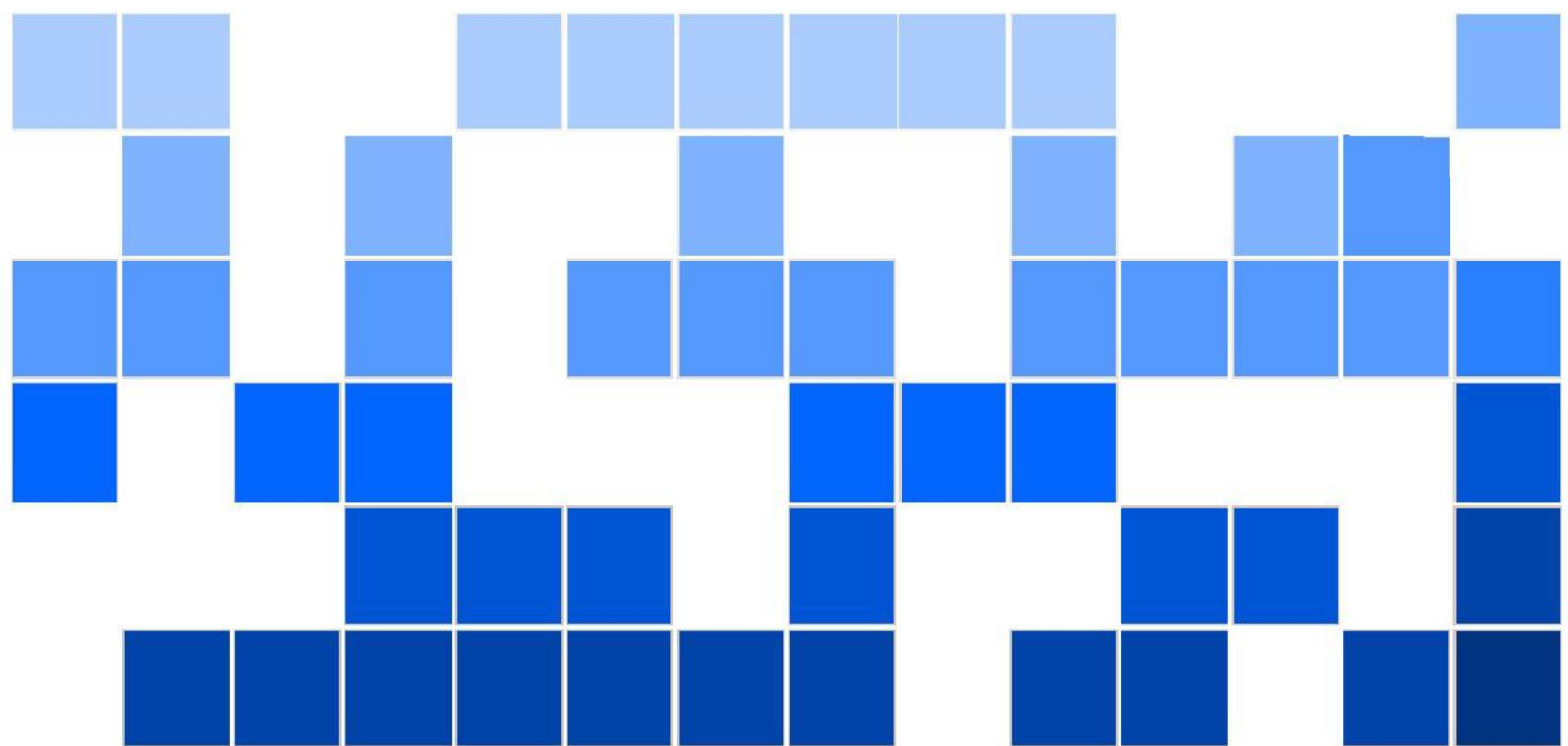


MANUAL DO SIGA

FUNCEME - CE, BRASIL (2020. V2)



Copyright 2018 Funceme

PUBLISHED BY FUNCEME

WWW.FUNCEME.BR

Licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License (the "License"). You may not use this file except in compliance with the License. You may obtain a copy of the License at <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>. Unless required by applicable law or agreed to in writing, software distributed under the License is distributed on an "AS IS" BASIS, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied. See the License for the specific language governing permissions and limitations under the License.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 HISTÓRICO E PARCERIAS.....	14
2. REDE	16
3. HIDROLOGIA	18
3.1 GWLF.....	18
3.2 SMAP.....	18
3.3 HYMOD.....	20
3.4 SACR (SACRAMENTO).....	21
3.5 CN3S MENSAL.....	23
3.6 WASA.....	23
4. CALIBRAÇÃO	25
4.1 MOPSO.....	25
4.2 HBMOMO.....	27
5. OPERAÇÃO DE SISTEMAS	30
5.1 OPERAÇÃO DE SISTEMAS HÍDRICOS COM BASE NA SIMULAÇÃO DE REGRAS31	
5.2 OPERAÇÃO DE SISTEMAS HÍDRICOS COM BASE EM REDE DE FLUXO (PRIORIDADES).....	33
6. FERRAMENTAS	34
6.1 IMPORTAÇÕES.....	34
6.1.1 Importação de Séries.....	34
6.1.2 Importação de Matrizes.....	36
6.2 THIESSEN.....	36
7. INTRODUÇÃO: VISÃO GERAL DO SIGA	39
7.1 BARRAS MULTIFUNCIONAIS.....	40
7.2 BARRA DE FERRAMENTAS.....	53
8. MÓDULO DE DESENHO DE REDE	55
8.1 TRABALHANDO COM NÓS.....	56
8.2 TRABALHANDO COM TRECHOS.....	57
9. HIDROLOGIA	62
9.1 MODELOS PARA ESCALA DE TEMPO HORÁRIA.....	64
9.1.1 SMAPH (Versão horária).....	64
9.1.2 SACR (Versão horária).....	66
9.1.3 WASA (Versão horária).....	67
9.2 MODELOS PARA ESCALA DE TEMPO DIÁRIA.....	69
9.2.1 GWLF (Versão diária).....	69
9.2.2 SMAP (Versão diária).....	72

9.2.3 HYMOD (Versão diária)	72
9.2.4 SACR (Versão diária)	73
9.2.5 WASA (Versão diária)	73
9.3 MODELOS PARA ESCALA DE TEMPO MENSAL	74
9.3.1 SMAP (Versão mensal)	74
9.3.2 CN3S (Versão mensal)	75
10. CALIBRAÇÃO	76
10.1 SELEÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO A SER CALIBRADO.....	77
10.2 SELEÇÃO DO ALGORITMO DE OTIMIZAÇÃO.....	80
11. OPERAÇÃO DE SISTEMAS	82
11.1 CONFIGURAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA.....	83
11.1.1 Entrada de dados para reservatórios, demandas e trechos	83
11.1.1.1 <i>Matriz de CAV (Cota - Área - Volume)</i>	86
11.1.1.2 <i>Matriz de Dados (precipitação, evapotranspiração e vazão)</i>	87
11.1.1.3 <i>Matriz de Dados de Demandas</i>	96
11.1.1.4 <i>Volume meta</i>	98
11.1.2 Entrada de dados: Configuração de dados globais de rede	99
11.1.2.1 <i>Importação e atualização das séries de dados</i>	102
11.1.2.2 <i>Carregamento das informações entre diversos cenários</i>	105
11.2 SIMULAÇÃO.....	107
11.2.1 Simulador (regras)	107
11.2.1.1 <i>Regras Operacionais</i>	107
11.2.1.2 <i>Funções de Alocação</i>	112
11.2.2 Otimizador por Prioridades	113
11.2.2.1 <i>Definição de Prioridades</i>	114
11.2.2.1.1 <i>Método para Exportação para Regras e Otimizador de Regras</i>	116
11.2.2.1.2 <i>Método de Simulação Janelas</i>	117
11.2.2.1.3 <i>Método de Simulação Janelas – cenários de clima</i>	119
11.2.2.1.4 <i>Método de Simulação com aporte zero</i>	121
11.2.2.2 <i>Estado Hidrológico do Sistema (EHS)</i>	122
11.2.2.3 <i>Estado Hidrológico por Reservatório (EHR)</i>	126
11.2.2.4 <i>Programação de bombeamento</i>	132
11.2.2.5 <i>Visualização dos resultados</i>	138
11.2.2.5.1 <i>Resultados obtidos pela Simulação do Otimizador (Prioridades) – Método de Simulação Contínuo</i>	138
11.2.2.6 <i>Explorando Resultados via Dados globais I (Resumo de métricas)</i>	154
11.2.2.7 <i>Explorando Resultados via Janela Comparar (Método de Simulação Contínuo)</i>	159
11.2.3 Resultados de Simulação por Janela na Otimização Por Prioridades	162
11.2.3.1 <i>Resultados de Simulação por Janela método via dados globais</i>	168
11.2.3.2 <i>Explorando Resultados via Comparar Janelas de um Elemento (Método de Simulação Janelas)</i>	176
11.2.3.3 <i>Alerta de Estouro de Limite em um Trecho no Modo Janelas</i>	179
11.2.4 Ferramenta Para Executar Todos os Cenários	180

11.3 OTIMIZAÇÃO DE REGRAS.....	182
11.3.1 Funções Objetivo	183
11.3.2 Variáveis de Decisão	192
11.3.3 Matriz de alocação	195
11.4 JANELAS.....	196
12. FERRAMENTAS	198
12.1 THIESSEN.....	198
12.1.1 Calcular Thiessen	198
12.2 CONVERSOR DE ARQUIVOS.....	199
12.3 EXPORTAR CAVS PARA ARQUIVO CSV.....	201
12.4 CHECAR A VALIDADE DAS CAVS.....	203
13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	204
ANEXO 01	207
A. ENTRADA E SAÍDA DE SÉRIES TEMPORAIS.....	207
B. ENTRADA E SAÍDA DE DADOS.....	214
B.1 Entrada e saída de dados via JSON	214
B.2 Matriz de Thiessen	219
C. MÉTODOS DE EXECUÇÃO DE THIESSEN.....	219
<i>C.1 Método por Sub-bacia</i>	219
D. GEORREFERENCIAMENTO.....	220
<i>D.1 Shapfiles</i>	220
<i>D.2 Rasters</i>	221
<i>D.3 Sistema de coordenadas</i>	222
ANEXO 02	223
A. MINUTA DE INSTALAÇÃO DO SIGA.....	223
B. DOWNLOAD DO SIGA.....	223
C. INSTALAÇÃO DO SIGA.....	224
D. EXEMPLO DE ABERTURA DO PROJETO SIGA DO EIXO LESTE (PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO SÃO FRANCISCO - PISF).....	228
ANEXO 03	236

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - PARCEIROS, COLABORADORES E USUÁRIOS DO SIGA.....	15
FIGURA 2.1 - DESENHO ESQUEMÁTICO DA REDE DE FLUXO DA BACIA DO BANABUIÚ NO CEARÁ.....	16
FIGURA 2.2 - DESENHO ESQUEMÁTICO DE UMA REDE DE FLUXO JUNTAMENTE COM UM SHAPE DA BACIA DO BANABUIÚ NO CEARÁ.....	17
FIGURA 2.3 - DESENHO ESQUEMÁTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA NO CEARÁ.....	17
FIGURA 3.1 - REPRESENTAÇÃO DO MODELO SMAP DIÁRIO (LOPES, 1999).....	19
FIGURA 3.2 - REPRESENTAÇÃO DO MODELO SMAP MENSAL. (LOPES, 1999).....	20
FIGURA 3.3 - CONCEPÇÃO GERAL DO MODELO. ADAPTADO DE QUAN ET AL (2015).....	21
FIGURA 3.4 - DESCRIÇÃO DO MODELO SACR.....	22
FIGURA 6.1 - FORMATO DA CAV.....	36
FIGURA 6.2 - EXEMPLO DOS POLÍGONOS DE THIESSEN.....	37
FIGURA 7.1 - INTERFACE DE BARRAS MULTIFUNCIONAIS: BARRA DE MENUS PERMANENTES, BARRA DE FERRAMENTAS E BARRA DE MÓDULOS DE EXECUÇÃO.....	39
FIGURA 7.2 - COMANDOS DO MENU ARQUIVO DA BARRA DE MENUS.....	40
FIGURA 7.3 - COMANDOS DO MENU EDITAR.....	41
FIGURA 7.4 - COMANDOS DO MENU EXIBIR.....	42
FIGURA 7.5 - JANELA VISTA GERAL HABILITADA.....	43
FIGURA 7.6 - JANELA DE LEGENDA DOS ELEMENTOS QUE COMPÕEM A REDE HÍDRICA.....	43
FIGURA 7.7 - JANELA DE VISUALIZAÇÃO DE CAMADAS DO TIPO SHAPE E RASTER.....	44
FIGURA 7.8 - JANELA DE VISUALIZAÇÃO DE SUB REDES.....	46
FIGURA 7.9 - INTERFACE PARA PREENCHIMENTO DA SÉRIE DE DADOS COM VALORES PERIÓDICOS.....	47
FIGURA 7.10 - INTERFACE PARA CARACTERIZAÇÃO DA SELEÇÃO DE ELEMENTOS.....	47
FIGURA 7.11 - INTERFACE PARA CARACTERIZAÇÃO DA SELEÇÃO DE ELEMENTOS.....	48
FIGURA 7.12 - EXEMPLO DE DEMANDAS QUE SERÃO SELECIONADAS PELO PROCESSO DE SELEÇÃO DE PONTOS ESPECÍFICOS NA REDE.....	49
FIGURA 7.13 - EXEMPLO ELEMENTOS QUE SERÃO SELECIONADAS PELO PROCESSO DE SELEÇÃO DE PONTOS ESPECÍFICOS NA REDE.....	49
FIGURA 7.14 - FUNÇÃO AJUDA.....	50
FIGURA 7.15 - ITENS QUE EXIBE/OCULTAM COMPONENTES.....	50
FIGURA 7.16 - MENUS DE SELEÇÃO DE MÓDULO.....	51
FIGURA 7.17 - MENU SOBRE.....	51
FIGURA 7.18 - MENU FERRAMENTAS.....	52
FIGURA 7.19 - CONVERSOR DE ARQUIVOS.....	52
FIGURA 7.20 - CHECAGEM DE CAVS.....	53
FIGURA 8.1 - DEFINIÇÕES SOBRE OS NÓS RECÉM CRIADOS NA REDE HÍDRICA.....	56
FIGURA 8.2 - MANIPULAÇÃO DE PROPRIEDADES DE TRECHOS NO MÓDULO DE REDE.....	58
FIGURA 8.3 - INSERINDO PONTO DE QUEBRA EM TRECHO.....	59
FIGURA 8.4 - FORMATO DE TRECHO APÓS QUEBRA.....	59
FIGURA 8.5 - FORMATO DE TRECHO REPOSICIONAMENTO DO PONTO DE QUEBRA.....	60

