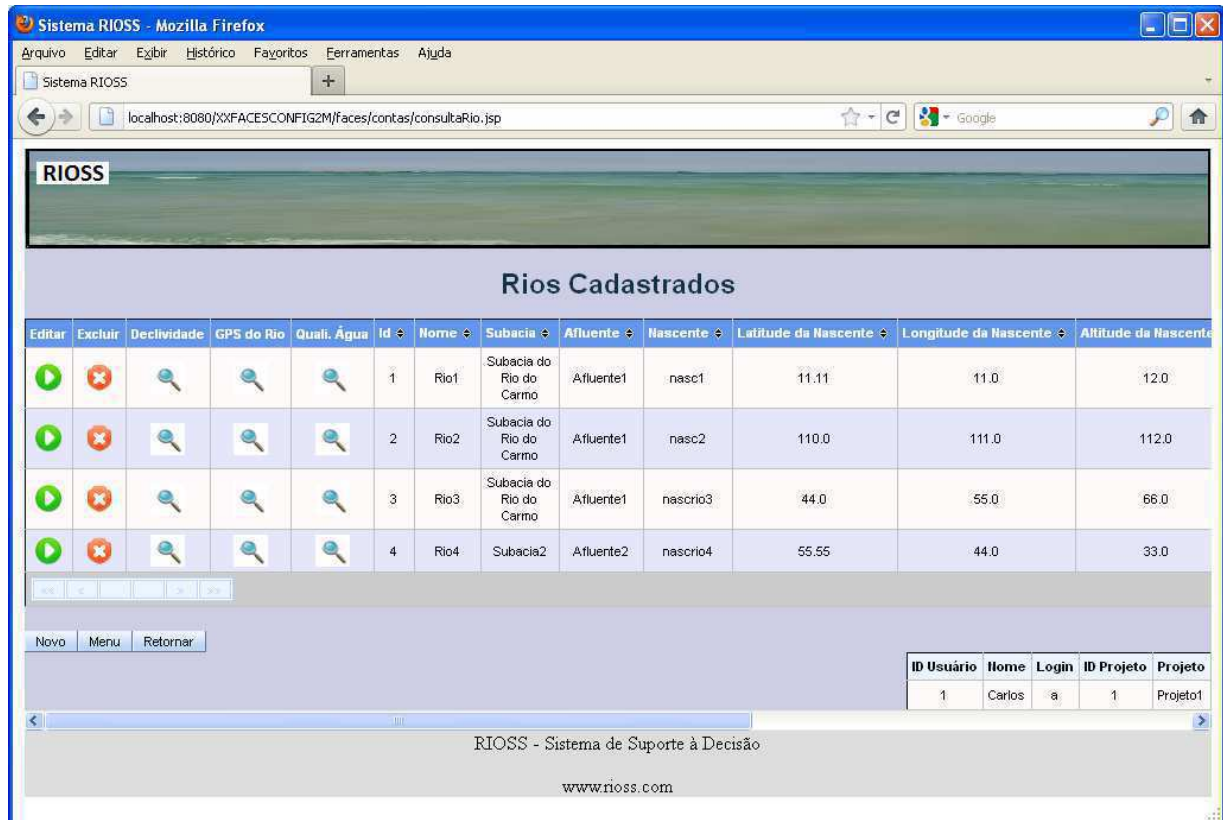


Figura 6.59 Dados referentes aos rios cadastrados.

A Figura 6.60 exibe os dados digitados pelo usuário para possivelmente poder gerar a tabela que representa o perfil longitudinal do curso d'água, conforme mostrado na Figura 6.61, ou o gráfico do perfil longitudinal do rio, de acordo com a Figura 6.62, que exibe também os valores das declividades  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ . A bacia aqui estudada chama-se “Ribeirão Lobo – SP”, conforme dados obtidos de Villela e Mattos (1975).

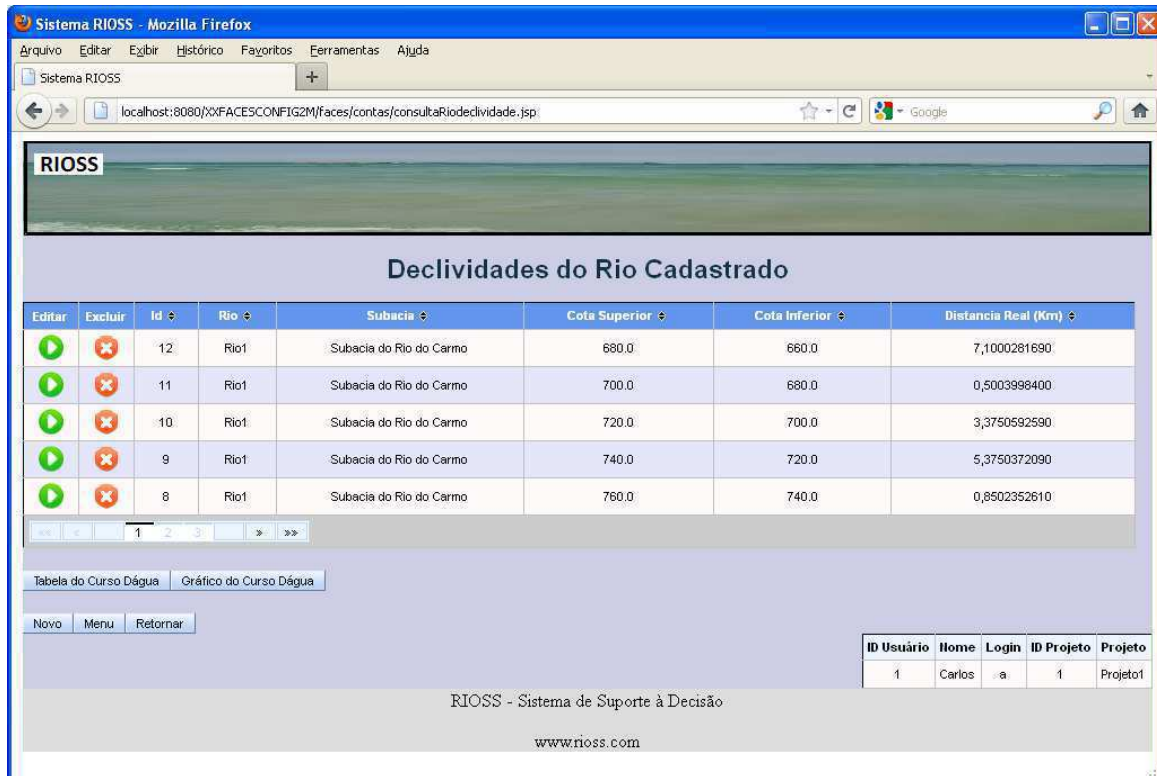


Figura 6.60 Declividades do rio cadastrado. (Ribeirão Lobo)

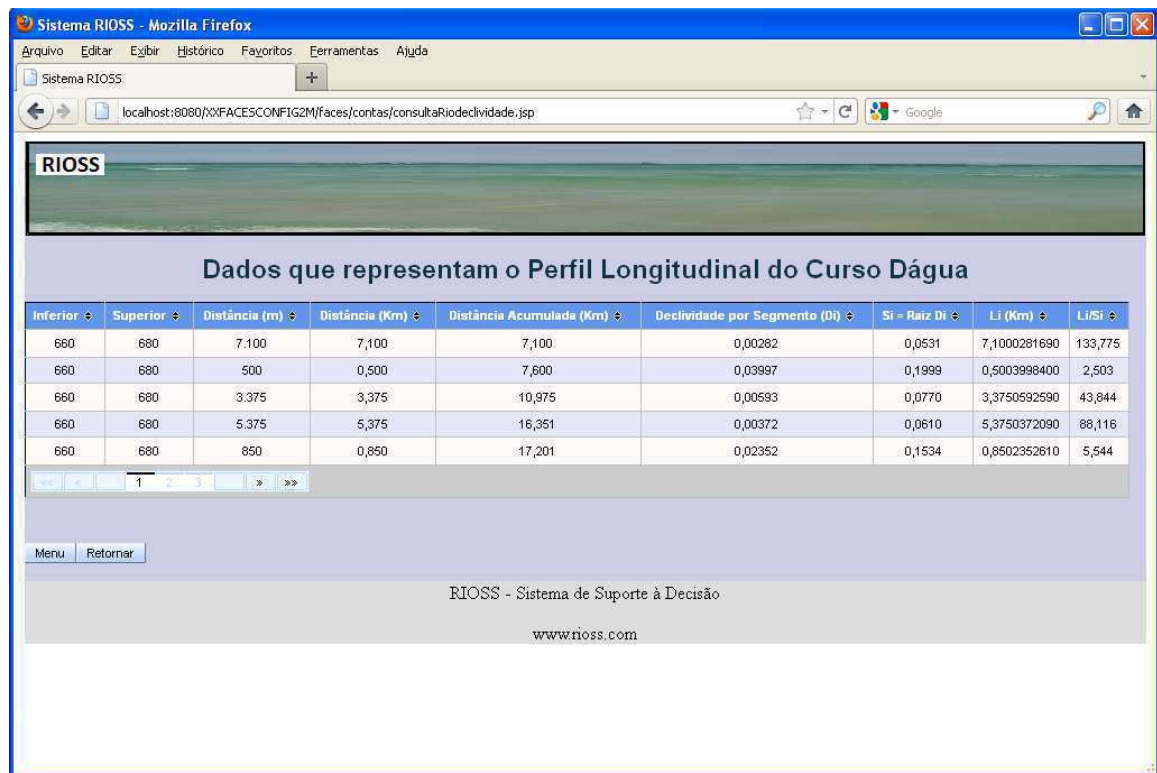


Figura 6.61 Dados do perfil longitudinal do curso d'água.