FIGURA 8.6 - DESTAQUE PARA AS BARRAS DE REDE E DE SHAPE QUE PERMITEM TRABALHAR COM A REDE HÍDRICA NO SIGA.....	61
FIGURA 9.1 - DEFINIÇÃO DA ESCALA DE TEMPO DA SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA.....	62
FIGURA 9.2 - INSERÇÃO DA BARRA DE FERRAMENTAS DE SHAPE PARA ILUSTRAR A BACIA HIDROGRÁFICA A SER MODELADA.....	62
FIGURA 9.3 - INÍCIO DE NOVO CENÁRIO: COMPONENTE HIDROLOGIA.....	63
FIGURA 9.4 - ENTRADA DE DADOS DE VAZÃO OBSERVADA PARA A BACIA OU PARA ALGUM PONTO DE INTERESSE.....	64
FIGURA 9.5 - DESTAQUES DOS BOTÕES DE EXECUÇÃO DO MODELO SELECIONADO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	64
FIGURA 9.6 - CONFIGURANDO O MODELO SMAP.....	65
FIGURA 9.7 - ENTRADA DE DADOS DO MODELO SMAP HORÁRIO.....	65
FIGURA 9.8 - PARÂMETROS DO MODELO SACR VERSÃO HORÁRIA.....	66
FIGURA 9.9 - INTERFACE DE ENTRADA DO WASA.....	68
FIGURA 9.10 - INSERÇÃO DE SHAPEFILES PARA OBTENÇÃO DE PARÂMETROS FISIAGRÁFICOS DO MODELO WASA, VERSÃO HORÁRIA E DIÁRIA.....	68
FIGURA 9.11 - DEFINIÇÃO DE ÁREAS FONTES E SUAS CARACTERÍSTICAS PARA APLICAÇÃO DO MODELO GWLF.....	70
FIGURA 9.12 - INFORMAÇÕES SOBRE BALANÇO DE ACÚMULO DE NEVE E CRESCIMENTO DE CULTURAS PARA SIMULAÇÃO DO MODELO GWLF.....	71
FIGURA 9.13 - PARÂMETROS DO MODELO GWLF.....	72
FIGURA 9.14 - INTERFACE DO MODELO HYMOD PARA SIMULAÇÕES DE VAZÕES DIÁRIAS.....	73
FIGURA 9.15 - INTERFACE DE ENTRADA DE DADOS E PARÂMETROS DO MODELO SMAP MENSAL.....	74
FIGURA 9.16 - INTERFACE DE ENTRADA DE DADOS E PARÂMETROS DO MODELO CN3S.....	75
FIGURA 10.1 - INTERFACE INICIAL PARA APLICAÇÃO DO MÓDULO DE CALIBRAÇÃO DO SIGA.....	76
FIGURA 10.2 - EXEMPLO DE OPÇÕES PARA OTIMIZAR/NÃO OTIMIZAR UM VALOR.....	77
FIGURA 10.3 - SMAP - VERSÃO HORÁRIA.....	78
FIGURA 10.4 - SMAP - VERSÃO DIÁRIA.....	78
FIGURA 10.5 - HYMOD - VERSÃO DIÁRIA.....	79
FIGURA 10.6 - SMAP - VERSÃO MENSAL.....	79
FIGURA 10.7 - CN3S - VERSÃO MENSAL.....	80
FIGURA 10.8 - ALGORITMOS DE OTIMIZAÇÃO E FUNÇÕES OBJETIVOS DO MÓDULO DE CALIBRAÇÃO DO SIGA.....	81
FIGURA 11.1 - INTERFACE INICIAL DO MÓDULO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS HÍDRICOS COM DESTAQUE PARA OS BOTÕES DE DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS.....	82
FIGURA 11.2 - LOCAL DA OPÇÃO CURVA DE GARANTIA.....	83
FIGURA 11.3 - INTERFACE DE ENTRADA DE DADOS PARA UM NÓ DE RESERVATÓRIO TÍPICO.....	85
FIGURA 11.4 - COTA, ÁREA E VOLUME (CAV) COM VALORES PREENCHIDOS.....	86
FIGURA 11.5 - ARQUIVO MTRX COM CAV.....	86
FIGURA 11.6 - ENTRADA DE DADOS DE COTA, ÁREA E VOLUME (CAV).....	87
FIGURA 11.7 - ENTRADA DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO PARA UM RESERVATÓRIO.....	88
FIGURA 11.8 - FORMATO DE UM ARQUIVO TEXTO A SER CARREGADO COM INFORMAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO PARA UM RESERVATÓRIO.....	89
.....	90
FIGURA 11.9 - JANELA DE LEITURA DOS DADOS DE SÉRIES HISTÓRICAS.....	90

FIGURA 11.10 - JANELA DE LEITURA DOS DADOS DE SÉRIES HISTÓRICAS.....	90
FIGURA 11.11 - JANELA DE EXIBIÇÃO DOS DADOS DIÁRIOS DE UMA SÉRIE HISTÓRICA.....	92
FIGURA 11.12 - VISUALIZAÇÃO DE SÉRIES HISTÓRICA DIÁRIA NA FORMA GRÁFICA.....	92
FIGURA 11.13 - JANELA DE LEITURA DOS DADOS MENSAIS DE UMA SÉRIE HISTÓRICA.....	93
FIGURA 11.14 - VISUALIZAÇÃO DE SÉRIES HISTÓRICA MENSAL NA FORMA GRÁFICA.....	93
FIGURA 11.15 - VISUALIZAÇÃO DE SÉRIES HISTÓRICA MENSAL NA FORMA GRÁFICA, APRESENTANDO FUNÇÕES PARA MELHORIA DAS INFORMAÇÕES A SEREM EXIBIDAS.....	94
FIGURA 11.16 - VISUALIZAÇÃO DE SÉRIES HISTÓRICA MENSAL NA FORMA GRÁFICA.....	95
FIGURA 11.17 - LIMIAR DE VISUALIZAÇÃO DOS VALORES DO EIXO.....	95
FIGURA 11.18 - EXPORTE DA FIGURA EM FORMATO PDF.....	96
FIGURA 11.19 - PRÉ-VISUALIZAÇÃO DO GRÁFICO DAS SÉRIES HISTÓRICAS MENSAIS.....	96
FIGURA 11.20 - INTERFACE PARA PREENCHIMENTO DAS SÉRIES DE DEMANDAS (VALOR ÚNICO OU SÉRIE).....	97
FIGURA 11.21 - INTERFACE PARA PREENCHIMENTO DAS PRIORIDADES DAS DEMANDAS.....	97
FIGURA 11.22 - INTERFACE PARA CONFIGURAÇÕES DE DADOS DE TRECHOS DE RIOS, RIACHOS OU ADUTORAS.....	98
FIGURA 11.23 - INTERFACE PARA PREENCHIMENTO DAS SÉRIES DE VOLUME META.....	99
FIGURA 11.24 - JANELA DE CONFIGURAÇÃO DE DADOS GLOBAIS.....	100
FIGURA 11.25 - MODO DE EDIÇÃO DAS SÉRIES DE ENTRADA.....	100
FIGURA 11.26 - INTERFACE PARA PREENCHIMENTO DA SÉRIE DE DADOS PARA O PERÍODO COMPLETO.....	101
FIGURA 11.27 - INTERFACE PARA PREENCHIMENTO DA SÉRIE DE DADOS COM VALOR FIXO.....	101
FIGURA 11.28 - INTERFACE PARA PREENCHIMENTO DA SÉRIE DE DADOS COM VALORES PERIÓDICOS.....	102
FIGURA 11.29 - TELA DE CONFIGURAÇÃO DO ENDEREÇO DA URL E PORTA DA API.....	103
FIGURA 11.30 - ACESSO PARA ATUALIZAÇÃO DAS SÉRIES, PELA API, VIA DADOS GLOBAIS.....	104
FIGURA 11.31 - ACESSO PARA ATUALIZAÇÃO DAS SÉRIES EM LOTE, PELA API, VIA DADOS GLOBAIS.....	105
FIGURA 11.32 - TELA PRINCIPAL DO PROCEDIMENTO DE CÓPIA DE DADOS ENTRE CENÁRIOS.....	106
FIGURA 11.33 - MENSAGEM DE CONCLUSÃO DE CÓPIA DOS DADOS ENTE OS CENÁRIOS.....	106
FIGURA 11.33 - TIPOS DE MÉTODOS DE EXECUÇÃO.....	107
FIGURA 11.34 - ENTRADA DE FORMATO DAS REGRAS NO MÉTODO DE SIMULAÇÃO POR REGRAS.....	108
FIGURA 11.35 - INTERFACES DE REGRAS DE OPERAÇÃO DO SISTEMA: (A) CONSTANTE CONFORME ARMAZENAMENTO; (B) GARANTIA DE DEMANDA; (C) PERIÓDICA; (D) CONSTANTE; (E) POR SÉRIE.....	109

FIGURA 11.36 - INTERFACE PARA REGRA DE LIBERAÇÃO DEPENDENTE, COM 1 DEPENDÊNCIA E DE TIPO ESTÁTICO.....	110
FIGURA 11.37 - INTERFACE PARA REGRA DE LIBERAÇÃO DEPENDENTE, COM 2 DEPENDÊNCIAS E DE TIPO ESTÁTICO.....	110
FIGURA 11.38 - INTERFACE PARA REGRA DE LIBERAÇÃO DEPENDENTE, COM 1 DEPENDÊNCIA E DE TIPO PERIÓDICO.....	111
FIGURA 11.39 - INTERFACE PARA REGRA DE LIBERAÇÃO DEPENDENTE, COM 2 DEPENDÊNCIAS E DE TIPO PERIÓDICO.....	111
FIGURA 11.40 - INTERFACE PARA ALOCAÇÃO NO MÓDULO OPERAÇÃO DE SISTEMAS.....	112
FIGURA 11.41 - INTERFACE PARA INSERÇÃO DA MATRIZ DE ALOCAÇÃO.....	112
FIGURA 11.42 - INTERFACE PARA INSERÇÃO DA MATRIZ DE ALOCAÇÃO GRÁFICA.....	113
FIGURA 11.43 - INTERFACE PARA INSERÇÃO DAS PRIORIDADES DOS RESERVATÓRIOS.....	114
FIGURA 11.44 - INTERFACE DE DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES.....	115
.....	116
FIGURA 11.45 - INTERFACE PARA DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES EM DIFERENTES TIPOLOGIAS DE DEMANDAS.....	116
FIGURA 11.46 - INTERFACE EXIBINDO OS COMANDOS PARA EXPORTAÇÃO PARA O MÉTODO DE EXECUÇÃO – SIMULADOR (REGRAS) E OTIMIZADOR (REGRAS).....	117
FIGURA 11.47 - TIPO DE JANELA: POR NÚMERO DE MESES.....	117
FIGURA 11.48 - INTERFACE PARA DEFINIÇÃO DO NÚMERO DE MESES E DATAS PARA SIMULAÇÃO.....	118
FIGURA 11.49 - INTERFACE PARA DEFINIÇÃO DO ANO DE REFERÊNCIA.....	119
FIGURA 11.50 - CONFIGURAÇÃO DAS INFORMAÇÕES PARA GERAÇÃO DE CENÁRIOS DE CLIMA DE ACORDO COM OS ANOS PRÓXIMOS.....	120
FIGURA 11.51 - ANOS PRÓXIMOS UTILIZADOS NAS SIMULAÇÕES.....	121
FIGURA 11.52 - CONFIGURAÇÃO NÃO ENCONTRADA.....	121
FIGURA 11.53 - INTERFACE PARA DEFINIÇÃO APORTE ZERO.....	122
FIGURA 11.54 - INTERFACE PARA DEFINIÇÃO APORTE ZERO VIA DADOS GLOBAIS.....	122
.....	123
FIGURA 11.55 - INTERFACE PARA DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DAS FAIXAS DO ESTADO HIDROLÓGICO.....	123
FIGURA 11.56 - CONFIGURAÇÃO DAS PRIORIDADES COM VALORES PADRÃO.....	124
FIGURA 11.57 - CONFIGURAÇÃO DAS PRIORIDADES COM VALORES CONFIGURADOS NO PROJETO.....	125
FIGURA 11.58 - MENSAGEM DE AVISO DE PRIORIDADES A SEREM COPIADAS.....	125
FIGURA 11.59 - INTERFACE PARA DEFINIÇÃO DOS VOLUMES META PARA CADA FAIXA DE CADA RESERVATÓRIO.....	126
FIGURA 11.60 - MENSAGEM DE AVISO DE PREENCHIMENTO DAS SÉRIES COM VOLUME META PADRÃO.....	126
FIGURA 11.61 - BOTÃO DE CONFIGURAÇÃO DE ESTADO HIDROLÓGICO POR RESERVATÓRIO.....	127
FIGURA 11.62 - JANELA DE CONFIGURAÇÃO DE ESTADO HIDROLÓGICO POR RESERVATÓRIOS.....	127
FIGURA 11.63 - JANELA DE CONFIGURAÇÃO DAS ZONAS DE PRIORIDADE.....	128
FIGURA 11.64 - EXEMPLO DE CONFIGURAÇÃO DAS ZONAS DE PRIORIDADE.....	128
FIGURA 11.65 - JANELA DE CONFIGURAÇÃO DAS ZONAS DE PRIORIDADE DE R1..	130
FIGURA 11.66 - JANELA DE CONFIGURAÇÃO DAS ZONAS DE PRIORIDADE DE R1..	130

FIGURA 11.67 - JANELA DE CONFIGURAÇÃO DAS ZONAS DE PRIORIDADE DE R2..	130
FIGURA 11.68 - MENSAGEM INFORMANDO PRIORIDADES COPIADAS.....	131
FIGURA 11.69 - PREENCHIMENTO DA SÉRIE DE VOLUME META COM VALOR PADRÃO, NO CASO “1” OU 100%.....	132
FIGURA 11.70 - INTERFACE DA CONFIGURAÇÃO DE BOMBEAMENTO.....	133
FIGURA 11.71 - INTERFACE DA CONFIGURAÇÃO DO CUSTO DO VOLUME REFERENTE A 1 M ³	134
FIGURA 11.72 - INTERFACE MOSTRANDO A VIABILIDADE DO BOMBEAMENTO.....	134
FIGURA 11.73 - VAZÃO MÉDIA FORNECIDA PELAS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO EM (M ³ /S).....	135
FIGURA 11.74 - VAZÃO REQUERIDA PELA SIMULAÇÃO POR ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO EM (M ³ /S).....	135
FIGURA 11.75 - VALORES ESTIMADOS DO BOMBEAMENTO EM FUNÇÃO DO PREÇO DO M ³ CONFIGURADO, REFERENTE AO QUE PODE SER ATENDIDO EM (R\$).....	136
FIGURA 11.76 - VALORES ESTIMADOS DO BOMBEAMENTO EM FUNÇÃO DO PREÇO DO M ³ CONFIGURADO REFERENTE A VAZÃO TOTAL DEMANDADA EM (R\$).....	136
FIGURA 11.77 - VOLUME DE DÉFICITS POR TIPO DE DEMANDA EM (M ³).....	137
FIGURA 11.78 - CUSTO DE DÉFICITS POR TIPO DE DEMANDA (R\$).....	137
FIGURA 11.79 - CUSTO DE BOMBEAMENTO (R\$).....	138
FIGURA 11.80 - FORMAS DE ACESSAR OS RESULTADOS DA SIMULAÇÃO.....	139
FIGURA 11.81 - INTERFACE PARA EXIBIÇÃO DOS RESULTADOS, ASSIM COMO DADOS DE ENTRADA.....	140
FIGURA 11.82 - RESULTADOS TABULAR DAS SÉRIES DE VOLUME INICIAL DOS RESERVATÓRIOS.....	141
FIGURA 11.83 - RESULTADOS GRÁFICOS DAS SÉRIES DE VOLUME INICIAL DOS RESERVATÓRIOS.....	141
FIGURA 11.84 - RESULTADOS COM EXIBIÇÃO DE MÚLTIPLOS GRÁFICOS (DIFERENTES UNIDADES).....	142
FIGURA 11.85 - RESULTADOS COM EXIBIÇÃO NA ESCALA LOGARÍTMICA.....	143
FIGURA 11.86 - CONFIGURAÇÃO DE MUDANÇA NA EXIBIÇÃO DAS INFORMAÇÕES NO GRÁFICO.....	144
FIGURA 11.87 - ESTATÍSTICA DAS DEMANDAS, INFORMAÇÕES EM COLUNAS.....	145
FIGURA 11.88 - ESTATÍSTICA DAS DEMANDAS, INFORMAÇÕES EM LINHAS.....	146
FIGURA 11.89 - FORMA DE EXIBIR OS RESULTADOS USANDO O BOTÃO DIREITO DO MOUSE.....	147
FIGURA 11.90 - TELA DE RESULTADOS NO MODO DE SIMULAÇÕES POR PRIORIDADES PARA RESERVATÓRIOS.....	148
FIGURA 11.91 - TELA DE RESULTADOS NO MÉTODO DE SIMULAÇÃO CONTÍNUO PARA TRECHOS EM GERAL(RIO, RIACHO OU CANAL, ADUTORA, ETC).....	149
FIGURA 11.92 - TELA DE RESULTADOS NO MÉTODO DE SIMULAÇÃO CONTÍNUO PARA DEMANDA.....	150
FIGURA 11.93 – RESULTADOS GRÁFICOS OBTIDOS PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO CONTÍNUO.....	151
FIGURA 11.94 – FERRAMENTA PARA AJUSTES DE COR E SÍMBOLO NOS GRÁFICOS.....	152
FIGURA 11.95 – ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS (INFORMAÇÕES GERAIS).....	153
FIGURA 11.96 - JANELA DADOS GLOBAIS, INDICANDO O RESUMO DE ALGUMAS INFORMAÇÕES DE RESULTADOS GERADAS PELO SISTEMA.....	154
FIGURA 11.97 - MÉTRICAS DOS RESULTADOS PARA OS RESERVATÓRIOS.....	155
FIGURA 11.98 - SELEÇÃO DE DEMANDAS PARA VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS	

.....	157
FIGURA 11.99 - MÉTRICAS DOS RESULTADOS PARA AS DEMANDAS.....	158
FIGURA 11.100 - INTERFACE PARA SELEÇÃO DO(S) ELEMENTOS(S) PARA COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS (MÉTODO DE SIMULAÇÃO CONTÍNUO).....	159
FIGURA 11.101 - ADIÇÃO DO(S) ELEMENTOS(S) PARA COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS (MÉTODO DE SIMULAÇÃO CONTÍNUO).....	160
FIGURA 11.102 - TELA DE EXIBIÇÃO NA FORMA TABULAR DO(S) ELEMENTOS(S) PARA COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS (MÉTODO DE SIMULAÇÃO CONTÍNUO)...	161
FIGURA 11.103 - TELA DE EXIBIÇÃO NA FORMA GRÁFICA DO(S) ELEMENTOS(S) PARA COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS (MÉTODO DE SIMULAÇÃO CONTÍNUO)...	161
FIGURA 11.104 - MÉTRICAS DOS RESULTADOS PARA AS DEMANDAS.....	162
FIGURA 11.105 – EXECUTANDO JANELAS.....	163
FIGURA 11.106 - TELA DE RESULTADOS NO MODO DE SIMULAÇÕES JANELAS. ...	163
FIGURA 11.107 –TELA DE RESULTADOS NO MODO DE SIMULAÇÕES JANELAS PARA RESERVATÓRIOS.....	165
FIGURA 11.108 - TELA DE RESULTADOS NO MODO DE SIMULAÇÕES JANELAS PARA TRECHOS (RIO, RIACHO OU CANAL, ADUTORA, ETC).....	166
FIGURA 11.109 - TELA DE RESULTADOS NO MODO DE SIMULAÇÕES JANELAS PARA DEMANDA.....	167
FIGURA 11.110 - INTERFACE PARA CONFIGURAÇÃO DA TELA DE RESULTADOS NO MODO DE SIMULAÇÕES JANELAS PARA RESERVATÓRIOS (CENÁRIO DE CLIMA)..	168
FIGURA 11.111 - TELA DE RESULTADOS PARA RESERVATÓRIO PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO JANELAS (CENÁRIOS DE CLIMA).....	169
FIGURA 11.112 - TELA DE RESULTADOS PARA RESERVATÓRIO PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO JANELAS (CENÁRIOS DE CLIMA).....	171
FIGURA 11.113 - INTERFACE PARA CONFIGURAÇÃO DA TELA DE RESULTADOS NO MODO DE SIMULAÇÕES JANELAS PARA DEMANDAS (CENÁRIO DE CLIMA).....	172
FIGURA 11.114 - TELA DE RESULTADOS PARA DEMANDAS PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO JANELAS (CENÁRIOS DE CLIMA).....	172
FIGURA 11.115 - TELA DE RESULTADOS PARA DEMANDAS PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO JANELAS (CENÁRIOS DE CLIMA).....	173
FIGURA 11.116 - INTERFACE PARA CONFIGURAÇÃO DA TELA DE RESULTADOS NO MODO DE SIMULAÇÕES JANELAS PARA TRECHO/LINK (CENÁRIO DE CLIMA).....	174
FIGURA 11.117 - TELA DE RESULTADOS PARA TRECHO DE RIO, CANAL, RIACHO PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO JANELAS (CENÁRIOS DE CLIMA).....	175
FIGURA 11.118 - TELA DE RESULTADOS PARA RESERVATÓRIO PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO JANELAS (CENÁRIOS DE CLIMA).....	176
FIGURA 11.119 - TELA DE RESULTADOS PARA RESERVATÓRIO PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO JANELAS (CENÁRIOS DE CLIMA).....	177
FIGURA 11.120 - TELA DE RESULTADOS PARA RESERVATÓRIO (VAZÃO CONTROLADA A MONTANTE) PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO JANELAS (CENÁRIOS DE CLIMA).....	178
FIGURA 11.121 - TELA DE RESULTADOS PARA RESERVATÓRIO (VAZÃO CONTROLADA A MONTANTE) PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO JANELAS (CENÁRIOS DE CLIMA).....	178
FIGURA 11.122 - TELA INDICANDO QUE O LIMITE MÁXIMO NO TRECHO SUPORTADO FOI ATINGIDO.....	179
FIGURA 11.123 - TELA INDICANDO QUE O LIMITE MÁXIMO NO TRECHO SUPORTADO FOI ATINGIDO, NAS JANELAS DE RESULTADOS.....	180

FIGURA 11.124 - INTERFACE PARA ESCOLHA E EXECUÇÃO DE DIFERENTES CENÁRIOS (PROJETOS. SIGA).....	181
FIGURA 11.125 – INTERFACE PARA ESCOLHA E EXECUÇÃO DE DIFERENTES CENÁRIOS (PROJETOS. SIGA).....	181
FIGURA 11.126 - INTERFACE EXIBINDO MENSAGEM DE ERRO.....	182
FIGURA 11.127 - INTERFACE INDICANDO O MÉTODO DE SIMULAÇÃO.....	182
FIGURA 11.128 - INTERFACE PARA SELEÇÃO DE FUNÇÕES OBJETIVOS EM OTIMIZAÇÃO DE REGRAS.....	184
FIGURA 11.129 - INTERFACE PARA ENTRADA DE DADOS DA FUNÇÃO OBJETIVO PERDAS POR EVAPORAÇÃO.....	185
FIGURA 11.130 - INTERFACE PARA DEFINIÇÕES DA FUNÇÃO OBJETIVO CUSTOS DE BOMBEAMENTO.....	186
FIGURA 11.131 - INTERFACE PARA FUNÇÃO OBJETIVO NÚMERO DE FALHAS.....	187
FIGURA 11.132 - INTERFACE PARA FUNÇÃO OBJETIVO GARANTIA DE ATENDIMENTO.....	188
FIGURA 11.133 - INTERFACE PARA FUNÇÃO OBJETIVO VOLUME NÃO-ATENDIDO.....	188
FIGURA 11.134 - INTERFACE PARA FUNÇÃO OBJETIVO CUSTO DE BOMBEAMENTO PERIÓDICO.....	189
FIGURA 11.135 - INTERFACE PARA FUNÇÃO OBJETIVO BENEFÍCIO.....	189
FIGURA 11.136 - INTERFACE PARA FUNÇÃO OBJETIVO VOLUME VERTIDO.....	190
FIGURA 11.137 - INTERFACE PARA AJUSTE DOS VOLUMES META.....	191
FIGURA 11.138 - INTERFACE PARA ESCOLHA DAS TÉCNICAS DE OTIMIZAÇÃO.....	192
FIGURA 11.139 - INTERFACE PARA LIBERAÇÃO CONSTANTE COM OTIMIZAÇÃO.....	193
FIGURA 11.140 - INTERFACE PARA LIBERAÇÃO CONSTANTE COM OTIMIZAÇÃO HABILITADA.....	193
FIGURA 11.141 - INTERFACE PARA REGRA DE LIBERAÇÃO PERIÓDICA COM OTIMIZAÇÃO.....	194
FIGURA 11.142 - INTERFACE PARA REGRA DE LIBERAÇÃO DEPENDENTE DO ARMAZENAMENTO.....	195
FIGURA 11.143 - INTERFACE PARA REGRA DE LIBERAÇÃO DEPENDENTE DO ARMAZENAMENTO.....	196
FIGURA 11.144 - INTERFACE PARA DEFINIÇÃO DO TAMANHO DA JANELA TEMPORAL DO MODO DE SIMULAÇÃO DE REGRAS.....	197
FIGURA 11.145 - INTERFACE PARA DEFINIÇÃO DO TAMANHO DA JANELA TEMPORAL DO MODO DE OTIMIZADOR POR PRIORIDADES.....	197
FIGURA 12.1 - ACESSO AO CÁLCULO DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA PELO MÉTODO THIESSEN.....	198
FIGURA 12.2 - SELEÇÃO DO CRITÉRIO PARA INCLUSÃO DE POSTOS NO CÁLCULO DE THIESSEN.....	198
FIGURA 12.3 - ENTRADA DA MATRIZ DE THIESSEN A SER UTILIZADA NOS CÁLCULOS.....	199
FIGURA 12.4 - COMANDO CONVERSOR DE ARQUIVOS DA BARRA DE MENUS.....	200
FIGURA 12.5 - JANELA DE PROCESSAMENTO DO CONVERSOR DE ARQUIVOS.....	201
FIGURA 12.6 – FERRAMENTA EXPORTAR CAVS.....	201
FIGURA 12.7 – ARQUIVO CSV GERADO PELA FERRAMENTA EXPORTAR CAVS.....	202
FIGURA 12.8 – INDICAÇÃO DE PROBLEMA DE CONFIGURAÇÃO DE CAV.....	203

LISTA DE TABELAS

TABELA 7.1 - BOTÕES PARA MANIPULAÇÃO DE ARQUIVOS DA JANELA DE CAMADAS.....	44
TABELA 7.2 - FUNCIONALIDADES DA BARRA DE FERRAMENTAS DO SIGA.....	53
TABELA 8.1 - ELEMENTOS REPRESENTADOS PELOS NÓS NO SIGA.....	55
TABELA 8.2 - AÇÕES QUE RESULTAM DO USO DO MOUSE NO DESENHO DE REDE.....	56
TABELA 8.3 - ATALHOS PARA SELEÇÃO MÚLTIPLA DE ELEMENTOS.....	60
TABELA 9.1 - PARÂMETROS DO MODELO SACR EM ESCALA HORÁRIA E DIÁRIA.....	67
TABELA 11.1 - ESTADOS HIDROLÓGICOS DO R1.....	129
TABELA 11.2 - ESTADOS HIDROLÓGICOS DO R2.....	129

I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. INTRODUÇÃO

Sistemas de informações em recursos hídricos são desenvolvidos com o propósito de ajudar no planejamento e na gestão de sistemas hídricos frente a diferentes cenários de multiplicidade de usos da água (muitas vezes conflitantes) e de diversidade de objetivos resultantes da dinâmica de uso e ocupação da bacia hidrográfica. Soma-se a esse conjunto de incertezas, a imprevisibilidade de ações de indivíduos e instituições que influenciam e/ou são influenciados por decisões e operações em sistemas hídricos. A função dos sistemas computacionais que tentam simular essa realidade é representar a complexidade do funcionamento de sistemas hídricos de maneira simplificada a fim de facilitar sua compreensão, operação e gestão.