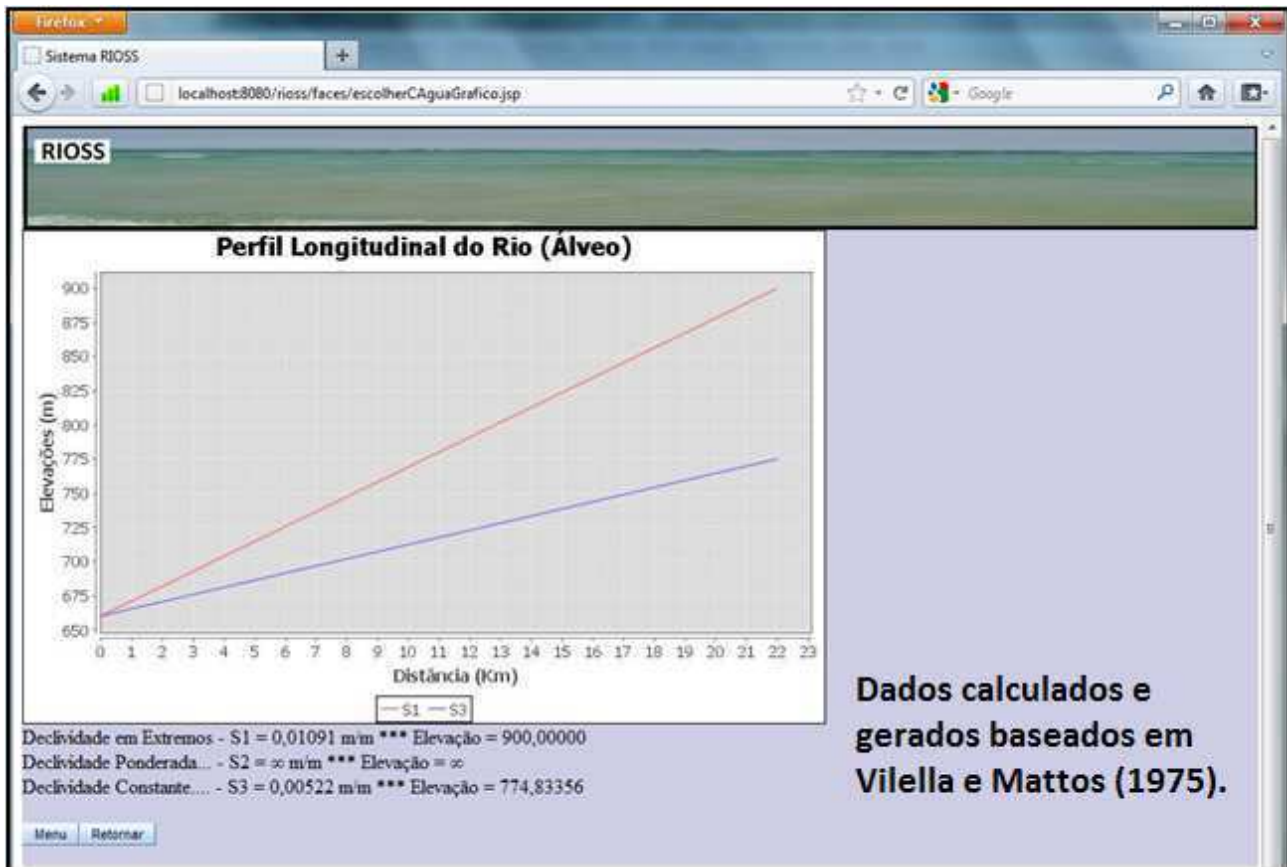


Figura 6.62 Gráfico do perfil longitudinal.

O Sistema de Informações do RIOSS possui também tabelas em seu banco de dados que permite o cadastramento de dados de reservatórios, esses dados podem incluir: nome do reservatório, vazão máxima do extravasor, vazão máxima do descarregador, vazão máxima da calha do rio, unidade de área do espelho líquido, unidade de volume, volume inicial, volume morto, área do espelho d'água, cota, área, volume, entre outros. Os dados de cota, área e volume do Reservatório de Acauã (AESAs) podem ser vistos na Tabela 6.5. Após a digitação desses dados, o Sistema de Informações do RIOSS possui um botão que permite a geração de um gráfico para melhor representar as curvas de cota, área e volume, conforme a Figura 6.63.

Semelhante aos dados do Reservatório de Acauã, a Tabela 6.6 exibe os dados de cota, área e volume do Reservatório de Boqueirão (AESAs) e da mesma forma após a seleção do botão que gera o gráfico, a representação do gráfico pode ser ilustrado de acordo com a Figura 6.64.

Tabela 6.5. Dados de cota, área e volume do Reservatório de Acauã (AES A)

RESERVATÓRIO DE ACAUÃ		
Cota(m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
90	140000	0
94	380000	2000000
98	980000	4800000
100	1410000	7000000
104	2560000	14500000
108	4090000	27500000
112	5960000	47600000
114	7020000	60800000
116	8140000	76100000
118	9340000	93800000
120	10590000	114000000
122	11880000	136600000
124	13200000	161800000
126	14550000	189500000
128	15900000	220100000
130	17250000	253100000
132	18570000	288800000

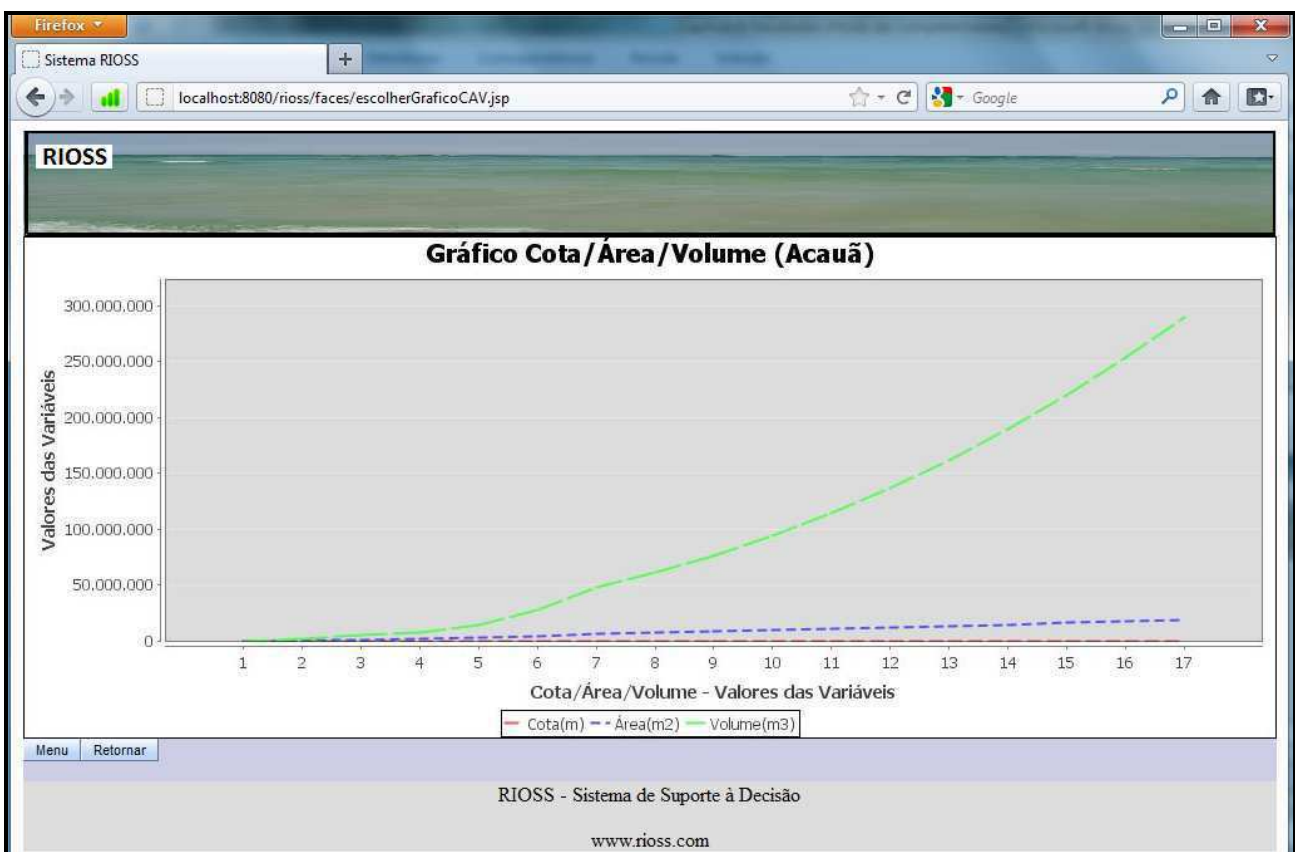


Figura 6.63. Gráfico que representa os dados de cota, área e volume do Reservatório de Acauã.

Tabela 6.6. Dados de cota, área e volume do Açude de Boqueirão (AESA)

RESERVATÓRIO DE BOQUEIRÃO		
Cota(m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
343,00	37223	16994
344,00	70593	69800
345,00	142867	174286
346,00	257180	366771
347,00	421869	707956
348,00	631536	1230617
349,00	873903	1981542
350,00	1158564	2990176
351,00	1506467	4314820
352,00	1866251	5996469
353,00	2261179	8058687
354,00	2697741	10529191
355,00	3217443	13477904
356,00	3859121	17006273
357,00	4556783	21217917
358,00	5260937	26112154
359,00	6158316	31819531
360,00	7030425	38416664
361,00	8029009	45934680
362,00	899597	54453579
363,00	10013408	63965416
364,00	11031533	74490376
365,00	12260463	86139409
366,00	13693060	99074597
367,00	15486319	113650769
368,00	17365964	130099018
369,00	19443185	148504719
370,00	21743159	169122415
371,00	24290550	192184935
372,00	26752308	217765387
373,00	29120116	245796027
374,00	31256425	276130869
375,00	33046998	308486064
376,00	34539523	342495505
377,00	36142787	377846134
377,55	38135841	397990704
377,90	39623321	411686287

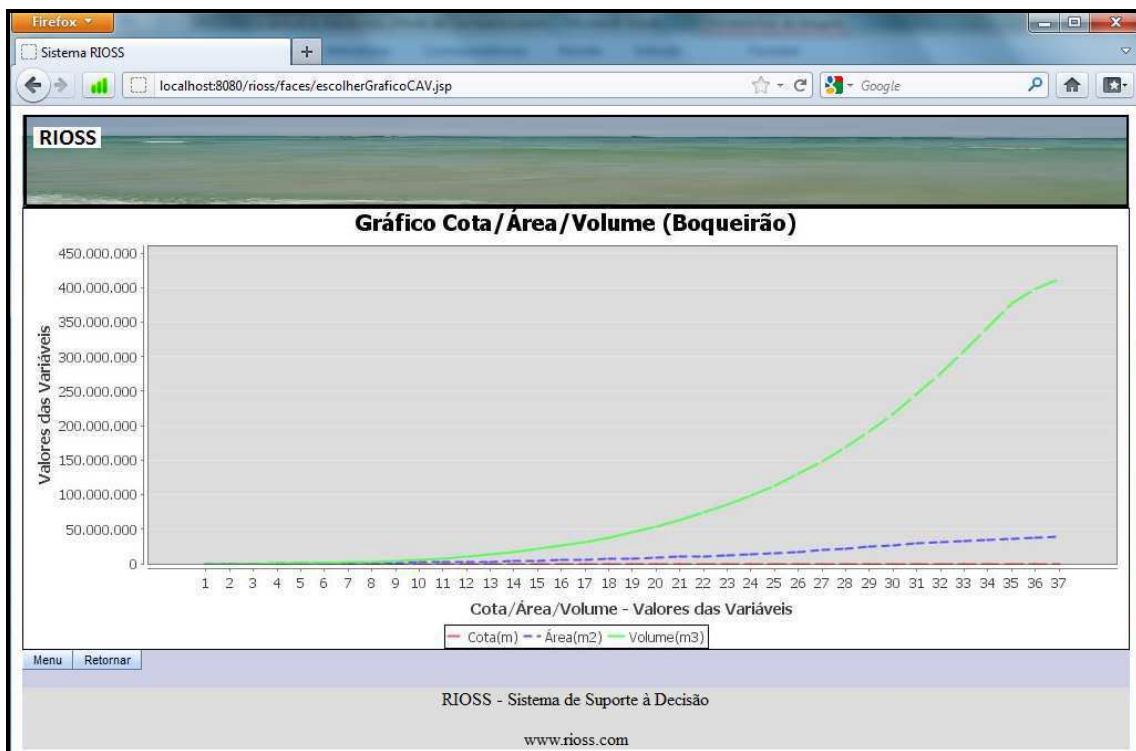


Figura 6.64. Gráfico que representa os dados de cota, área e volume do Reservatório de Boqueirão.