O Sistema de Informação para Gerenciamento da Alocação de Água (SIGA) surgiu de um esforço para aproximar soluções técnicas de decisões, para subsidiar a gestão e o planejamento, com informações racionais e tempestivas. O SIGA é uma plataforma computacional que reúne modelos e ferramentas para apoio ao planejamento e à tomada de decisão na área de recursos hídricos. Composto por módulos integrados e concebido com base na programação orientada objeto, o SIGA apresenta versatilidade em suas aplicações a partir de interfaces de fácil aprendizado e uso, bem como adaptações para perfis diferenciados de usuários.

A partir da representação do sistema hídrico por meio de nós e trechos, o SIGA oferece modelos hidrológicos (incluindo ferramentas para calibração) e ferramentas para planejamento e operação de sistemas hídricos. Ao longo de seu desenvolvimento, o SIGA tem evoluído de acordo com solicitações, observações e sugestões de usuários a fim de se ajustar o melhor possível a aplicações e necessidades específicas.

Parte da dificuldade de utilização de sistemas de informação origina-se da complexidade dos modelos matemáticos utilizados para simular o comportamento do sistema hídrico e gerar as informações disponibilizadas pelo sistema. A pouca compreensão do funcionamento desses modelos, de suas hipóteses de formação e condições de contorno têm reduzido sobremaneira a utilização de modelos matemáticos nos processos decisórios de gestão de águas. O SIGA surgiu como uma iniciativa para superar os obstáculos na utilização de modelos que possam gerar informações para apoiar o processo de tomada de decisão e planejamento em recursos hídricos.

Este manual apresenta o SIGA a partir da descrição breve da fundamentação teórica e aplicação dos modelos embutidos nos componentes do sistema. Assim, a primeira parte do presente manual apresenta o embasamento e a formulação teórica dos modelos inseridos no SIGA, com explicações básicas de suas concepções e parâmetros. Na segunda parte do manual, o usuário encontrará uma descrição detalhada das principais funções do sistema, bem como orientações para desenvolver simulações e aplicações.

1.1 HISTÓRICO E PARCERIAS

Iniciado em agosto de 2005 com a colaboração do Departamento de Computação Gráfica da Universidade Federal do Ceará (UFC), o projeto de desenvolvimento do SIGA é coordenado por pesquisadores da FUNCEME e vem recebendo apoio de diversos parceiros. A Figura 1.1 apresenta as logomarcas desses parceiros e abaixo estão listadas cronologicamente as parcerias desenvolvidas:

> 2005 - Parceria UFC/CRAb/FUNCEME;

- 2006 - Edital CNPq;
- 2007 - Convênio CAGECE/FUNCEME;
- 2008 - Convênio PROGERIRH/SRH/BANCO MUNDIAL;
- 2009 - Convênio DNOCS;
- 2014 - Convênio COGERH.
- 2016 - ANA (Agência Nacional de Águas)



Figura 1.1 - Parceiros, colaboradores e usuários do SIGA.

Do tópico 2 até o tópico 6 do presente documento, serão apresentadas, de forma breve, as formulações teóricas dos componentes do SIGA. Para um maior aprofundamento das formulações matemáticas, sugere-se que o usuário e leitor busquem as referências apresentadas ao longo do texto.

2. REDE

O módulo de rede no SIGA deve ser utilizado para representar os sistemas hídricos a serem modelados e dar início aos estudos e simulações que se seguem. A rede desenhada no SIGA é uma representação do tratamento topológico da rede hidrográfica. A interface do SIGA permite receber e gerar informações referentes aos seus componentes. A topologia da rede define as relações entre seus componentes, permitindo representar o caminho das águas num sistema hídrico. Cada componente dessa rede possui propriedades e comportamentos específicos que influenciarão a modelagem dos processos a serem representados. Pode-se citar, por exemplo, as propriedades físicas de um reservatório (área, cota, entradas, saídas, etc), que delimitam a hidrodinâmica a ser simulada.

No SIGA, a topologia dos sistemas hídricos é representada por meio de **nós** e **trechos** interconectados para formar uma rede representativa do sistema a ser simulado. As relações de conectividade, vizinhança e pertinência desses **nós** e **trechos** formam a topologia da rede representativa do sistema hídrico. De acordo com a aplicação desejada, o usuário pode escolher quais elementos precisam ser representados para maior aproximação da realidade.

Para isso, os **nós** podem representar reservatórios, caixas de passagem (reservatórios a fio d'água), lagos naturais, pontos de demanda de água, aquíferos, junção de córregos, bacia hidrográfica, estações de coleta de dados (pluviométricas, fluviométricas, climatológicas etc.). Enquanto os **trechos** representam elementos do sistema que possuam uma dimensão longitudinal, por exemplo, rios, córregos, adutoras, transferência de bacias, retorno de vazão, retiradas, etc. As Figuras 2.1, 2.2 e 2.3 apresentam exemplos de redes hídricas representadas no SIGA.

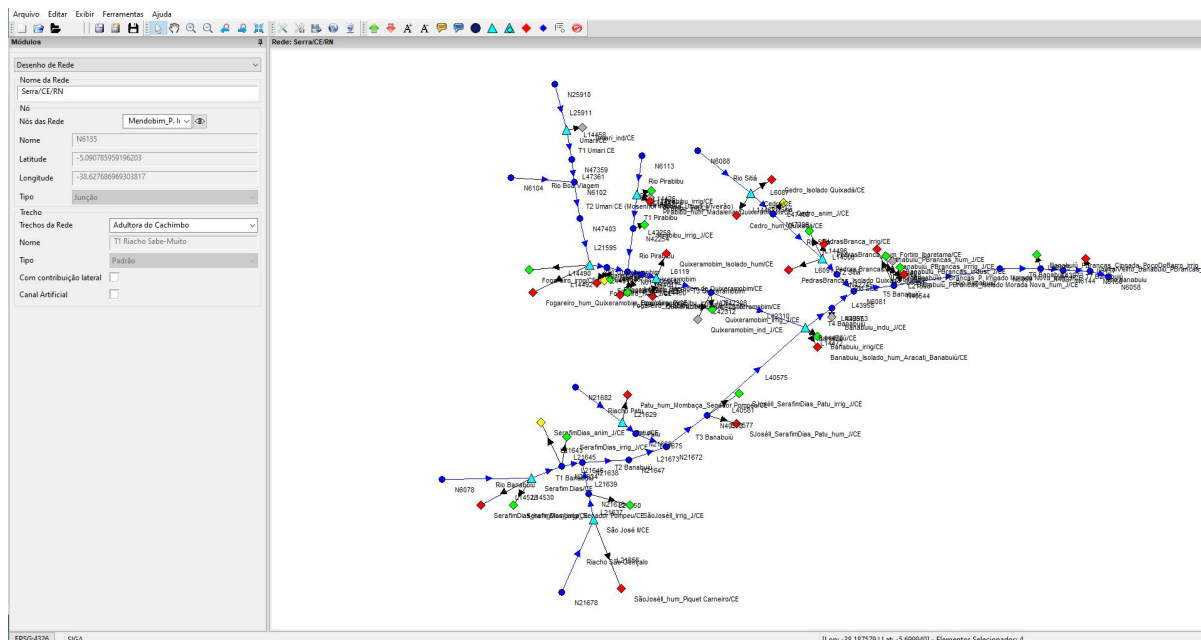


Figura 2.1 - Desenho esquemático da rede de fluxo da bacia do Banabuiú no Ceará.

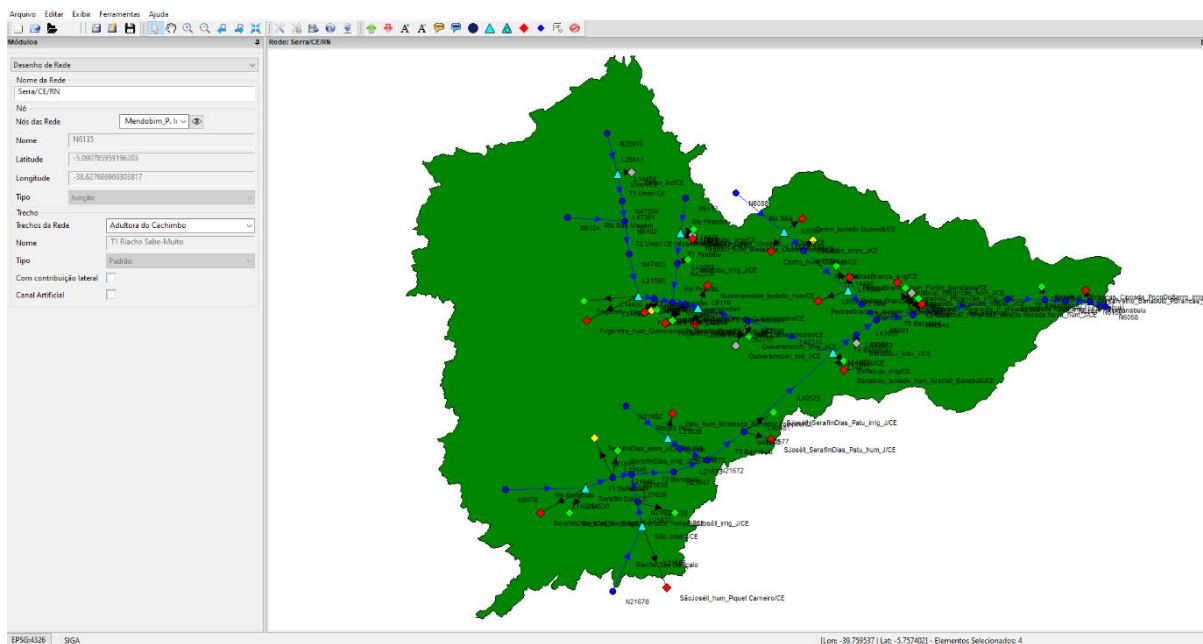


Figura 2.2 - Desenho esquemático de uma rede de fluxo juntamente com um shape da bacia do Banabuiú no Ceará.

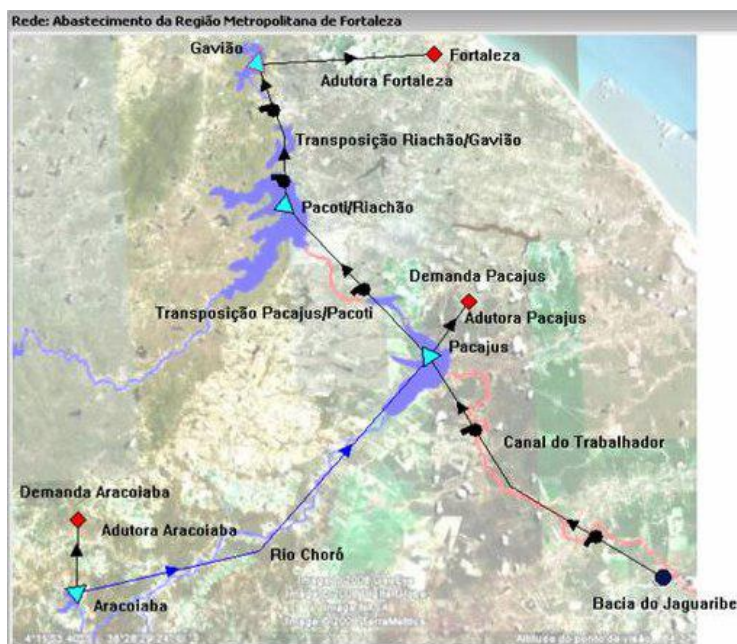


Figura 2.3 - Desenho esquemático do sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza no Ceará.

3. HIDROLOGIA

O módulo de Hidrologia do SIGA oferece ao usuário modelos hidrológicos com representação dos processos físicos que compõem o ciclo da água no âmbito de uma bacia hidrográfica, tais como, precipitação, evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial e de base. A definição de vazão e/ou disponibilidade de água na rede hídrica presente na bacia está diretamente ligada aos resultados de simulação dos modelos incorporados a este módulo. Vários modelos são alocados a esse módulo com diferentes concepções e passos de tempo variados. A seguir, descrevem-se as fundamentações teóricas dos seguintes modelos acoplados ao módulo de hidrologia do SIGA: GWLF, SMAP (horário, diário e mensal), HYMOD, SACR, CN3S (mensal) e WASA.

3.1 GWLF

O modelo *Generalized Watershed Loading Functions* (GWLF) foi originalmente desenvolvido na Universidade de Cornell (Haith et al, 1996). A formulação do modelo inserida no SIGA inclui algumas modificações sugeridas em Schneiderman et al (2002). O GWLF classifica-se como modelo concentrado com escala diária de simulações de vazão, sedimento, Nitrogênio e Fósforo. As simulações são realizadas com base na discretização espacial da bacia em unidades denominadas de áreas fontes de geração de escoamento superficial e respectivas cargas de poluentes. Uma área fonte de afluência é definida pela interseção do tipo de solo e do uso e ocupação do solo.

As equações do GWLF são aplicadas para cada área fonte. O módulo de chuva-vazão é baseado na abordagem de número de curva, CN (Curve Number), definida pelo Serviço de Conservação do Solo dos EUA (US SCS) e utiliza como dados de entrada os valores de temperatura e precipitação diária. A simulação de valores de evaporação baseia-se em cálculos da evapotranspiração potencial corrigida por um fator de cobertura vegetal para definição de valores de evapotranspiração reais. Variações no conteúdo de água nas zonas saturadas e não saturadas são comandadas por um cálculo diário de balanço hídrico no solo. A vazão simulada é resultado da contribuição do escoamento superficial e do escoamento de base. Uma descrição detalhada da formulação do modelo pode ser encontrada em Alves (2005).

3.2 SMAP

O modelo *Soil Moisture Accounting Procedure* (SMAP) (Lopes et al., 1981) é um modelo chuva-vazão do tipo conceitual e concentrado que representa armazenamento e os fluxos de água na bacia através de reservatórios lineares fictícios.

> Versão Diária

O modelo possui uma estrutura relativamente simples, composta por três reservatórios que representam o armazenamento e os fluxos na superfície, na camada superior do solo e no aquífero, como pode ser visualizado na Figura 3.1. As informações de entrada do modelo são precipitação diária e evaporação potencial mensal baseada em medidas do tanque classe A. A cada evento de precipitação (P), realiza-se um balanço de massa na bacia em estudo. Uma parcela da precipitação (P) resulta em escoamento superficial (ES) por meio da equação do Soil Conservation Service (SCS) para definição de escoamento superficial. O primeiro reservatório RSUP recebe contribuições do escoamento superficial (ES) e é

deplecionado a uma taxa constante definida pelo parâmetro $K2t$ que resulta no escoamento direto (ED).

A lâmina restante da precipitação, subtraída do escoamento superficial ($P - ES$), sofre perda por evaporação potencial (EP) resultando em $(P - ES - EP)$ e é então adicionada a um segundo reservatório, que representa a camada superior do solo. Neste segundo reservatório, a umidade do solo é atualizada ao longo do tempo através das perdas por evapotranspiração real (ER), que dependem do nível do reservatório (RSOLO) e da capacidade de saturação do solo (SAT). Outra saída deste segundo reservatório representa a recarga do reservatório subterrâneo (REC), que é estimada com base no conceito de capacidade de campo (CAPC). O nível d'água existente (RSUB) neste terceiro reservatório é então deplecionado a uma taxa constante de recessão do escoamento de base (Kkt), resultando no escoamento de base (EB) propriamente dito. A soma do escoamento direto (ED) e de base (EB) fornece a vazão total no ponto de controle da bacia.

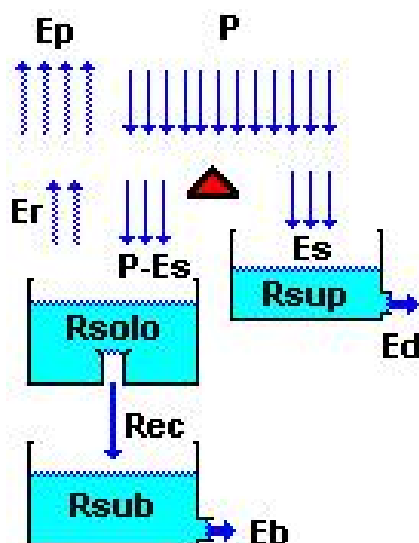


Figura 3.1 - Representação do modelo SMAP diário (Lopes, 1999).

O modelo possui seis parâmetros que precisam ser calibrados listados a seguir:

- SAT: capacidade de saturação do solo (mm);
- $K2t$: constante de recessão do escoamento superficial (dias);
- CREC: parâmetro de recarga subterrânea (%);
- AI: abstração inicial (mm);
- CAPC: capacidade de campo (%);
- Kkt : constante de recessão do escoamento básico (dias).

As condições iniciais são representadas pelo teor de umidade inicial do solo em % (TU_{in}), que determina o nível inicial do segundo reservatório (RSOLO), e o escoamento de base inicial (EB_{in}) em m^3/s . Além disso, o modelo precisa da área total da bacia em Km^2 .

> Versão Mensal

O modelo SMAP mensal possui a mesma concepção básica do SMAP diário, mas utiliza apenas dois reservatórios fictícios para representar o fluxo e armazenamento de água nas camadas superior (reservatório do solo - RSOLO) e inferior (reservatório subterrâneo - RSUB) do solo. A razão dessa simplificação baseia-se no fato de que na escala mensal, o reservatório superficial é deplecionado antes do passo de tempo, portanto o seu amortecimento é mais rápido do que a escala mensal de contabilização do modelo. O mesmo raciocínio se aplica para a supressão da capacidade de campo utilizada na versão diária. A Figura 3.2 apresenta a representação esquemática do modelo SMAP mensal.

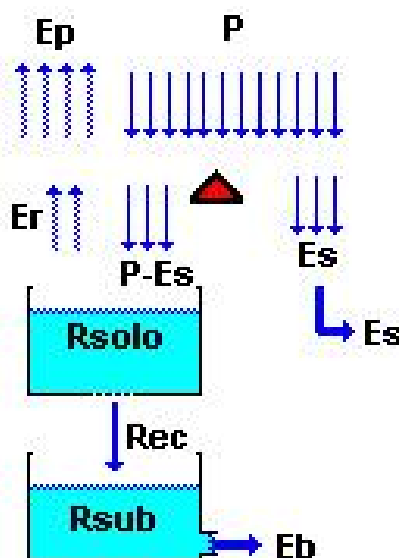


Figura 3.2 - Representação do modelo SMAP mensal. (Lopes, 1999).

A versão mensal do modelo SMAP utiliza quatro parâmetros, descritos a seguir:

- SAT: capacidade de saturação do solo (mm);
- PES: parâmetro para definição de escoamento superficial após saturação do solo (adimensional);
- CREC: parâmetro de recarga subterrânea (%);
- Kkt: constante de recessão do escoamento básico (mês).

As condições iniciais são representadas pelo teor de umidade inicial do solo em % (TU_{in}), que determina o nível inicial do primeiro reservatório (RSOLO), e o escoamento de base inicial (EB_{in}) em m^3/s . Além disso, o modelo precisa da área total da bacia em Km^2 . Uma descrição detalhada do modelo SMAP diário e mensal pode ser encontrada em Lopes (1999).

3.3 HYMOD

O modelo HYMOD baseia-se na formação de escoamento superficial a partir do processo de excesso de infiltração representado de forma probabilística, sendo computado na escala de tempo diária. A variabilidade espacial da capacidade de armazenamento de água na bacia é representada pela função de distribuição cumulativa da Equação (3.1) onde $Bexp$

representa a variabilidade da capacidade de armazenamento na bacia, C_{max} é a capacidade máxima de armazenamento e $F(C)$ é a taxa de capacidade de armazenamento cumulativa de água ao longo da bacia.

$$F(C) = 1 - \left(1 - \frac{C}{C_{max}}\right)^{B_{exp}} \quad (3.1)$$

A evapotranspiração iguala-se à evapotranspiração potencial se houver disponibilidade de água armazenada na bacia, do contrário limita-se à disponibilidade de água atual. O parâmetro ALPHA divide o fluxo entre escoamento rápido e escoamento lento na bacia. O escoamento rápido é propagado através de três reservatórios fictícios. Os parâmetros K_q e K_s são utilizados para representar o deplecionamento dos reservatórios rápidos e lento, respectivamente. A Figura 3.3 apresenta a concepção geral do modelo HYMOD.

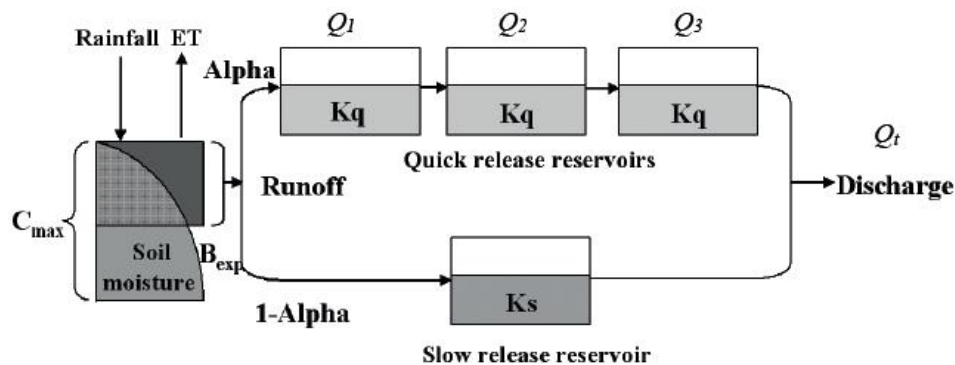


Figura 3.3 - Concepção geral do modelo. Adaptado de Quan et al (2015).

3.4 SACR (SACRAMENTO)

O modelo de Sacramento dá ênfase à representação das características e da umidade do solo como componentes importantes da formação de escoamento superficial após eventos de precipitação. Utilizando dados de precipitação e evapotranspiração média, o modelo calcula a vazão no exutório da bacia a partir da contabilização dos movimentos de variações do volume de água armazenada no solo (umidade do solo).

Sendo um modelo de base conceitual e espacialmente concentrado, o Modelo Sacramento representa o solo como dois reservatórios através dos quais a água é acumulada e transportada, dependendo dos níveis de umidade do solo a cada passo de tempo. O primeiro reservatório está posicionado na parte mais superior do solo onde os processos de evaporação, escoamento superficial e subsuperficial e percolação são representados. O segundo reservatório é aquele onde processos mais lentos acontecem, tais como transpiração, recarga do aquífero e escoamento de base.

Além de conceber dois reservatórios de acumulação de água no solo, o modelo também estabelece que a água armazenada no solo comporta-se de acordo com dois mecanismos principais que definem a velocidade e o movimento da água no solo. O primeiro mecanismo é impulsionado pela tensão superficial da água que a mantém aderida aos poros do solo, definindo um nível mínimo de umidade do solo. Essa quantidade mínima de água armazenada no solo não é alterada (reduzida) por nenhum dos processos físicos de escoamento da água no solo (transpiração, evaporação, percolação etc). Acima dessa

umidade mínima, ao adicionarmos água ao solo, observa-se uma capacidade de absorção do solo que permite o preenchimento de poros, mas que ainda está sobre a ação da tensão superficial e somente é capturada por processos tais como evaporação e evapotranspiração. Esse volume de água é denominada no modelo SACR de água capilar (*tension water*).

Permanecendo a adição de água ao solo, eventualmente a demanda (por tensão) do solo por água é atingida e a água adicionada passa a preencher o restante dos poros ainda vazios, mas já não está sobre a ação da tensão superficial e portanto não está aderida às moléculas do solo, encontrando-se livre para eventualmente escoar. Essa quantidade de água que eventualmente irá escoar é denominada no modelo SACR de “água livre”. A presença e o movimento da parcela de água sobre tensão e da parcela de água livre no solo (representados em dois reservatórios) são a base da concepção teórica do modelo SACR através do qual pode-se calcular a influência da percolação e outros processos na formação do escoamento superficial. A Figura 3.4 apresenta a concepção geral do modelo e a definição dos parâmetros utilizados no modelo segundo nomenclatura utilizada no SIGA.

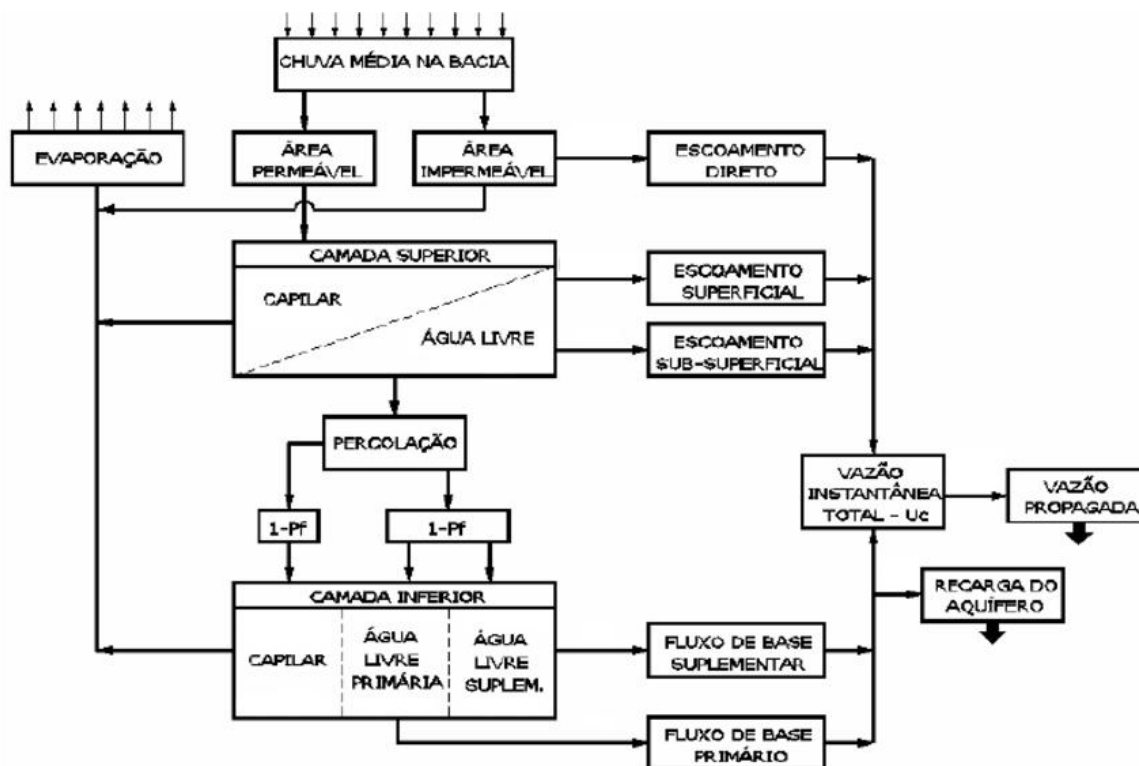


Figura 3.4 - Descrição do Modelo SACR.

Os dois reservatórios de água (água capilar e água livre) estão representados em duas camadas, ou zonas de solo, superior e inferior. A parametrização do modelo SACR delimita as quantidades de água que são armazenadas ou que circulam através dessas zonas de solo a partir dos reservatórios de água capilar e de água livre.

Inicialmente, uma parcela da água precipitada cai sobre áreas permeáveis para contribuir com o reservatório de água capilar da zona superior (UZTWM). O restante da água precipitada irá evaporar ou escoar diretamente, por ter sido depositada em áreas não permeáveis da bacia (PCTIM). Depois de preenchida a demanda de água do solo, a precipitação passa a contribuir com o reservatório de água livre da camada superior

(UZFWM) que será a fonte de contribuição para os processos de escoamento superficial, subsuperficial e percolação.

A parcela de água capilar da zona inferior (LZTWM) origina-se da percolação da zona superior e, quando atingida a demanda do solo na cama inferior, começa a contribuir com a água livre da camada inferior. O movimento de água a partir da parcela de água livre da zona inferior contribui para o escoamento de base segundo a Equação de Darcy. A fim de melhor representar a presença de intervalos de recessão no escoamento de base, a água livre na zona inferior é dividida em duas categorias: água livre primária e água livre suplementar.