### 6.3. Precipitação e Evaporação

Para o estudo de caso específico, utilizaram-se dados de precipitação e evaporação do Açude de Boqueirão, com a finalidade de demonstrar os vários parâmetros, tais como: ETO (Evapotranspiração de Referência), ETP (Evapotranspiração Potencial), PE (Precipitação Efetiva) e a NL (Necessidade Líquida de uma determinada cultura, durante seus estádios de maturação), como podem ser acompanhados na Figura 6.65, página que permite o acesso para digitação dos dados da precipitação e evaporação, além dos cálculos da precipitação efetiva e necessidade líquida de uma determinada cultura.

Enquanto que na Figura 6.66, contém a página da precipitação cadastrada entre os anos de 1981 a 1985, de acordo com a Tabela 6.1. – Precipitação e Tabela 6.2. - Evaporação (dados reais obtidos da AESA, citado por Alencar, 2009). A página mostrada na Figura 6.67 permite acessar uma série de parâmetros. Bem como a evaporação média (Figura 6.68).



Figura 6.65. Página de acesso a Precipitação e Evaporação



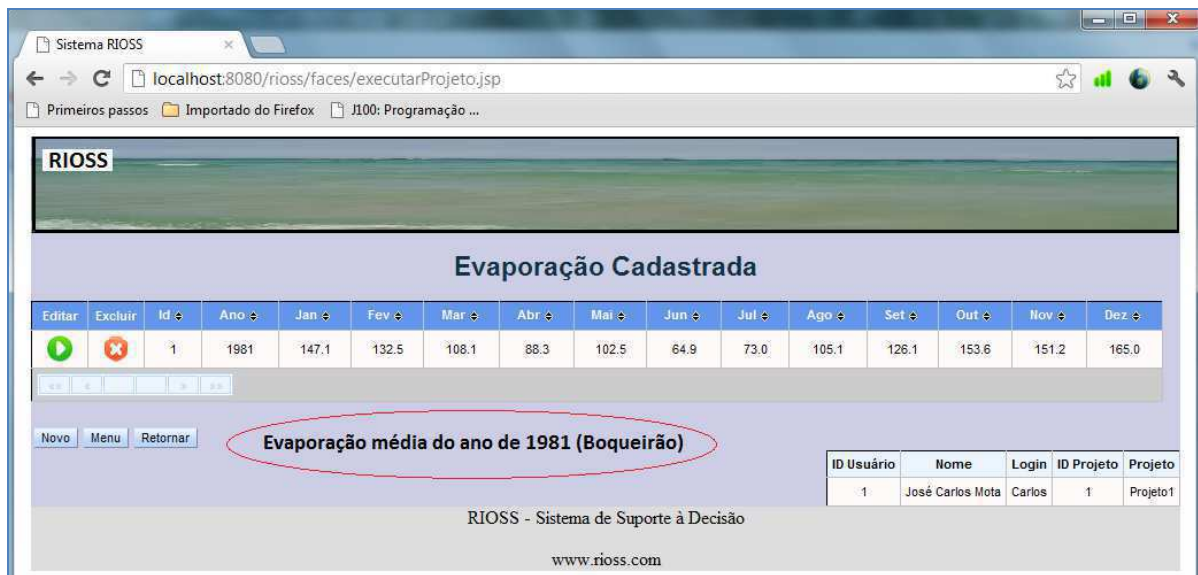


Figura 6.66. Evaporação cadastrada para o Projeto1(Mensal)

Por outro lado, a Figura 6.66 contém botões para cálculo da Evaporação do ano de 1981. Enquanto que a Figura 6.67 permite selecionar parâmetros, como: tipo de solo, meios Rural/Urbano, entre outras.

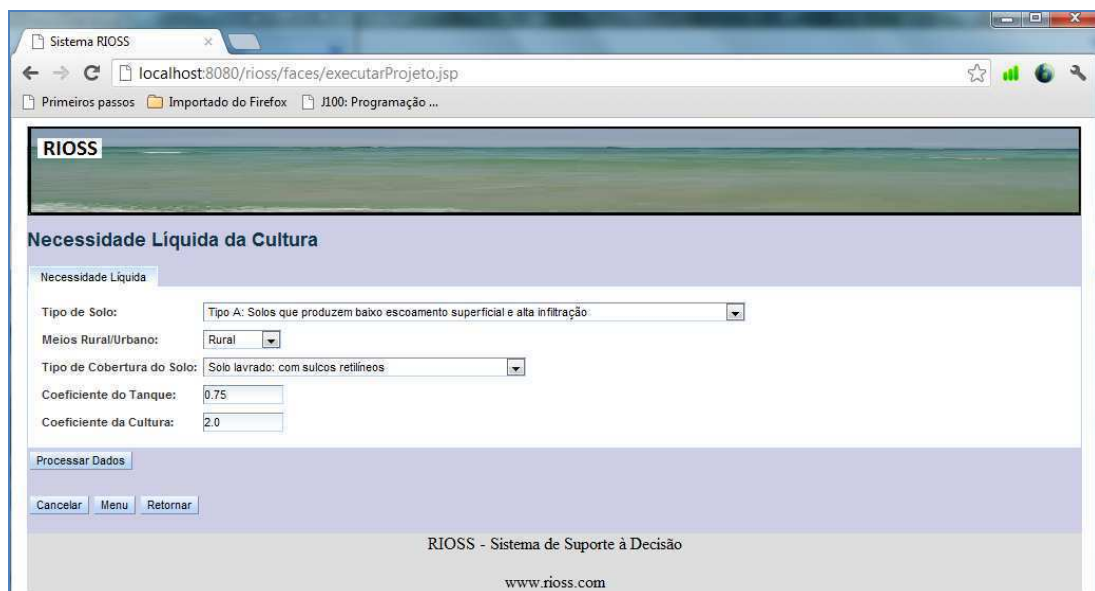


Figura 6.67 - Tela para selecionar parâmetros

Precipitação Efetiva (PE), Evapotranspiração de Referência (ETO), Evapotranspiração Potencial (ETP), Necessidade Líquida (NL), etc., De acordo com a Figura 6.68 e 6.69 são digitados os dados da precipitação, na Figura 6.70, são digitados os valores do fator de correção (Tabela 6.7): esses dados são correspondentes à água armazenada no solo no momento de sua manutenção no solo, além de outros dados escolhidos para a execução da precipitação efetiva de acordo com o exemplo na sequencia.

Editar	Excluir	Id	Nome	ETPmm	Jan (mm)	Fev (mm)	Mar (mm)	Abr (mm)	Mai (mm)	Jun (mm)	Jul (mm)	Ago (mm)	Set (mm)	Out (mm)
		1	Dados Mensais	0.0	12.5	25.0	37.5	50.0	62.5	75.0	87.5	100.0	112.5	125.0
		11	etpm01	25.0	8.0	16.0	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		12	etpm02	50.0	8.0	16.0	25.0	32.0	39.0	46.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		13	etpm03	75.0	9.0	18.0	27.0	34.0	41.0	48.0	56.0	62.0	69.0	0.0
		15	etpm04	100.0	9.0	19.0	28.0	35.0	43.0	52.0	59.0	66.0	73.0	80.0

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
1	José Carlos Mota	Carlos	1	Projeto1

Figura 6.68. Precipitação Efetiva Cadastrada

Editar	Excluir	Id	Nome	ETPmm	Jan (mm)	Fev (mm)	Mar (mm)	Abr (mm)	Mai (mm)	Jun (mm)	Jul (mm)	Ago (mm)	Set (mm)	Out (mm)
		16	etpm05	125.0	10.0	20.0	30.0	37.0	46.0	54.0	62.0	70.0	76.0	85.0
		17	etpm06	150.0	10.0	21.0	31.0	39.0	49.0	57.0	66.0	74.0	81.0	89.0
		18	etpm07	175.0	11.0	23.0	32.0	42.0	52.0	61.0	69.0	78.0	86.0	95.0
		19	etpm08	200.0	11.0	24.0	33.0	44.0	54.0	64.0	73.0	82.0	91.0	100.0
		20	etpm09	225.0	12.0	25.0	35.0	47.0	57.0	68.0	78.0	87.0	96.0	106.0

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
1	José Carlos Mota	Carlos	1	Projeto1

Figura 6.69. Continuação da Precipitação Efetiva Cadastrada

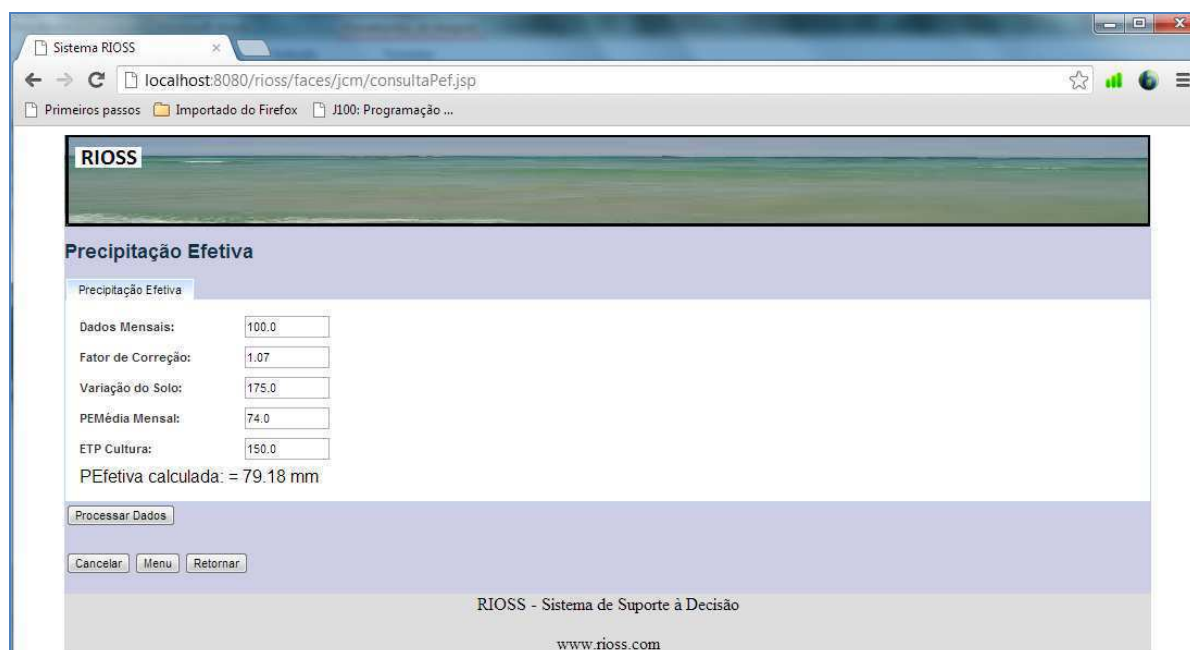


Figura 6.70. Precipitação Efetiva a ser calculada

Tabela 6.7. Fator de correção

Delta S (mm no solo)	20,00	25,00	27,50	50,00	62,50	75,00	100,00	125,00	150,00	175,00	200,00
Fator de correção	0,73	0,77	0,86	0,93	0,97	1,00	1,02	1,04	1,06	1,07	1,08

Fator de Correção baseado no solo Fonte: Notas de aula Curi e Curi, 2012

Estudos da necessidade líquida de culturas irrigadas ou em épocas de seca, visando à economia de água e suplementação necessária ao seu desenvolvimento, foram feitas por diversos pesquisadores, tais como: OLIVEIRA & CARVALHO (2003); WALBER et al. (2007) que enfatiza a perda de água devido a evapotranspiração; OLIVEIRA (2007) fez estudos de irrigação no Açude de Boqueirão; GONDIM (2007) fez análises de indicadores de decisão para alocação de água na agricultura irrigada, considerando-se a variabilidade das necessidades hídricas das diversas espécies cultivadas; entre outros. Portanto, o Sistema de Informações do RIOSS deverá atender e ajudar no processo da tomada de decisão em Recursos Hídricos em vários níveis do conhecimento, de acordo com a Figura 6.71.