A água livre primária da zona inferior (LZFPM) está disponível para representar o escoamento de base mais lento, e que ocorre durante um intervalo de tempo prolongado. Já a água livre suplementar da zona inferior (LZFSM) é responsável por um aumento de escoamento de base como resposta a um evento de precipitação recente. Ambas as parcelas de água livre da zona inferior seguem a lei de Darcy, ou seja, o escoamento iguala-se a constante de condutividade multiplicada pelo gradiente do potencial hidráulico.

A concepção geral do modelo SAC-SMA representa os caminhos da água numa bacia e resulta na formação de vazões no exutório da bacia. Os componentes que contribuem para o escoamento superficial são:

- > Escoamento superficial oriundo de áreas impermeáveis e de áreas temporariamente impermeáveis;
- > Escoamento superficial que origina-se quando a água livre na zona superior atinge a capacidade de armazenamento e a intensidade de precipitação é superior à taxa de percolação e de escoamento subsuperficial;
- > Escoamento subsuperficial lateral oriundo da zona superior de água livre;
- > Escoamento de base originado da água livre primária da zona inferior.

3.5 CN3S MENSAL

O modelo CN-3S (Curve Number with Three Step Antecedent Precipitation), baseia-se em relações desenvolvidas com as equações das curvas CN (Curve Number) do U. S. Conservation Service. Trata-se de um modelo determinístico e conceitual de 6 parâmetros a serem calibrados para a geração de vazões sintéticas a serem utilizadas na operação de reservatórios. A série de dados de precipitação deve ser fornecida como entrada do modelo. Para uma descrição detalhada do modelo, o usuário é convidado a referir-se a Torga & Freitas (1987) e Freitas & Bielenki Jr (2007).

3.6 WASA

O modelo hidrológico WASA (*Water Availability in Semi-Arid Environments*) é um modelo semi-distribuído, determinístico, contínuo e conceitual baseado em representação de processos hidrológicos para bacias em regiões semiáridas. Os parâmetros do modelo WASA podem ser determinados a partir de características fisiográficas da bacia. A versão do WASA no SIGA desenvolve simulações em escala temporal diária e horária e possui entrada de dados automatizada com uso de funções de Sistemas de Informações Geográficas-SIG para extrair parâmetros a partir de *shapefiles*. O modelo WASA foi inserido no SIGA com automatização da obtenção de parâmetros fisiográficos a partir de

componentes de SIG. O leitor deve buscar detalhes do procedimento da entrada de dados para este modelo no SIGA em Souza et al (2013).

A fim de representar a influência da variabilidade do terreno na umidade do solo e no escoamento superficial, o modelo WASA faz uma discretização hierárquica da bacia para estruturar unidades espaciais, formando os seguintes níveis de discretização espacial:

- Nível 1: subbacia. A bacia completa é subdividida em subbacia com cerca de 1000km² associadas pela rede de drenagem. Esse componente espacial define direção de escoamento, retenção em reservatórios e retirada por uso de água;
- Nível 2: unidades de paisagem. A subbacia é subdividida em unidades de paisagem, com características similaridades de relevos, litologia, associação de solos e topo-sequências. Esses componentes espaciais servem como unidades de modelagem que representam similaridade de processos laterais e variabilidade de subescala dos processos verticais. São compostos por componentes de terreno (TC);
- Nível 3: componentes de terreno (TC). Cada unidade de paisagem pode ser subdividida em componentes de terreno, caracterizadas por declividades altas, médias e baixas (vales);
- Nível 4: componentes de interação solo-vegetação, formado como uma parcela do componente do terreno (TC). Estes componentes são utilizados para representar variabilidade da umidade do solo no componente de terreno; redistribuição lateral de escoamento de superfície e subsuperfície entre componentes de solo-vegetação; variabilidade de capacidade de armazenamento de umidade de solo no componente de solo-vegetação;
- Nível 5: Perfis de solo representam diversos horizontes de solos com profundidades variáveis. O limite inferior deste nível é determinado pela profundidade da zona de raiz ou da base do substrato.

Uma descrição detalhada da fundamentação teórica do modelo WASA está disponível em Güntner (2002) e Güntner & Bronstert (2004). O item 9.1.3 deste manual descreve o procedimento de entrada de dados do WASA no componente de Hidrologia do SIGA.

4. CALIBRAÇÃO

A calibração é uma etapa do processo de modelagem em que são ajustados os valores dos parâmetros mais sensíveis do modelo para que o mesmo resulte em numa representação mais adequada do fenômeno em estudo. Dependendo da complexidade do modelo, expressa por uma quantidade significativa de parâmetros a serem definidos, a calibração pode tornar-se prolongada e enfadonha. Para auxiliar nessa tarefa, o SIGA possui um módulo de calibração automática para os modelos hidrológicos SMAP e HYMOD na versão diária, e para o modelo SMAP na versão mensal.

Os processos de calibração de modelos consistem de técnicas de estimação indireta, na qual métricas de performance do modelo são comparadas para diversos conjuntos de valores dos parâmetros a serem definidos. Essas métricas buscam comparar a performance do modelo em relação à representação dos fenômenos hidrológicos em estudo, em termos de magnitude e de variabilidade.

Dentre os métodos de calibração automática, destacam-se aqueles que fazem uso de algoritmos de otimização para ajuste automático de parâmetros dos modelos hidrológicos. Esses métodos buscam otimizar um ou mais objetivos pré-definidos, sendo, nesse último caso, denominados de algoritmos de calibração multiobjetivo. A seguir, são apresentados os algoritmos evolucionários multiobjetivos MOPSO e HBBMO, empregados no módulo de calibração dos parâmetros de modelos hidrológicos no SIGA. Maiores detalhes sobre a concepção desses algoritmos podem ser encontrados em Barros (2007) e por Alvarez-Benitez et al. (2005).

4.1 MOPSO

O algoritmo MOPSO (*Multiobjective Particle Swarm Optimization*) é a versão multiobjetivo do algoritmo PSO (*Particle Swarm Optimization*), proposto inicial por Kennedy e Eberhart (1995), que se baseia no comportamento social (em grupo) de animais (pássaros, insetos, peixes) dispersos num espaço e que se agrupam para buscar seu ninho ou alimento.

Esta busca é dada em função da experiência de cada indivíduo e da experiência do grupo. Inicialmente, todos levantam voo e aglomeram-se até que um deles encontre uma posição que seja melhor que as posições dos demais indivíduos da população. Este indivíduo serve de guia para o grupo durante o voo. Outro indivíduo pode vir a obter uma posição melhor que a posição do guia atual, vindo a se tornar o novo guia. Esse processo conduz os indivíduos até o objetivo final, ou seja, o ninho ou alimento.

Inicialmente, um conjunto de soluções (população de indivíduos) é gerado aleatoriamente dentro do espaço de busca do problema e avaliado segundo a função objetivo em questão, sendo esse valor utilizado como aptidão da solução (indivíduo). Em seguida é feita uma busca dentre essas soluções para identificar qual possui o menor valor de aptidão, visto que se procura minimizar a função objetivo. Sendo assim, aquela que possui o menor valor de aptidão é a melhor solução (indivíduo), sendo esta tida como a melhor solução global (guia do bando).

A concepção do algoritmo introduz o conceito de melhor individual de cada solução (partícula), que é a melhor posição já ocupada até o presente momento na evolução da busca. Logo, na primeira evolução da população inicial, ou seja, no primeiro passo, o melhor; individual de cada solução é seu próprio valor inicial.

As evoluções das soluções (posição das partículas) obedecem a uma expressão que incorpora uma velocidade da partícula, uma oscilação estocástica, e a posição anterior da partícula. Essa velocidade da partícula por sua vez, depende de parâmetros aleatórios, da situação de inércia da partícula, de constantes que controlam a influência da velocidade individual e do grupo. Uma descrição detalhada do método pode ser encontrada em Barros (2007).

Inicialmente, a posição de todas as partículas da população pode ser descrita pela seguinte expressão:

$$X_n^{(t+1)} = X_n^{(t)} + \chi v_n^{(t)} + \varepsilon^{(t)} \quad (4.1)$$

Onde $X_n^{(t+1)}$ e $X_n^{(t)}$ representam o vetor que contém a posição de n partículas nos tempos de iteração t+1 e t; $v_n^{(t)}$ representa a velocidade de n partículas no tempo t; χ representa o fator (entre 0 e 1) que controla a magnitude da velocidade; e $\varepsilon^{(t)}$ representa um fator estocástico denominado “fator de turbulência” para cada tempo t.

A velocidade de cada partícula é modificada a cada iteração por meio da comparação de sua performance em relação a duas diferentes componentes: a melhor posição individual, P_n , que explora o melhor resultado encontrado pela partícula, e a melhor posição global, G , que é a melhor solução encontrada por toda a população, introduzindo assim o conhecimento do bando. O vetor velocidade de tamanho n de todas as partículas pode ser formulado através da seguinte expressão:

$$v_n^{(t+1)} = wv_n^{(t)} + c_1r_1(P_n - X_n^{(t)}) + c_2r_2(G_n - X_n^{(t)}) \quad (4.2)$$

onde r_1 e r_2 são números aleatórios uniformemente distribuídos entre [0,1]. As constantes c_1 e c_2 controlam a influência da velocidade individual e global, e o parâmetro w, definido como inércia, controla a influência da experiência atual na velocidade da partícula no passo seguinte.

A técnica do PSO apresentada acima tem se mostrado muito eficaz na otimização de problemas com um único objetivo. Mais recentemente, alguns autores vêm propondo modificações no algoritmo de otimização visando a solução de problemas multiobjetivo (Coello e Lechuga, 2002; Hu e Eberhart, 2002, Parsopoulos e Vrahatis, 2002, Fieldsend e Singh, 2002 e Alvarez et al., 2005).

No SIGA, o algoritmo PSO foi adaptado para versão multiobjetivo proposta por Alvarez et al. (2005). Esse algoritmo baseia-se no conceito de dominância de Pareto por meio do qual um conjunto de vetores de decisão é dito não-dominado se nenhum membro do conjunto é dominado por outro. Logo, a frente de Pareto verdadeira é o conjunto de soluções não-dominadas por nenhuma outra solução. A proposta de Alvarez et al. (2005) consiste basicamente em montar a frente de Pareto a cada iteração, atualizando-a com as novas soluções dominantes obtidas e eliminando as soluções dominadas da frente até completar o número total de gerações. Como critério de parada para o algoritmo optou-se por utilizar o número de avaliações da função objetivo (que deve ser fixado pelo usuário).

Para aplicação do MOPSO no módulo de calibração do SIGA, o usuário deve fornecer valores para os seguintes parâmetros e sua respectiva representação na interface:

- c_1 e c_2 : parâmetros que controlam a influência da velocidade individual e global na velocidade a ser desenvolvida pela partícula;
- V_{max} : parâmetro que controla a magnitude das velocidades $[0,1]$;
- W_{start} , W_{End} , W_{Vary} : são coeficientes a partir dos quais são definidos valores para o fator W da Equação 4.2 segundo variação linear sendo W_{star} o valor inicial, W_{End} o valor final e W_{Vary} a porcentagem de iterações em que essa proporcionalidade irá valer. Para o restante das iterações $(1 - W_{vary})$, o valor de W será o valor final W_{End} ;
- Número de iterações;
- Tamanho da população;
- Funções objetivas a serem utilizadas.

4.2 HBMOMO

A versão uniobjetivo do algoritmo *Honey Bee Mating-based optimization* (HBMO) proposta por Haddad et al (2006) baseia-se no processo de acasalamento de abelhas para o desenvolvimento da técnica de otimização. Uma colônia de abelhas é composta de uma estrutura física, que é a colmeia onde vivem a abelha rainha, os zangões e as operárias. Cada indivíduo na colméia realiza um trabalho específico. No caso da rainha, esta representa o indivíduo mais importante, pois é dela que descendem todos os outros indivíduos.

Durante o processo de evolução da colmeia, a rainha gera novos descendentes que podem ser tanto uma nova rainha, como zangões ou operárias, determinados pela forma de geração ou a alimentação a qual é exposta. As operárias são responsáveis pela manutenção da colmeia, pois realizam todo o trabalho necessário para sua existência, como por exemplo, alimentação dos novos descendentes.

O processo reprodutivo das abelhas consiste do cruzamento da rainha com os zangões, por meio do conhecido voo de acasalamento em que a rainha, longe da colmeia, seleciona os zangões com quem irá cruzar. Uma rainha cruza diversas vezes durante sua vida, já o zangão inevitavelmente vem a morrer após cruzar com a rainha, realizando assim o seu único papel na colônia que é transmitir informação genética. Dessa forma, exposta à seleção natural, a colméia evolui de maneira que os seus indivíduos estejam mais aptos e adaptados ao ambiente.

O algoritmo de otimização segue as definições de comportamento em uma colmeia. Inicialmente é gerado de modo uniforme um conjunto de soluções aleatórias que representa a população inicial (colmeia). Todas as soluções são então avaliadas quanto à função objetivo em questão, ficando associado um valor de aptidão igual ao valor da função objetivo para cada solução.

Por ordenação, e tomando como referência os valores de aptidão das soluções, seleciona-se a solução que apresenta o melhor valor de aptidão (rainha), ou seja, menor (maior) valor da função objetivo, quando o algoritmo consiste de um processo de minimização (maximização). As demais soluções são, então, descartadas e inicia-se o processo iterativo do algoritmo.

No início de uma nova iteração, soluções semi-aleatórias (zangões, D) com certo grau de dependência da melhor solução (rainha, Q) são geradas. Tal dependência cresce segundo uma função linear ou quadrática (equações 4.3 e 4.4, respectivamente) do número de iterações, variando entre a total independência (0%) e a total dependência (100%) na última

iteração. Para garantir a diversidade das soluções, um limite inferior de δ^2 / nMF^2 foi introduzido.

$$D = Q \times [1 - (\delta / nMF)] + d \times [\delta / nMF] \quad (4.3)$$

$$D = Q \times [1 - (\delta^2 / nMF^2)] + d \times [\delta^2 / nMF^2] \quad (4.4)$$

Onde nMF é o número máximo de iterações e d é uma solução aleatória no espaço de busca. O conjunto de soluções aleatórias é centralizado na melhor solução, a rainha. Sendo i a iteração atual, o parâmetro δ é dado pela seguinte expressão:

$$\delta = nMF - (i - 1) \quad (4.5)$$

A cada iteração, é realizado um teste seletivo (vôo de acasalamento), no qual se determina probabilisticamente se a melhor solução (rainha) irá receber informação (acasalar) das soluções semi-aleatórias selecionadas ou não, através da função annealing, também conhecida como probabilidade de Boltzman, sugerida por Abbass (2001a):

$$Prob(Q,D) = \exp(-\Delta(f)/Sp^{(t)}) \quad (4.6)$$

Onde $Prob(Q,D)$ representa a probabilidade de recebimento de informação da solução semi-aleatória selecionada (cruzamento entre o zangão D e a rainha Q), $\Delta(f)$ é a diferença absoluta das aptidões das soluções (rainha e zangão) e $Sp(t)$ é a temperatura da função *annealing* (velocidade da rainha) no tempo t .

Para testar se haverá troca de informação (acasalamento) entre as soluções (rainha e zangão), verifica-se se a probabilidade acima é menor do que um número aleatório distribuído uniformemente entre 0 e 1. Se for, não há troca (não há acasalamento). Caso o zangão apresente aptidão melhor que a da rainha, este é automaticamente selecionado para cruzamento. Tal procedimento de aceitação automática não consta no algoritmo apresentado por Haddad et al (2006) e é utilizado no SIGA como forma de melhoramento do mesmo.

Assim, se o resultado é “sucesso” a informação da solução semi-aleatória (informação genética do zangão) é selecionada e armazenada num repositório de informações (espermoteca da rainha), e a temperatura (velocidade da rainha) decresce segundo as expressões a seguir:

$$Sp_{(t+1)} = \alpha_{(t)} \times Sp_{(t)} \quad (4.7)$$

$$\alpha_{(t)} = [M - m_{(t)}]/M \quad (4.8)$$

Onde $Sp(t + 1)$ e $Sp(t)$ são a temperatura (velocidade da rainha) em $t+1$ e em t , respectivamente, $\alpha(t)$ é um valor entre 0 e 1 obtido através da expressão acima, M é o tamanho do repositório (espermateca da rainha) e $m(t)$ é a quantidade de soluções semialeatórias (zangões) selecionados para cruzamento. Se ocorrer “fracasso”, não há troca de informação (cruzamento).

Para ambas as situações o número de tentativas de possível troca de informação (energia da rainha) é decrescida, conforme a expressão:

$$E(t + 1) = E(t) - \gamma \quad (4.9)$$

Onde $E(t + 1)$ e $E(t)$ são as tentativas nos tempos $t+1$ e t , respectivamente, e γ é o decaimento das tentativas.

Conceitualmente, a melhor solução (rainha) está apta a receber informações (acasalar) enquanto seu número de tentativas (sua energia) não estiver próxima a zero, ou seu repositório (sua espermateca) ainda não estiver preenchido. Nota-se a partir da expressão anterior, que o valor do decaimento γ determinará quantos testes (transições no espaço, nos quais a cada transição existe a possibilidade de encontrar um zangão) a melhor solução (rainha) estará apta a realizar a cada processo seletivo de soluções semi-aleatórias (vôo de acasalamento).

Outros fatores limitantes são a temperatura da função annealing (velocidade da rainha), que deve ser maior que zero, e a quantidade de soluções semi-aleatórias (zangões) disponíveis para teste, visto que cada solução aleatória (zangão) somente fornece informação (acasala) uma vez, sendo descartado (morte do zangão) após isto. Uma descrição mais detalhada do algoritmo HBMO pode ser encontrada em Barros (2007).

5. OPERAÇÃO DE SISTEMAS

A definição de como operar um sistema com vários reservatórios, ou mesmo somente com um reservatório, é uma tarefa complexa, pois envolve diversos parâmetros de natureza extremamente variável. Além do caráter aleatório de algumas variáveis, existem diversas restrições impostas à operação, oriundas de limitações físicas do sistema (capacidade de uma adutora, volume útil de cada reservatório ou capacidade bombeamento), ou determinadas por condicionantes legais ou contratuais (manutenção de vazão mínima a jusante para atender uma comunidade específica ou indústria). Além de todos estes complicadores, temos os riscos envolvidos no processo de alocação da água devido à natureza estocástica da oferta hídrica (WURBS, 1996).

A definição da operação de um sistema de reservatórios consiste em especificar os volumes a serem liberados de cada reservatório ao longo do tempo. A definição destes volumes depende sobremaneira do volume de água armazenado em cada reservatório, das demandas pontuais do sistema, que podem ser atendidas por um ou mais reservatórios, das restrições do sistema, dos custos envolvidos na operação, e do volume de água afluente a cada reservatório no futuro, sendo este último a grande fonte de risco no processo de operação de sistemas hídricos.

Um sistema é caracterizado pelo número de reservatórios, pelo número de pontos de demanda de água e respectivas características, como por exemplo, a sazonalidade (demanda de agricultura que varia no tempo) e localização (suprimento de mais de um reservatório), pelas diversas restrições do sistema, pelas possibilidades de se realizar transferências de água de uma bacia para outra (via bombeamento, por exemplo), dentre outros componentes. À medida que a complexidade do sistema aumenta, fica praticamente impossível para o ser humano identificar a melhor estratégia de operação, ou mesmo para simular o comportamento do sistema quando operado com uma estratégia pré-definida.

Além disso, a usual complexidade destes sistemas dificulta bastante a percepção de funcionamento dos mesmos pelos diversos grupos que têm interesse em participar no processo de alocação de água de uma bacia hidrográfica, como por exemplo, no caso de comitês de bacias.

O processo de negociação de conflitos em recursos hídricos exige, de certa forma, que os envolvidos no processo de discussão tenham uma visão compartilhada de como o sistema hídrico funcionaria em diferentes situações. Só para citar como exemplo, é usual procurar entender o que aconteceria com o sistema (1) se o mesmo fosse operado em diferentes cenários de oferta hídrica, (2) se as regras de operação dos reservatórios fossem alteradas, ou (3) se fossem mudadas as prioridades de atendimento das demandas. Este tipo de percepção em relação ao funcionamento do sistema, adquirido por exercícios de simulação como os citados acima, são importantes para que se possa alcançar uma gestão integrada e participativa dos recursos hídricos. Acredita-se que o uso de ferramentas de base matemática, capazes de simular os aspectos mais importantes do sistema, possa ser útil na construção deste processo de decisão.

O componente “Operação de Sistemas” do SIGA é uma ferramenta de apoio ao planejamento da operação de sistemas hídricos. A operação de sistemas é representada por modelos de simulação do balanço hídrico através dos diversos componentes do sistema hídrico. Para reservatórios, a equação do balanço hídrico pode ser representada pela seguinte formulação:

$$V_{t+1}(i) = V_t(i) + Va_t(i) - Vd(i) - Vv(i) + (Pv_i - Ev_t) \frac{A_t + A_{t+1}}{2} + \sum_{j=Ni} Vv_t(j) \quad (5.1)$$

Em que V_i é o volume armazenado no reservatório, V_a o volume afluyente ao reservatório, V_d o volume regularizado, V_v o volume vertido pelo reservatório, A a área superficial do espelho d'água do reservatório, E_v a lâmina d'água evaporada a partir da superfície, P_v a lâmina d'água precipitada na superfície do reservatório, t o índice que representa a discretização temporal, i o índice que representa o reservatório em análise do sistema e N_i o conjunto de reservatórios imediatamente a montante do reservatório i .

As seguintes restrições devem ser satisfeitas durante a simulação da operação dos reservatórios:

$$V_{\min}(i) \leq V_{t+1}(i) \leq V_{\max}(i) \quad (5.2)$$

Diferentes métodos de solução podem ser aplicados para resolver o problema descrito acima. No SIGA, encontram-se disponíveis dois modelos:

- > Simulador de Regras: faz uso da solução direta da equação do balanço hídrico, com uso de um método iterativo de convergência para atender às restrições da equação do balanço hídrico. Esse método define o valor da vazão a ser liberada para cada intervalo de tempo e cada fonte hídrica do sistema;
- > Simulador de Prioridades: consiste em um modelo de rede de fluxo baseado em otimização, com uso do método de programação inteira mista aplicada ao balanço hídrico.

5.1 OPERAÇÃO DE SISTEMAS HÍDRICOS COM BASE NA SIMULAÇÃO DE REGRAS

A alocação de água entre usuários de um sistema hídrico é uma atividade de gestão que depende da disponibilidade hídrica na bacia, presente e futura. Dentre algumas alternativas de metodologias para definição de alocação de água, a distribuição de vazões entre usuários pode ser decidida com base em regras que direcionam a maneira com a qual os reservatórios serão operados. Essas regras definem limites (volumes ou liberações nos reservatórios) que, juntamente com o balanço hídrico e as restrições dos sistemas hídricos, devem ser observados ao longo de um determinado período de interesse da decisão de alocação.

Geralmente, as regras de operação de reservatório são definidas pelo usuário ou podem também ser definidas por modelo de otimização de regra. No SIGA, a operação de reservatórios baseada em regras pode ser realizada através de quatro funcionalidades diferentes:

- 1) Simulador de regras;
- 2) Simulador de regras com janelas de períodos de simulação;
- 3) Otimizador de regras;
- 4) Otimizador de prioridades.

> Simulador de regras

A estrutura de regras de operação dos reservatórios pode ser constante, periódica ou dependente de alguma outra informação ou variável (ou volume dos reservatórios). No método de simulação de regras, a cada intervalo de tempo simulado é feita a retirada de

água dos reservatórios seguindo a regra estabelecida para cada reservatório do sistema. O balanço hídrico e as restrições descritas acima são observadas juntamente com o conjunto de regras definidas pelo usuário.

> **Simulador de regras com janelas de períodos de simulação**

Este modelo contempla simulações onde se pretende adquirir sensibilidade dos sistemas frente a diversos cenários de afluência, precipitação, ou outra variável temporal de entrada do modelo. O processo de cálculo do simulador por janelas consiste em segmentar as séries de entrada do modelo (precipitação, por exemplo) por um comprimento de janela (6 meses, 12 meses, etc) previamente definido pelo usuário. Em seguida, o modelo de simulação de reservatórios, apresentado anteriormente, é simulado para cada uma das janelas. Utilizam-se sempre as mesmas condições iniciais definidas, de forma que entre duas janelas distintas inicia-se da mesma condição inicial.

Ao final da simulação de todas as janelas, dispõe-se, para cada janela, de uma resposta do sistema, ou seja, uma resposta para cada reservatório. Assim, é possível, através de uma análise probabilística, definir as possíveis situações e seus riscos associados.

Ao final da simulação de todas as janelas, é possível traçar uma análise probabilística dos comportamentos apresentados por cada componente do sistema, e definir as possíveis situações e seus riscos associados.

Devido ao não conhecimento do evento que virá a ocorrer, opta-se pela análise dos resultados com base na análise estatística dos percentis dos volumes e cotas encontrados a cada mês de simulação e cada janela. Entende-se por percentil a medida de posição, em que o p-ésimo percentil tem no mínimo p% dos valores abaixo daquele ponto e no máximo (100 - p)% dos valores acima.

> **Otimizador de regras**

Dado que a definição da operação de um sistema de reservatórios consiste em especificar os volumes a serem liberados de cada reservatório ao longo do tempo, muitas vezes, esta definição é feita de modo a maximizar ou minimizar uma ou mais função objetivo, que expressa matematicamente os objetivos que se tem em operar o sistema. Nessa ferramenta, o SIGA permite que o usuário selecione funções objetivos a serem otimizadas resultando num determinado comportamento do sistema em termos de volumes de reservatórios e demandas.

O algoritmo de otimização utilizado no SIGA é o MOPSO, descrito no item 4.1 deste manual. As funções objetivos disponíveis são:

- Minimização:

- a) Perdas por evaporação;
- b) Custos de bombeamento;
- c) Número de falhas;
- d) Volume não atendido;
- e) Volume vertido.

- Maximização:

- f) Garantias no atendimento a demandas;

g) Benefício;

h) Volume meta.

> **Otimizador de prioridades**

É semelhante à funcionalidade de otimização de regras, mas focando agora na maximização do atendimento as demandas, seguindo uma ordem de priorização previamente definida. As demandas trazem consigo um nível de prioridade definido em função, ora da sua natureza (humana, animal, agrícola, industrial, etc.), ora da sua origem (local, PISF, etc.).

5.2 OPERAÇÃO DE SISTEMAS HÍDRICOS COM BASE EM REDE DE FLUXO (PRIORIDADES)

A operação de sistemas hídricos com uso de rede de fluxo para solução da equação do balanço hídrico são consideradas aplicações que usam a abordagem de foco na demanda, uma vez que baseiam-se na definição de prioridades de atendimento de demandas e de uso de ofertas (reservatórios).

> **Simulador de prioridades com base em rede de fluxo**

No método de execução Simulador (Prioridades), opera-se o sistema tendo como referência valores de prioridades, pré-estabelecidos pelo usuário, para os reservatórios e demandas do sistema. Para o referido método, a cada intervalo de tempo simulado, é feita a retirada de água dos reservatórios seguindo uma minimização da função objetivo que busca percorrer a rede a um custo mínimo. As prioridades são entendidas como custo. Assim, o ponto de demanda de prioridade 1 possui um custo menor do que a demanda de prioridade 99. Logo, o algoritmo percorre toda a rede atendendo as demandas a partir de um custo mínimo, que resultará em atender demandas prioritárias. As restrições definidas devem ser satisfeitas durante a simulação da operação dos reservatórios.

> **Simulador de prioridades com uso de janelas de períodos de simulação**

Essa opção de operação de reservatórios executa a distribuição das vazões da mesma forma que a simulação com base em rede de fluxo, permitindo adicionalmente a utilização de janelas de simulação definida a partir da segmentação do período de simulação em blocos ou janelas. Podem ser definidas janelas com um número inteiro positivo maior que zero, por exemplo: 6, 12, 18, 24, 36, 60 e 72 meses de simulação.