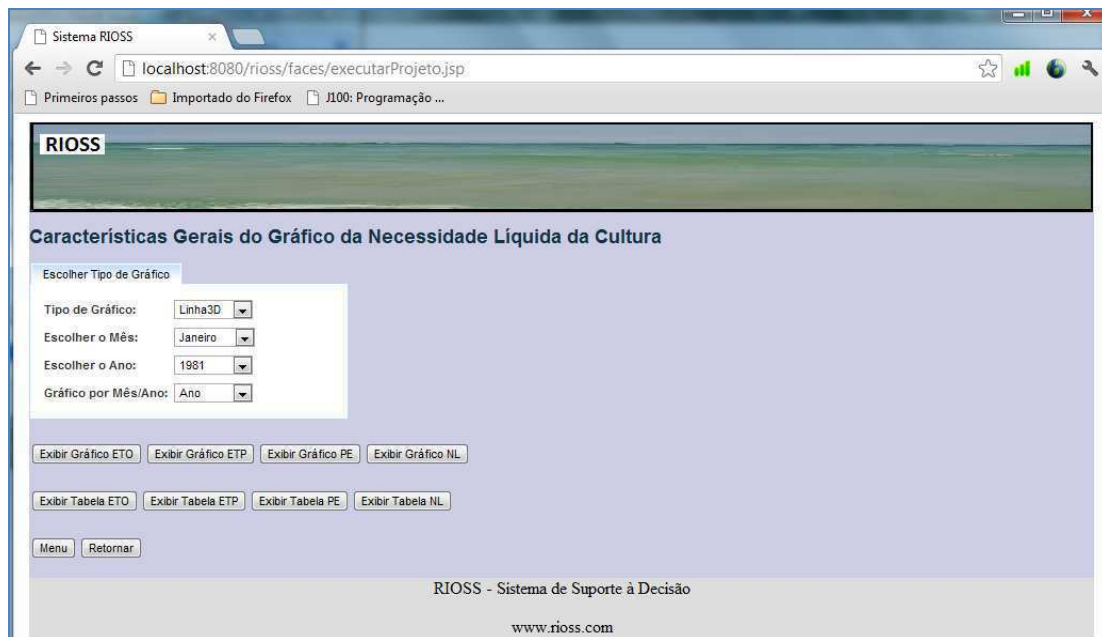


Figura 6.71. Cálculo das diversas variáveis PE, ETO, ETP, NL, (Tabelas e Gráficos) etc.

# Capítulo 7

## 7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

### **7.1. Conclusões**

Um SSD, bem como um SI, de acordo com a literatura tem como objetivo gerar informações, usando ferramentas sofisticadas de análise, banco de dados, entre outros, de forma a propiciar aos gestores soluções para as questões essenciais ao funcionamento de uma Instituição ou Empresas das mais diversas áreas do conhecimento, que auxiliem no processo da tomada de decisão. Pode-se citar como exemplo: análise financeira no plantio de determinada cultura, obedecendo a uma série de restrições; diagnósticos médicos; planejamento e gerenciamento de Recursos Hídricos; informações meteorológicas, produção de maquinários e equipamentos; determinação da irrigação de culturas, entre outras.

O Sistema de Informações do RIOSS calcula índices e indicadores que normalmente são utilizados em sistemas de Recursos Hídricos, os quais são importantes para mostrar dados e informações para gestores desta área, bem como para a população de uma maneira em geral. Atualmente, a informação tem sido divulgada de forma expressiva no Brasil e no mundo, de modo que essas informações afetam positivamente a vida de todos, no que diz respeito a problemas sociais e econômicos, as pesquisas de opinião, as propagandas, as propostas governamentais etc.

Percebe-se, portanto que o Sistema de Informações do RIOSS implementado nesta tese é de grande utilidade para a comunidade em geral, permitindo uma série de análises e processos que venha a contribuir para a tomada de decisões com qualidade, decisões essas para o planejamento e gerenciamento dos Recursos Hídricos. O sistema em sua fase atual, já atende uma série de requisitos e cálculos, muito embora permita um acréscimo em suas possibilidades de forma gradativa e incremental que poderá ser feito pelos atuais pesquisadores, bem como outros que vierem a fazer parte do grupo GOTA. O Grupo gota pode fazer parcerias exclusivas com empresas especializadas em desenvolver mecanismos de coleta e armazenamento de dados, que são permanentemente atualizados com ajuda da inteligência mercadológica e da tecnologia da informação.

Um grande diferencial neste sistema é a inteligência do processo e a lógica de captura e armazenamento de dados, desenvolvidas com tecnologias exclusivas e avançadas de consistência de dados que poderá com muita propriedade buscar novas pesquisas e novas parcerias para que o sistema se torne robusto e de fácil uso.

Decisões são tomadas em todos os níveis de nossas vidas. Sejam estas decisões de caráter técnico, ou não, o que importa são os recursos de que dispomos como auxílio para realizar uma determinada atividade, mesmo porque quando temos poucos recursos os usamos como auxílio para de imediato escolher uma determinada alternativa ou tenhamos de observar em uma série de variedades para atingirmos nossos objetivos.

A tomada de decisão é uma habilidade fundamental no local de trabalho, e é particularmente importante se você quer ser um líder eficaz. Se você está decidindo qual a pessoa a contratar, qual o fornecedor a usar, ou qual a estratégia a prosseguir, a capacidade de fazer uma boa decisão com informação disponível é vital. Seria fácil se houvesse uma fórmula que você pudesse usar em qualquer situação, mas não há. Cada decisão apresenta seus próprios desafios, e todos nós temos maneiras diferentes de abordar problemas. Então, como se evitar fazer más decisões - ou deixando as decisões ao acaso? Precisa-se de uma abordagem sistemática para a tomada de decisão, de modo que, não importa o tipo de decisão que você tem que fazer, você pode tomar decisões com confiança.

Ninguém pode se dar ao luxo de tomar decisões pobres sem fazer análises mais profundas e com mais dados. É por isso que deve-se sempre que possível fazer um pequeno questionário para ajudá-lo a avaliar sua tomada de decisão auxiliando com diversas possibilidades. Vamos examinar como você estrutura o seu processo de tomada de decisão, e depois nós vamos apontar-lhe as ferramentas e recursos específicos que pode usar para desenvolver e melhorar a competência de forma mais importante.

Por conta disso, é que o SI-RIOSS aqui desenvolvido, contém uma estrutura de natureza dinâmica; usa os conceitos de metrologia para melhor caracterizar os processos específicos e inerentes a cada tipo de sistema de recursos hídricos; caracteriza uma bacia hidrográfica, através de dados de entrada e calcula diversas informações, como: relevo, declividade, coeficiente de compacidade, fator de forma, e produz tabelas e gráficos referentes a esses dados; efetua cálculos de qualidade de água dos diversos parâmetros químicos e bioquímicos; calcula o IQA (índice de qualidade de água) para diversos cursos de água; calcula também índices e indicadores de Hashimoto, confiabilidade, resiliência, vulnerabilidade, sustentabilidade, variabilidade dos afluxos, intermitência dos afluxos, índice de ativação de potencialidade (IAP), índice de utilização da

disponibilidade (IUD), índice de utilização da potencialidade (IUP), entre outros. Além de efetuar cálculos de ETO (evapotranspiração de referência), ETP (evapotranspiração potencial), PE (precipitação efetiva), e NL (necessidade líquida da cultura), fornecendo tabelas e/ou gráficos desses pontos citados, através do método do SCS (*Soil Conservation Service*).

## 7.2. Perspectivas Futuras

Faz-se necessário os seguintes estudos para as futuras versões do SI-RIOSS:

- Fazer um estudo visando evitar a fragmentação na disponibilização das informações, que favorece a dispersão dos dados e aumenta a dificuldade ao seu acesso, e a multiplicação de sistemas de informação;
- Estudar a permissão da compatibilização da informação utilizada pelos vários setores da sociedade (governos, universidades, organizações privadas ou públicas, usuários, etc.) e dos índices ou indicadores sócio-econômicos, ambientais e técnico operacionais entre bacias de uma mesma região;
- Estudar a permissão da inclusão de informações e análises que levem em consideração as especificidades intrínsecas de cada bacia hidrográfica;
- Fazer o estudo deste sistema como instrumento para gestão, auxiliando:
  - ✓ Na elaboração de planos diretores;
  - ✓ Na facilidade de acesso a informações sobre as políticas públicas da gestão das águas;
  - ✓ Na gestão descentralizada: conscientização, preservação, fiscalização e negociação dos recursos hídricos entre órgãos de diferentes esferas do governo (federal, estadual e municipal), usuários, comitês de bacia e a sociedade civil organizada;
  - ✓ No estabelecimento de técnicas para a outorga e cobrança da água por bacia hidrográfica;
  - ✓ No acompanhamento e controle das estruturas hídricas, licenças e usos da água, finanças, etc.
  - ✓ Efetuar a migração das melhores características e procedimentos dos sistemas CISDERGO e ORNAP (ambos desenvolvidos em Mathlab – devem ser reescritos em uma linguagem tal como: Java, C++, C#, ou outra) para o Sistema de Informações RIOSS, uma vez que esse sistema já se encontra pronto para receber esta migração.

- ✓ Implementação de recursos computacionais para usar o processamento compartilhado que é a computação de grade (*Grid Computing*) que na prática é a utilização de computadores que estejam ociosos em determinados momentos e que sejam aproveitados para processamento de dados de projetos de qualquer parte do planeta.
- ✓ Determinadas decisões sejam tomadas em grupos abrangendo diversas visões sobre um mesmo tema. Para atender a essa situação foram desenvolvidos os Sistemas de Apoio à Decisão em Grupo (SADG) que convergem para diferentes pontos de vista em uma solução comum. Uma grande vantagem desse sistema é a participação de vários gestores de diversas filiais em cidades diferentes no processo decisório, utilizando-se de ferramentas como: Rede Local de Decisões, Sala de Decisões, Rede Remota de Decisões e Teleconferência. Deste modo, o SI-RIOSS pode ser reajustado visando atingir esses objetivos.



# Capítulo 8

## 8. REFERÊNCIAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2007. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 02 set. 2009.

AGSOLVE. Dicas & Soluções. Disponível em: <[http://www.agsolve.com.br/suporte\\_dica.php?cod=1682](http://www.agsolve.com.br/suporte_dica.php?cod=1682)>. Acesso em: 29 dez. 2011.

ALENCAR, V. C. **Análises multiobjetivo, baseada em programação linear, e comparativa para agriculturas de manejo convencional e orgânico.** 2009. 374f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

ALEXANDER, C. **A Pattern Language.** New York: Oxford University Press, 1977.

ALMEIDA, M. A. **Estimativa da receita líquida e empregos com uso da água otimizado de um reservatório no semi-árido Paraibano.** 2001. 117f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.

ALVES, D. S. Sistemas de Informações Geográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO. 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1990. CD.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil.** Brasília: ANA, 2009. 204p. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/>> Acesso em: 30 maio. 2012.

ANDRADE, P. R. G. S. **Estudo para alocação ótima das águas de um sistema de reservatórios em série e em paralelo, para usos e objetivos múltiplos, na bacia do rio Capibaribe, PE.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande-PB. 2006. 227f.

ANDRADE, T. F. **DWJSF desenvolvimento web com JavaServer Faces.** Uberlândia: AlgaWorks softwares e treinamentos, 2010. 2ª ed. 204 p.

AQUANET. Disponível em: <<http://200.144.189.36/labsid/Programas.aspx>>. Acesso em: 20 out. 2009.

AQUARIUS. **Social Economic Values in Natural Resource Planning.** Disponível em: <<http://www.fs.fed.us/rm/value/aquariusdwld.html>>. Acesso em: 20 out. 2009.

ARROYO, J. E. C. **Heurísticas e metaheurísticas para otimização combinatória multiobjetivo.** 2002. 253f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

BARBOSA, D. L. **Otimização da operação de múltiplos reservatórios em paralelo para usos e objetivos múltiplos.** 2001. 140f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.

- BARBOSA, D. L. **A exploração de um sistema de reservatórios: uma análise otimizada dos usos e objetivos múltiplos na bacia do rio Capibaribe-PE.** 2008. 258f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.
- BARBOSA JR., A. R. Bacia Hidrográfica – Hidrologia aplicada. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~carlosetuardo/11Bacia%20Hidrografica.pdf>> Acesso em: 01 ago. 2011.
- BARROS, M. T. L.; BRAGA Jr., B. P. F. Otimização estocástica implícita da operação de sistemas de reservatórios considerando múltiplos objetivos. **Revista Brasileira de Engenharia**, v. 9. n. 1. 1991.
- BATTISTI, J. **SQL Server 2000: Administração e Desenvolvimento** – Curso Completo. 2ª ed. Rio de Janeiro: Axcell Books, 2001.
- BOND, M. **Aprenda J2EE em 21 dias.** São Paulo: Pearson Edutacion do Brasil, 2003. 962p.
- BOUYSSOU, B. **Building criteria: a prerequisite for MCDA.** In: BANA & COSTA C.A. (Org.). Readings in multiple criteria decision aid, p.58-80. 1990.
- BOUYSSOU, D. **Modeling inaccurate determination, uncertainty, imprecision using multiple criteria.** In: LOCKETT, A.G., ISLEI, G. (eds.) Improving decision making in organizations. Berlin: Springer, p.78-87, 1989.
- BOWERS, M. Profissional padrões de projeto com CSS e HTML. Rio de Janeiro: Alta Books. 2008. 480 p.
- BRAGA, B.; BARBOSA, P. S. F.; e NAKAYAMA, P. T. Sistema de Suporte à Decisão em Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Humanos**, v. 3, n. 3. 1998.
- BRAGA, C. F. C. **Modelagem de preferências e consenso na gestão de recursos hídricos.** 2008. 229f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.
- BRANDÃO, M. A. L. **Estudo de alguns métodos determinísticos de otimização irrestrita.** 2010. 101f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.
- BRANS, J. P.; VINCKE, P. A Preference Ranking Organization Method. **Management Science**, v. 31, n. 6. 1985.
- BRANS, J. P.; MARESCHAL, B.; VINCKLE, P. **PROMETHEE: A new family of outranking methods in MCDM.** IFORS'84, North Holland. 1984.
- BURMAN, G.; GÓIS, Z. M. A. Uso da programação linear no planejamento da agricultura irrigada. In: IX CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. 1992, Natal. Anais... Natal, 1992, CD.
- CALDAS, R. B. **Projeto e análise de algoritmos.** UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) – Departamento de Ciências da Computação. Belo Horizonte - MG. 2004. 46p.
- CÂMARA, E. P. **Otimização da água do reservatório Coremas/Mãe D'Água para múltiplos usos.** 2000. 247f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.

- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfológica da bacia hidrográfica do Rio Debossan. *Revista Árvore*. v. 30, n 2, p.241-248, 2006.
- CARLSSON, C.; TURBAN, E. **DSS: directions for the next decade**. *Decision Support Systems*, Elsevier, 33(2). 105–110. 2002.
- CARTER, R. A.; ANTÓN, A. I.; DAGNINO, A.; WILLIAMS, L. **Evolving Beyond Requirements Creep: A Risk-Based Evolutionary Prototyping Model**. *Requirements Engineering. Proceedings. Fifth IEEE International Symposium on Toronto-Canadá*. 2001. Disponível em: <[http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=948548](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=948548)>. Acesso em: 25 ago. 2010. ISBN: 0-7695-1125-2.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. Bacia Hidrográfica. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>> Acesso em: 01 ago. 2011.
- CASTRO, P. M. R. **Apoio à decisão em recursos hídricos com sistemas de informação geográfica e algoritmos genéticos**. 2000. 290f. Tese (Doutorado). Universidade do Porto.
- CBHSF - Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio São Francisco. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/comitesbacias/modules/tinyd0/index.php?id=22>> Acesso em: 01 jan. 2012.
- CETESB - Relatório Técnico Preliminar Zoneamento Ambiental da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – MANTIQUEIRA (UGRHI 01). Governo do Estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente – Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Disponível em: <[http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/files/CDs/relatorio\\_tecnico\\_preliminar\\_UGRHI\\_01\\_mantiqueira.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/files/CDs/relatorio_tecnico_preliminar_UGRHI_01_mantiqueira.pdf)> Acesso em: 27 dez. 2011.
- CNI. COMPI. *Metrologia*. 2. ed. rev. Brasília. 2002. 87p. ISBN 85-88566-04-4
- CORREIA, A.; BARROS, E.; SILVA, J.; RAMALHO, J. Análise da Turbidez da Água em Diferentes Estados de Tratamento. In: VIII ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL. 2008, Natal. **Anais...** Natal, 2008. CD.
- COSTA, J. P.; CORENSTIN, B. G. COMPODÓNICO, N. M.; PEREIRA, M. V. F. Programação estocástica de operação de sistemas hidrotérmicos. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 1989, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 1989. CD.
- CRANE, D.; PASCARELLO, E.; JAMES, D. **Ajax em ação**. Tradução: Edson Furmankiewicz & Carlos Schafranski; revisão técnica Nivaldo Foresti. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 452 p.
- CUNHA, R. G. L. **Operação integrada do reservatório Engenheiro Arcoverde, poços amazonas e perímetro irrigado de Condado-PB utilizando-se de programação linear**. 1999. 116f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.
- CURI, W. F.; CURI, R. C. **CISDERGO – Cropping and Irrigation System Design with Reservoir and Groundwater Optimal Operation**. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS e V SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA. 2001, Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2001a. CD.

CURI, W. F.; CURI, R. C. **ORNAP - Optimal Reservoir Network Analysis Programa**. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. 2001, Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2001b. CD.

CURI, W.F.; CURI, R.C. **Notas de aula da disciplina de Otimização em Sistemas de Recursos Hídricos**, Curso de Doutorado Temático em Recursos Naturais, UFCG, 2008;

CURI, C. C.; CURI, W. F.; PEDREIRA, G. C.; BARBOSA, R. L.; LIMA, C. A. G. **Uso da água no semi-árido paraibano: uma abordagem interdisciplinar**. In: 58ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC. 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2006. CD.

DASTANE, N.G., **Effective rainfall in irrigated agriculture**, FAO irrigation and drainage paper 25, 1978, Roma, Italia. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/x5560e/x5560e00.HTM>>. Acesso em: 10 nov. 2012.

DATE, C. J. **Introdução a Sistemas de Banco de Dados**. 6ª Ed. 1995.

DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J. **Java como programar**. Tradução: Edson Furmankiewicz; Revisão técnica Fábio Lucchini. 6ª Edição. São Paulo. 2006. 1110p.

DNOCS. Relatório açude Boqueirão. Campina Grande, 1963. 8 p.

DNOCS. 2. Distrito de Obras. Açude Público Epitácio Pessoa (PB); aspectos pertinentes ao túnel. João Pessoa, 1967. 5 p.

FERREIRA, E. C. F.; ALMEIDA, M. C. **Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA) estabelecimento das equações do índice de qualidade das águas**. Relatório I. Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD. 2005. 16p.

FINLAY, P. N. **Introducing decision support systems**. Oxford: Blackwell Publishers, 1994.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola**. n. 22. Nov. 2005.

FIRMINO, M. B. M. F. **META-F: Um sistema de otimização quali-quantitativo para operação de sistemas de recursos hídricos de águas fluviais**. 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

FRAMEWORK. Disponível em: <[http://whatis.techtarget.com/definition/0,,sid9\\_gci1103696,00.html](http://whatis.techtarget.com/definition/0,,sid9_gci1103696,00.html)>. Acesso em: 05 jan. 2012.

GALVÃO, C. O.; RABBANI, E. R.; RIBEIRO, M. M. R. Otimização do uso da água em reservatórios no semi-árido através da programação dinâmica. In: II SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE. 1994, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1994. CD.

GAMMA, E.; HELM, R.; JOHNSON, R; VLISSIDES, J. **Padrões de projeto: soluções reutilizáveis de software orientado a objetos**. Tradução Luiz A. Meirelles Salgado. Porto Alegre: Bookman, 2000. 364p.

GEARY, D.; HSTMANN, C. **Core JavaServer Faces fundamentos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2007. 522 p.

- GOMES, Y. M. P. **Java na web com JSF, Spring, Hibernate e Netbeans 6**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna. 2008, 175 p.
- GONÇALVES, E. **Desenvolvendo aplicações web com NetBeans IDE 6**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna. 2008, 581 p.
- GONDIM, I. A. Modelo de apoio à decisão para seleção de tecnologias de revestimento de fachadas. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia. 2007. 180p.
- HASHIMOTO, T.; STEDINGER, J. R.; LOUCKS, D. P. Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. **Water Resources Research**. v. 18, n. 1, p. 14-20. 1982.
- HÄTTENSCHWILLER, P. **Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungsunterstützung. Gutes Entscheiden in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft**. Zurich: vdf Hochschulverlag AG. p.189-208. 1999.
- HOLSAPPLE, C.W.; WHINSTON, A.B. **Decision support systems a knowledge-based approach**. Minneapolis/St Paul: West Publishing Company, 2000. 713p.
- IPEM-SP - Instituto de Pesos e Medidas do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.ipem.sp.gov.br/5mt/medir.asp?vpro=abe>>. Acesso em: 10 jan. 2012.
- Java BluePrints. Model-View-Controller. Disponível em: <<http://java.sun.com/blueprints/patterns/MVC-detailed.html>>. Sun Microsystems. 2002. Acesso em: 03 ago. 2011.
- JENDROCK, E.; BALL, J.; CARSON, D.; EVANS, I.; FORDIN, S.; HAASE, K. The Java EE 5 Tutorial. Disponível em: <<http://download.oracle.com/javase/5/tutorial/doc/bnaph.html>>. Acesso em: 02 ago. 2011.
- KING, G.; BAUER, C.; ANDERSEN, M. R.; BERNARD, E.; EBERSOLE, S.; FERENTSCHIK, H. Hibernate - persistência relacional para Java idiomático.. Disponível em: <[http://docs.jboss.org/hibernate/core/3.6/reference/pt-BR/pdf/hibernate\\_reference.pdf](http://docs.jboss.org/hibernate/core/3.6/reference/pt-BR/pdf/hibernate_reference.pdf)> Acesso em: 07 ago. 2011
- LABADIE, J. W. Optimal operation of multireservoir systems: state-of-the-art review. **Journal of Water Resources Planning and Management**. v. 130, n. 2, p. 93-111. 2004.
- LANNA, A. E. **Gestão de recursos hídricos**. In: Tucci C. E. M. (ORG.). Hidrologia, Ciência e Aplicação. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do rio Grande do Sul: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997.
- LAURA, A. A. **Um método de Modelagem de um sistema de Indicadores de Sustentabilidade para Gestão dos Recursos Hídricos - MISGERH: O caso das bacias dos Sinos**. 2004. 519f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.
- LIMA, C. A. G. **Análise e sugestões para diretrizes de uso das disponibilidades hídricas superficiais da bacia hidrográfica do Rio Piancó, situada no estado da Paraíba**. 2004. 272f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

LIMA NETO, R. T.; MENDONÇA, L. A. R.; PEREIRA, J. A.; SOUSA, C. A. V.; GONÇALVES, J. Y. B.; FRISCHKORN, H. Análise morfométrica e ambiental da microbacia hidrográfica do rio Granjeiro, Crato/CE. **Rev. Esc. Minas** vol. 61, n.3, 2008.

LUCKOW, D. H./ MELO, A. A. **Programação Java para a Web: Aprenda a desenvolver uma aplicação financeira pessoal com as ferramentas mais modernas da plataforma Java**. 1ª Ed. São Paulo: Novatec, 2010. 640p. ISBN 978-85-7522-238-6.

LOUGON, M. S.; ROCHA, S. A.; GUIMARÃES, H. F.; LOUZADA, F. L. R. O.; GARCIA, G. O. Caracterização dos sólidos totais, fixos e voláteis nas águas residuárias geradas pela lavagem dos frutos do cafeeiro. In: XIII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA e IX ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO. 2009, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos, 2009. CD.

MALCZEWSKI, J. **Spatial Decision Support Systems**. NCGIA Core Curriculum in GIScience. 1997. Disponível em: <<http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u127/u127.html>> Acesso em: 01 out. 2009.

MARTÍNEZ, J. M.; SANTOS, S. A. **Métodos computacionais de otimização**. Departamento de Matemática Aplicada IMECC-UNICAMP. 1998. Disponível em: <<http://www.ime.unicamp.br/~martinez/mslivro.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2009.

MARTINS, M. **Variação e tendências dos parâmetros de qualidade de água do ecossistema aquático da microbacia hidrográfica Córrego da Onça no município de Ilha Solteira/SP**. 2009. 57f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo.

MEDEIROS, E. S. **Desenvolvendo software com UML 2.0 definitivo**. Pearson Education. São Paulo-SP. 2006. 264p.

MELO, J. L. S.; SILVA, F. D.; LIMA, A. M. Avaliação da remoção de nitrogênio orgânico e amoniacal em amostras de esgoto doméstico submetido a pós-tratamento em tabuleiros irrigados. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA. 2000, Campinas. **Anais...** Campinas, 2000. CD.

MELLO Jr., A. V.; MATOS, L. N. Otimização da operação de um reservatório pela programação dinâmica em um processo de decisão markoviano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 4, n. 3. 1999.

MODSIM. **Water rights planning, water resources management & river operations decision support system**. 2009. Disponível em: <<http://modsim.engr.colostate.edu/>>. Acesso em: 20 out. 2009.

MORAIS, R. P. **Mudanças históricas na morfologia do canal do Rio Araguaia no trecho entre a cidade de Barra do Garças (MT) e a foz do Rio Cristalino na Ilha do Bananal no período entre as décadas de 60 e 90**. 2002. 189f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

MORONI, H. **Universidade Ajax: tudo o que precisa para criar sites de última geração**. São Paulo: Digerati Books, 2007. 256 p.

- AMBIENTE NETBEANS. Todos os recursos e tecnologias suportadas. Disponível em: <[http://netbeans.org/features/all\\_pt\\_BR.html](http://netbeans.org/features/all_pt_BR.html)>. Acesso em: 20 ago. 2011.
- NOGUEIRA, F. Programação dinâmica. Disponível em: <<http://www.engprod.ufjf.br/fernando/epd015/ProgramacaoDinamica.pdf>> Acesso em: 14 ago. 2009.
- NSF - National Sanitation Foundation. Disponível em: <<http://www.foodservicewarehouse.com/education/health-safety/national-sanitation-foundation.aspx>> Acesso em: 27 dez. 2011.
- OLIVEIRA, J. A.; LANNA, A. E. L. Otimização de um sistema de múltiplos reservatórios atendendo a múltiplos usos no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 2, p. 123-141. 1997.
- OLIVEIRA, M. B. A. **Estimativa dos benefícios econômicos do uso da água do sistema Coremas/Mãe D'Água para a irrigação nas várzeas de Souza**. 2000. Xf. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.
- ORACLE. **Serviços Web com Suporte para Tecnologias de Interoperabilidade (WSIT)**. Disponível em: <<http://docs.oracle.com/cd/E19226-01/821-1337/gjeb/index.html>>. Acesso em: 01 dez. 2011.
- ORD, E. The Basics of GlassFish. Building an open source Java EE 5 Application Server. Glassfish Community. 2006.
- PELLEGRINI, J. B. R. **Fósforo na água e no sedimento na Microbacia Hidrográfica do Arroio Lino – Agudo – RS**. 2005. 98f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- PELISSARI, V. B.; & SARMENTO, R. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para o Município de Vitória, Estado do Espírito Santo. In: XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2005. CD.
- PINTO, J. A. O. **Avaliação de métodos para a regionalização de curvas de permanência de vazões para a Bacia do Rio das Velhas**. 2006. 219f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- PNRH - PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Panorama e o estado dos recursos hídricos do Brasil**. Brasília: MMA, v.1. 2006.
- POGGIANI, F.; & STAPE, J. L. **Indicators of the Sustainability of Forest Plantations**. Série Técnica IPEF. v. 12, n. 31, p. 33-44, abr., 1998. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/tecnica/nr31/cap3.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2009.
- PORTO, R. L. L.; AZEVEDO, L. G. T. In: Sistemas de Suporte a decisões aplicados a problemas de recursos hídricos. **Técnicas Quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos**. Organizado por Rubem La Laina Porto ...[et al.]. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. p. 43-95. 2002.

PostgreSQL Global Development Group. Documentação do PostgreSQL 8.0.0. Projeto de Tradução para o Português do Brasil Disponível em: <<http://sourceforge.net/projects/pgdoctbr/>>. Acesso em: 09 set. 2011.

POSTGRESQL. Tutorial do PostgreSQL 7.3.2. The PostgreSQL Global Development Group. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/5088/Tutorial-PostgreSQL>>. Acesso em: 02 dez. 2011.

PQA – Portal da Qualidade das Águas. Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>>. Acesso em: 30 dez. 2011.

REGO NETO, C. B. **A integração de geoindicadores e parcelamento do solo na gestão ambiental urbana**. 2003. 231 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

RIBEIRO, M. M. R. **Operação de um sistema de reservatórios para usos de conservação**, Campina Grande: UFPB – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos, 171f Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba. Paraíba. 2002.

RODRIGUES, A. C. L. **Nova proposta de operação de outorga aplicada a reservatórios - estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Piancó**. 2007. 294f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

ROY, B. **Méthodologie multicritère d'aide à la décision**. Paris: Economica, 1993.

SANTOS, R. B. **Avaliação de intervenções hidráulicas BA bacia do rio gramame-PB com o uso das técnicas de análise multiobjetivo e multicriterial**. 2009. 184f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

SANTOS, V. S. **Modelo de otimização quali-quantitativo multiobjetivo para o planejamento dos recursos hídricos superficiais, com aplicação à bacia do Rio Paraíba**. 2011a. 170f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

SANTOS, V. S. **Um modelo de otimização multiobjetivo para análise de sistemas de recursos hídricos**. 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

SANTOS, V. S.; CURI, W. F.; CURI, R. C.; VIEIRA, A. S. **Um modelo de otimização multiobjetivo para análise de sistema de recursos hídricos I: Metodologia**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 16 n.4 - Out/Dez 2011b, 49-60.

SATO, A. C. K. **Índices de sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/temas530/anacarla.htm>>. Acesso em: 01 out. 2009.

SILVINO, G. S. **Aplicações de modelos multicriteriais hierárquicos e multidecisores para aplicação de água no sistema CUREMA-AÇU**. 2008. 183f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba

SINTES, T. **Aprenda programação orientada a objetos em 21 dias**. São Paulo: Makron Books. 2002. 693p.

SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H. F.; SUDARSHAN, S. **Sistema de banco de dados**. São Paulo: Makron Books, 1999. 778p.



- SPRAGUE JR, R. H.; WATSON, H. J. **Sistema de apoio à decisão: colocando a teoria em prática**. Tradução: Ana Beatriz G. Rodrigues Silva. Rio de Janeiro: Editora Campos Ltda. 1991. 498p.
- STAIR, R. M. **Princípios de sistemas de informação? Uma abordagem gerencial**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC. 1998. 451p.
- SUURLAND, J. **Sustainable Indicators**. Royal Netherlands Embassy. Disponível em: <<http://www.sustainabilityindicators.org/>>. Acesso em: 15 mai. 2008.
- TUCCI, C. E. M. Hidrologia ciência e aplicação. 3ª Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 943p.
- TUNSTALL, D. **Developing environmental indicators: definitions, framework and issues (draft paper)**. Washington, DC: World Resources Institute, 1992.
- TURBAN, E. **Decision support and expert systems: management support systems**. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 1995. 960p.
- TURBAN, E.; LIEBOWITZ, J. **Managing Expert Systems**. Igi Global. DOI: 10.4018/978-1-87828-911-7. 1990. 504p.
- UNICAMP. Figura 7.1 **Representação de uma Bacia Hidrográfica**. Fonte: <http://www.caminhodasaguas.ufsc.br/perguntas-frequentes-2>. Acesso em 05 out. 2011.
- VASKEVITCH, David. **Estratégia Cliente/Servidor: um guia para a reengenharia da empresa**. São Paulo: Berkeley, 1995.
- VEIGA, J. E. **Desenvolvimento Sustentável: O desafio do Século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond. 2005. 220p.
- VELDHUIZEN, D. A. V.; LAMONT, G. B. Multiobjective evolutionary algorithms: analyzing the state-of-the-art. **Evolutionary computation**. v.8, n.2, p.125-147, 2000.
- VIANNA JUNIOR, W. P. **Operação ótima de sistemas de reservatórios: implementação de ferramentas baseadas em técnicas de modelagem orientada a objetos em sistemas de apoio a decisão**. 2007. 198f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- VIEIRA, A. S. **Modelo de simulação quali-quantitativo multiobjetivo para o planejamento integrado dos sistemas de recursos hídricos**. 2011. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.
- VIEIRA, A. S. **Um modelo de simulação, via programação linear seqüencial, para sistemas de recursos hídricos**. 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245p.
- WATERWARE. **A water resources management information system**. Disponível em: <<http://www.ess.co.at/WATERWARE/description.html>>. Acesso em: 20 out. 2009.
- WEAP. **Water evaluation and planning system**. Disponível em: <<http://www.weap21.org/>>. Acesso em: 20 out. 2009.

WURBS, R. A. **Comparative Evaluation of Generalized River/Reservoir System Models**. Technical. Report, 282, Texas Water Resources Institute, College station, Tex. 2005.

YEH, W. W-G. Reservoir Management and Operation Models: A State-of-the-Art Review. **Water resources Research**. v. 21, n. 12, p.1797-1818. 1985.

**Unidades de Medidas Cadastradas**

Editar	Excluir	Id	Nome	Tipo da Unid. de Medida	Abreviação	Símbolo	Conversão	Unidade de Referência	Sistema de Unidade	Descrição
		68	Centímetro	Comprimento	cm	cm	0,0100	não	SI	Centímetro
		66	Kilômetro	Comprimento	Km	Km	1.000,0000	não	SI	Kilômetro
		67	Metro	Comprimento	m	m	1,0000	sim	SI	Metro
		75	Milímetro	Comprimento	mm	mm	0,0010	não	SI	Milímetro

Novo Menu Retornar

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

RIOSS - Sistema de Suporte à Decisão  
www.rioss.com

Figura 6.73a. Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo “Comprimento”.

**Unidades de Medidas Cadastradas**

Editar	Excluir	Id	Nome	Tipo da Unid. de Medida	Abreviação	Símbolo	Conversão	Unidade de Referência	Sistema de Unidade	Descrição
		70	Grama por centímetro cúbico	Densidade	g/cm3	g/cm3	1,0000	não	SI	Grama por centímetro cúbico
		69	Quilograma por metro cúbico	Densidade	kg/m3	kg/m3	1.000,0000	sim	SI	Quilograma por metro cúbico

Novo Menu Retornar

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

RIOSS - Sistema de Suporte à Decisão  
www.rioss.com

Figura 6.73b. Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo “Densidade”.

**Unidades de Medidas Cadastradas**

Editar	Excluir	Id	Nome	Tipo da Unid. de Medida	Abreviação	Símbolo	Conversão	Unidade de Referência	Sistema de Unidade	Descrição
		87	Gramas	Massa	g	g	0,0010	não	SI	Gramas
		71	Quilograma	Massa	kg	kg	1,0000	sim	SI	Quilograma
		72	Tonelada métrica	Massa	T	T	1.000,0000	não	SI	Tonelada métrica

Novo Menu Retornar

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

RIOSS - Sistema de Suporte à Decisão  
www.rioss.com

Figura 6.73c. Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo “Massa”.

**Unidades de Medidas Cadastradas**

Editar	Excluir	Id	Nome	Tipo da Unid. de Medida	Abreviação	Símbolo	Conversão	Unidade de Referência	Sistema de Unidade	Descrição
		79	Acre	Área	Acre	Acre	4.046,7241	não	SI	Acre
		80	Centímetro quadrado	Área	cm2	cm2	0,0001	não	SI	Centímetro quadrado
		103	Hectare	Área	ha	ha	0,0000	não	SI	Hectare
		77	Kilômetro quadrado	Área	Km2	Km2	1.000.000,0000	não	SI	Kilômetro quadrado
		76	Metro quadrado	Área	m2	m2	1,0000	sim	SI	Metro quadrado

Novo Menu Retornar

Figura 6.73d. Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo “Meteorológica”.

**Unidades de Medidas Cadastradas**

Editar	Excluir	Id	Nome	Tipo da Unid. de Medida	Abreviação	Símbolo	Conversão	Unidade de Referência	Sistema de Unidade	Descrição
		92	Cloreto	Qualidade de Água	Mg/L	CL	0,0000	não	SI	Cloreto
		98	Coliformes Termotolerantes	Qualidade de Água	ct	ct	0,0000	não	SI	Coliformes Termotolerantes
		94	Condutividade Elétrica	Qualidade de Água	uS/cm	CE	0,0000	não	SI	Condutividade Elétrica
		88	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Qualidade de Água	Mg/L	DBO	0,0000	não	SI	Demanda Bioquímica de Oxigênio
		97	Fósforo Total	Qualidade de Água	ft	ft	0,0000	não	SI	Fósforo Total

Novo Menu Retornar

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

RIOSS - Sistema de Suporte à Decisão  
www.rioss.com

Figura 6.73e. Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo “Qualidade de Água”.

**Unidades de Medidas Cadastradas**

Editar	Excluir	Id	Nome	Tipo da Unid. de Medida	Abreviação	Símbolo	Conversão	Unidade de Referência	Sistema de Unidade	Descrição
		74	Milha por hora	Velocidade	mi/h	mi/h	0,0000	não	SI	Milha por hora
		73	Quilômetro por hora	Velocidade	Kmh	Kmh	0,0000	sim	SI	Quilômetro por hora

Novo Menu Retornar

ID Usuário	Nome	Login	ID Projeto	Projeto
25	Metrologia	Metrologia	19	Metrologia 1

RIOSS - Sistema de Suporte à Decisão  
www.rioss.com

Figura 6.73f. Tabela que contém os dados das unidades de medidas do tipo “Velocidade”.

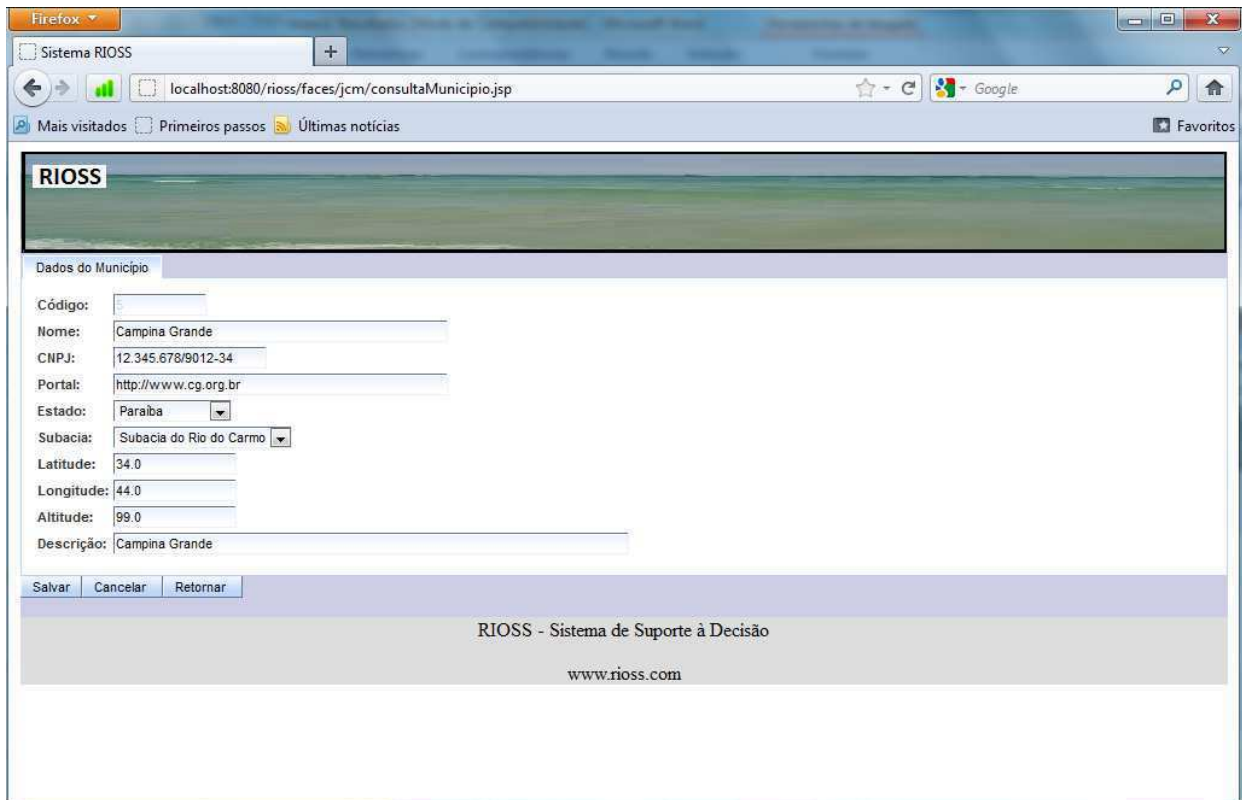


Figura 6.73g. Cadastro de Município.

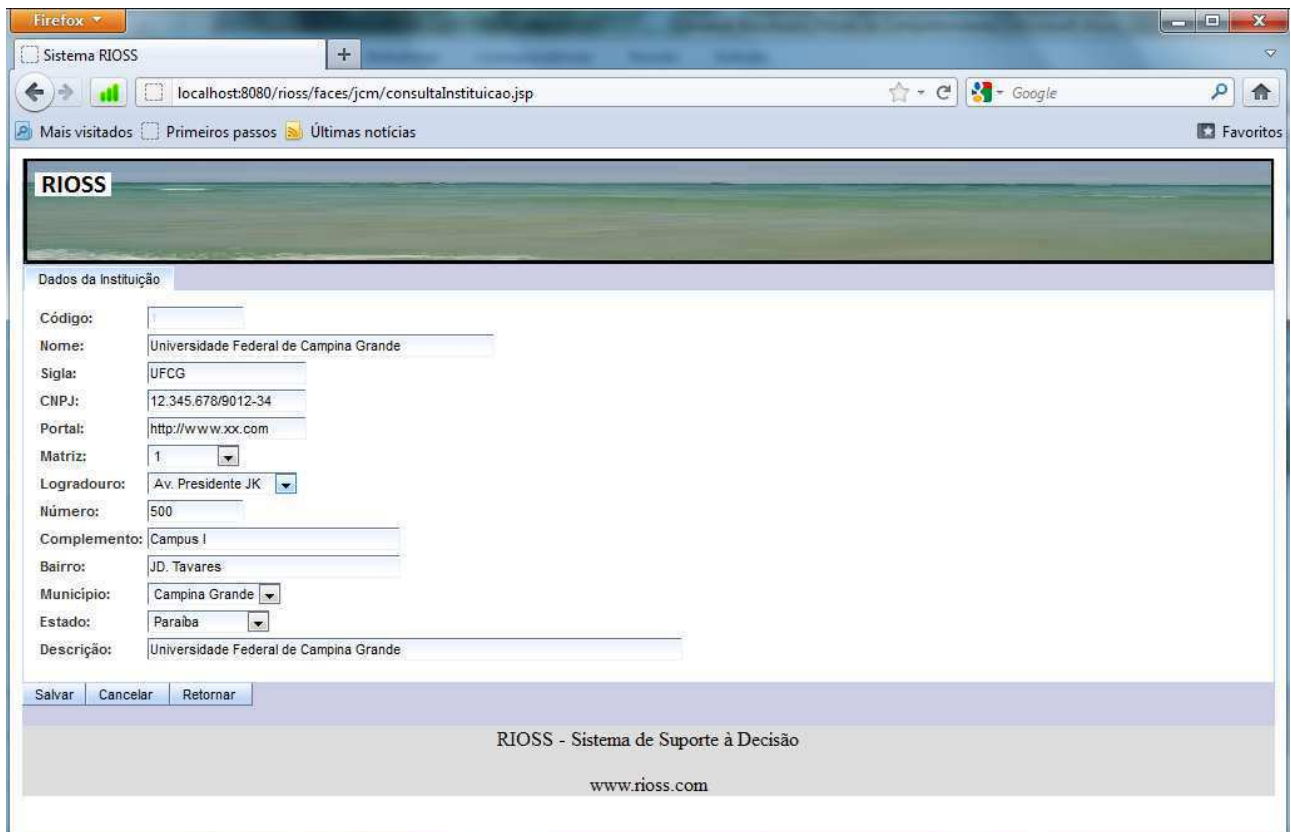


Figura 6.73h. Cadastro de Instituição.

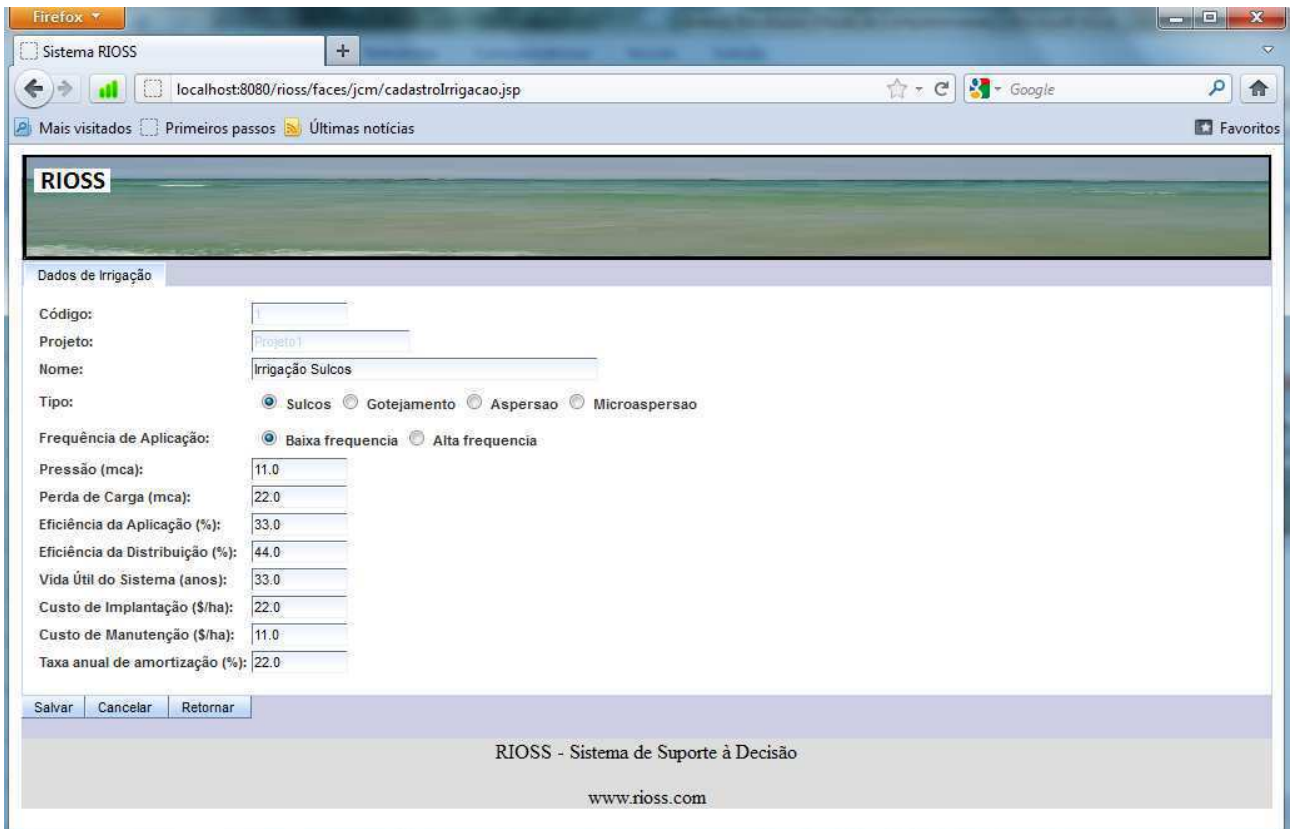


Figura 6.73i. Cadastro de Irrigação.

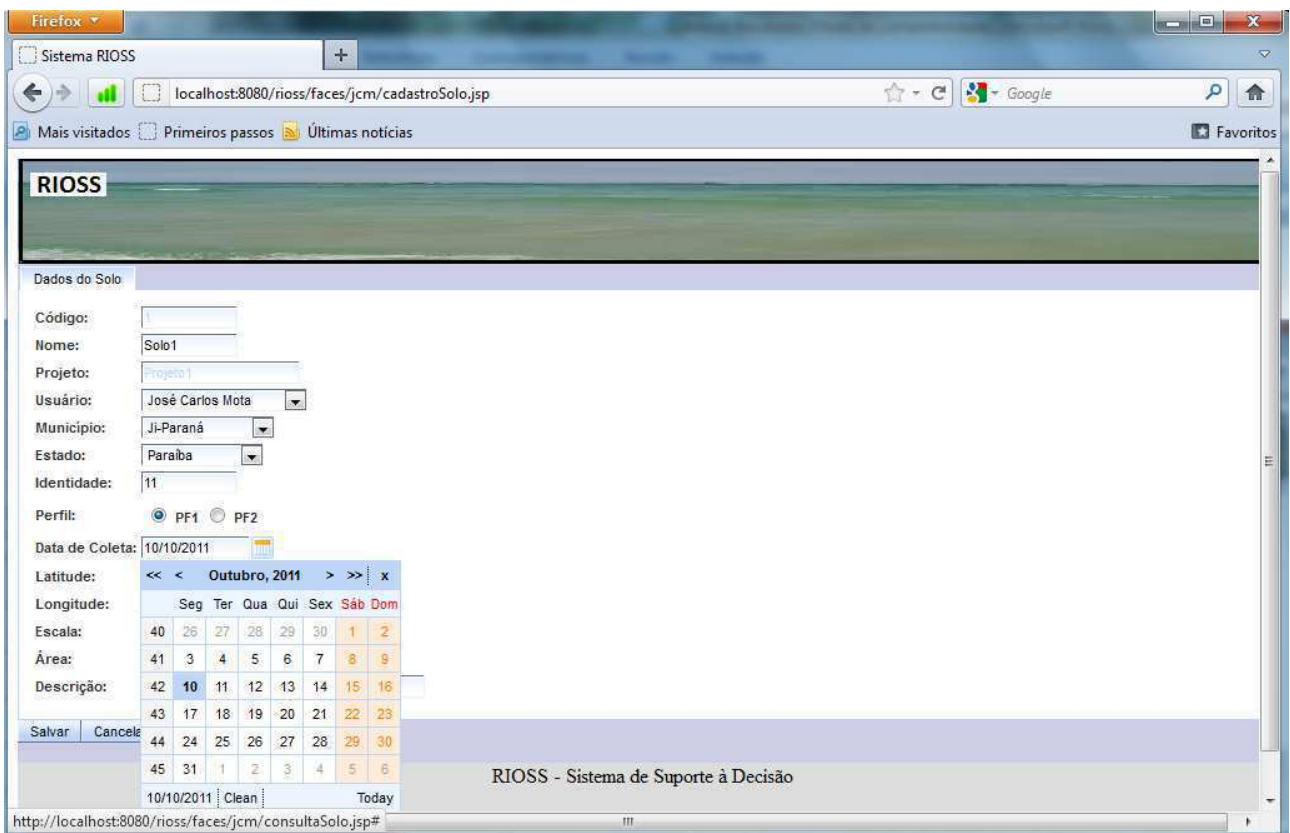


Figura 6.73j. Cadastro de Solo.

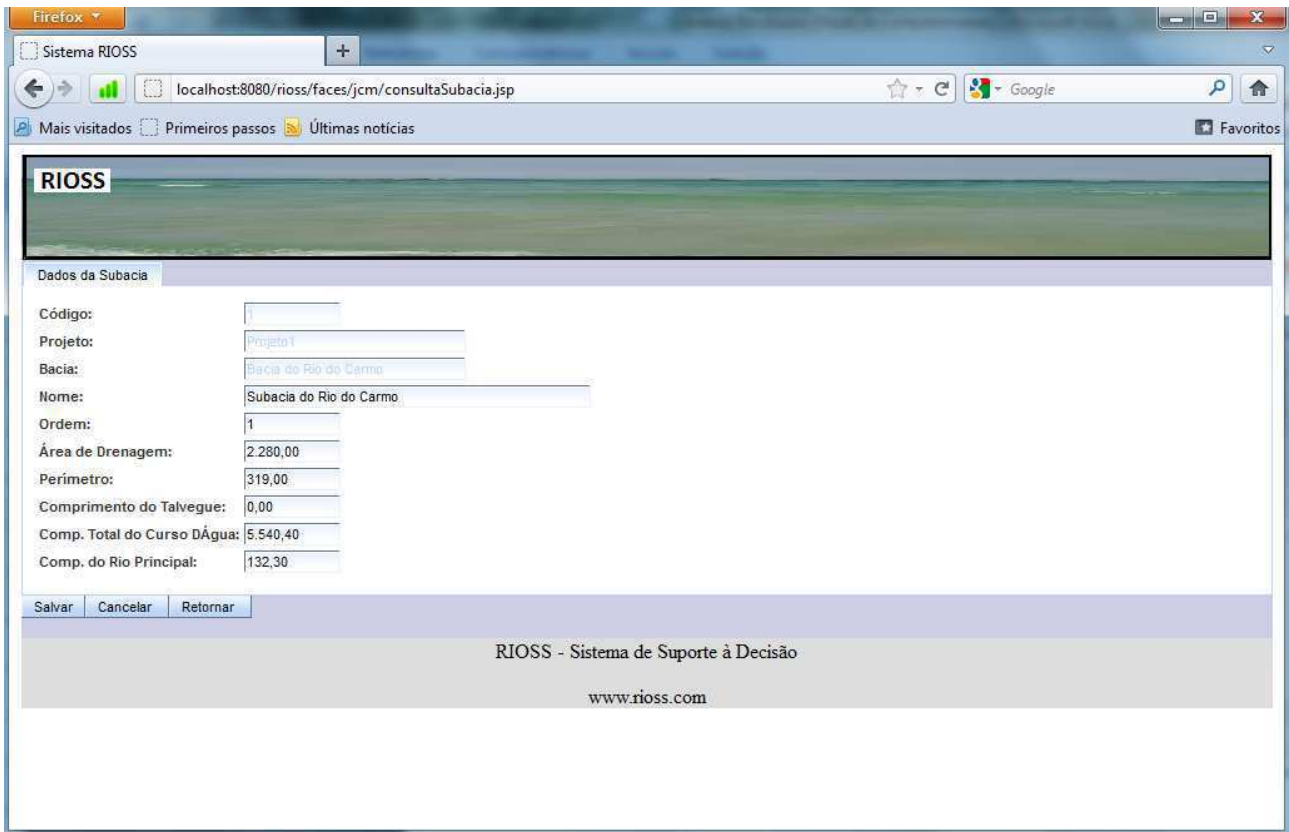


Figura 6.72k. Cadastro de Subacia.