6. FERRAMENTAS

Em algumas situações, o usuário não dispõe de dados no formato desejado pelo SIGA. O componente **Ferramentas** oferece ao usuário a possibilidade de preparar os arquivos de dados necessários para sua aplicação no formato utilizado pelo SIGA. É possível importar dados de arquivos de diferentes formatos. A seguir, são apresentadas algumas situações exemplos.

6.1 IMPORTAÇÕES

6.1.1 Importação de Séries

Os formatos de séries que podem ser importados são os seguintes:

> Formato Ano-Mês-Valores

Nesse formato, cada linha do arquivo contém informações separadas por " " (espaço). O exemplo a seguir ilustra esse formato:

```
2013 07 3 5 8 10 11 9 6 0 0 3 5 0 0 10 8 5 4 0 0 0 0 0 0 2 3 0 0 0 0 0 0
```

O significado de cada informação é apresentado a seguir:

1. Ano;
2. Mês;
3. Informações diárias: dia 1, dia 2, . . . dia 31.

> FUNCEME - Pluviometria

Nesse formato, cada linha do arquivo contém informações separadas por ";" (ponto e vírgula). Vejamos um exemplo:

```
QUIXERAMOBIM;QUIXERAMOBIM;512;3917;1974;1;177.0;0.0;0.0;0.0;0.0;0.0;  
0.0;0.0;0.0;0.0;0.0;0.0;9.0;0.0;0.0;6.0;0.0;7.0;0.0;18.0;41.0;20.0;0.0;5.0;0.0;0.0;0.0;  
0.0;43.0;13.0;0.0;15.0
```

Nesse exemplo, os dados apresentam as seguintes informações em cada linha:

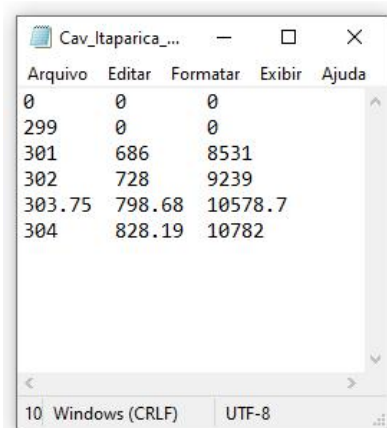
1. Municípios;
2. Postos;
3. Latitude;
4. Longitude;
5. Anos;
6. Meses;
7. Total;
8. Valores diários

6. Método de Obtenção de Vazões (1 = Curva de descarga, 2 = Transferência de vazões, 3 = Soma de vazões, 4 = ADCP);
7. Máxima;
8. Mínima;
9. Média; Dia Máxima;
10. Dia Mínima;
11. MáximaStatus (onde o Status pode ser: 0 = Branco, 1 = Real, 2 = Estimado, 3 = Duvidoso, 4 = Régua Seca);
12. MínimaStatus;
13. MédiaStatus;
14. MédiaAnual;
15. MédiaAnualStatus;
16. Informações diárias de vazões: vazão do dia 1, vazão do dia 2 . . . vazão do dia 30.

6.1.2 Importação de Matrizes

O formato de matriz que podem ser importados pelo SIGA é: **CAV** - Cota x Área x Volume. Nesse formato, cada linha do arquivo contém três colunas e as informações são separadas por " " (espaço). As colunas representam as seguintes informações:

- Primeira Coluna: Cota (metros);
- Segunda Coluna: Área (km²);
- Terceira Coluna: Volume (hm³);



Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda
0	0	0		
299	0	0		
301	686	8531		
302	728	9239		
303.75	798.68	10578.7		
304	828.19	10782		

Figura 6.1 - Formato da CAV.

6.2 THIESSEN

O método dos polígonos de Thiessen é baseado na suposição de que para qualquer ponto, a chuva numa bacia hidrográfica é igual à chuva observada nas estações mais próximas. Os pesos das estações são especificados pelas áreas relativas da rede de polígonos de Thiessen, com os limites dos polígonos sendo formados pelos bissetores perpendiculares

das linhas que unem as estações adjacentes (Figura 6.2). O método dos polígonos de Thiessen é muito utilizado para determinação gráfica de pesos.

Método de execução por bacia

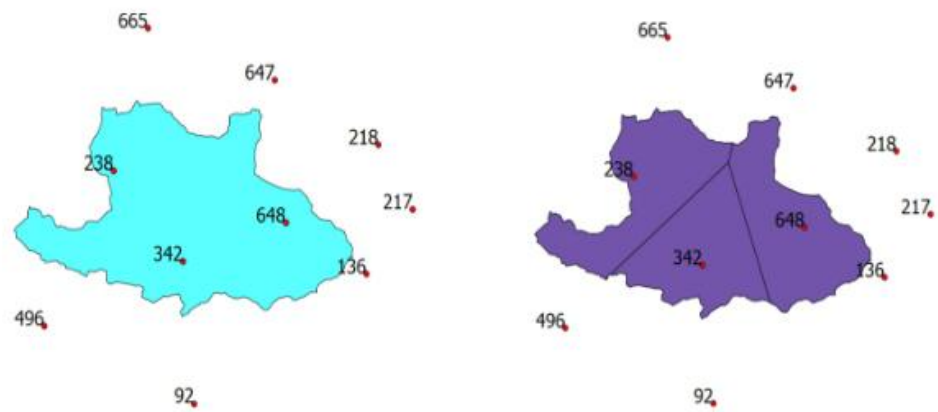


Figura 6.2 - Exemplo dos polígonos de Thiessen.

II - APLICAÇÕES NO SIGA

7. INTRODUÇÃO: VISÃO GERAL DO SIGA

A interface inicial do SIGA apresenta três áreas de trabalho principais destacadas na Figura 7.1 em cores distintas:

- Área de barras multifuncionais (vermelho);
- Área de interface de acesso aos módulos que compõem o SIGA (verde);
- Área de visualização e desenho do sistema hídrico de interesse (azul).

Na área de barras multifuncionais, encontram-se a barra de menus permanentes, a barra de ferramentas e a barra de módulos disponibilizados para uso do sistema (em destaque na Figura 7.1).

As interfaces individuais para cada módulo do SIGA podem ser acessadas no lado esquerdo da interface principal do sistema, destacadas na Figura 7.1, na moldura verde. A região em branco, à direita, representa a área destinada à visualização e ao desenho da rede hídrica de interesse (moldura azul). Essa área da interface estará ativa durante todo o funcionamento do SIGA.

A janela que apresenta os módulos que compõem o SIGA é móvel e pode ser movida para diferentes posições na interface principal. Isto pode ser feito clicando e segurando o botão esquerdo do mouse uma vez na parte cinza e superior sobre o nome **Módulos** e arrastando a janela. Com isso, a interface desprende-se do sistema e fica flutuando podendo ser arrastada para a posição desejada. Caso o usuário deseje fixá-la novamente ao sistema, é necessário arrastar a interface flutuante para um dos lados da tela (direito ou esquerdo) até o limite da tela. Caso o usuário possua diferentes monitores, pode-se visualizar diferentes componentes do siga em diferentes monitores.

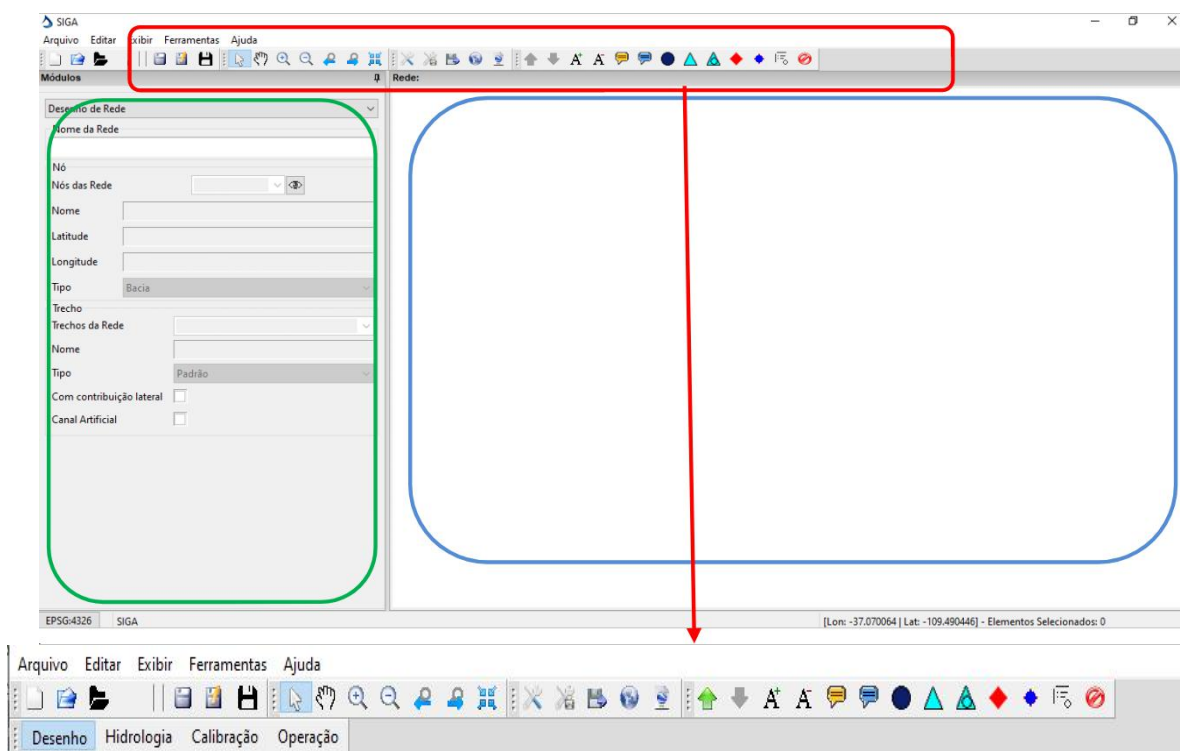


Figura 7.1 - Interface de Barras Multifuncionais: barra de menus permanentes, barra de ferramentas e barra de módulos de execução.

Quando a janela estiver na posição de fixação, uma região sombreada aparecerá. Algumas janelas e conjuntos de botões podem também ser movimentados livremente na interface, tornando-se flutuantes bastando um clique com o botão direito do mouse.

7.1 BARRAS MULTIFUNCIONAIS

A área de barras multifuncionais disponibiliza três barras principais. A primeira barra, denominada Barra de Menus, é permanente e oferece diversas ações. A Figura 7.2 apresenta a área de barras multifuncionais do SIGA e os comandos do Menu Arquivo, que permitem ao usuário acessar, salvar ou obter informações gerais de um projeto (novo ou já existente).

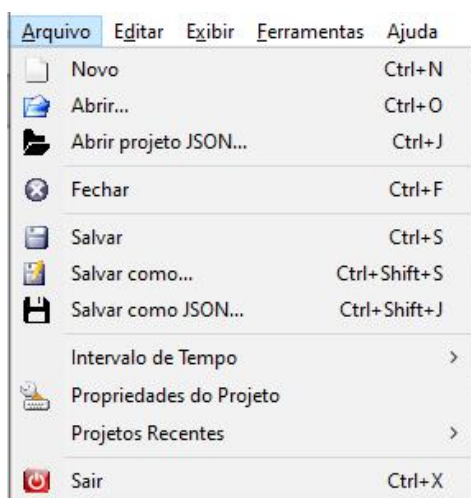


Figura 7.2 - Comandos do menu Arquivo da Barra de Menus.

Os comandos do menu **Arquivo** são:

- > **Novo**: cria um novo projeto, ou seja, uma nova aplicação;
- > **Abrir**: abre um projeto existente;
- > **Abrir projeto JSON**: abre um projeto existente do tipo JSON;
- > **Fechar**: finaliza a presente aplicação (projeto);
- > **Salvar**: salva o projeto aberto e em uso;
- > **Salvar como**: salva o presente projeto, atribuindo-lhe um novo nome;
- > **Salvar como JSON**: salva o presente projeto com o formato JSON, atribuindo-lhe um novo nome;
- > **Intervalo de tempo**: permite ao usuário definir entre o intervalo de tempo horário, diário ou mensal para as simulações;
- > **Propriedades do Projeto**: disponibiliza ao usuário a descrição do projeto, estatísticas e definições de conversão de variáveis em função do intervalo de simulação;
- > **Projetos Recentes**: lista e disponibiliza os últimos projetos abertos pelo usuário;
- > **Sair**: finaliza e fecha o SIGA.

O menu seguinte é o de **Editar**, que apresenta diversas funcionalidades de seleção de elementos da rede. Uma ilustração desse menu é exibida abaixo:

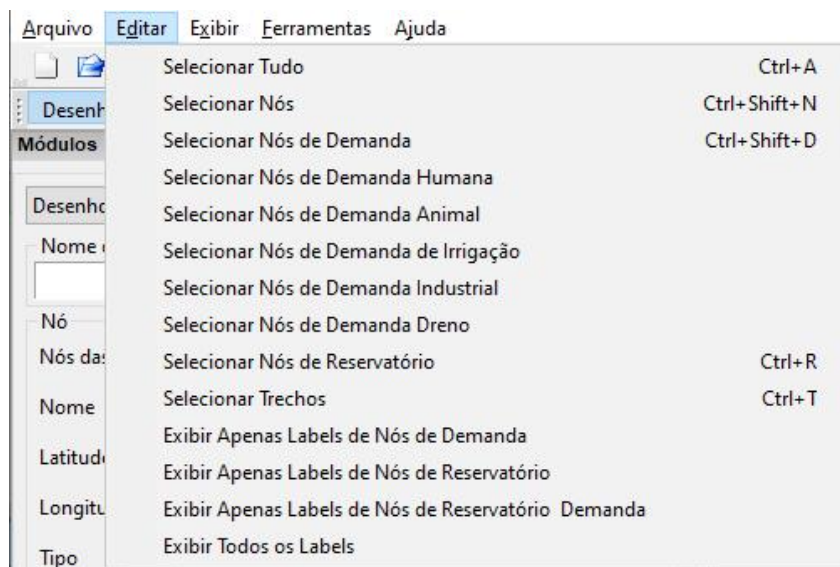


Figura 7.3 - Comandos do menu Editar.

Os comandos desse menu são:

- Selecionar tudo (seleciona todos os nós e trechos);
- Selecionar Nós;
- Selecionar Nós de Demanda;
- Selecionar Nós de Demanda Humana;
- Selecionar Nós de Demanda Animal;
- Selecionar Nós de Demanda de Irrigação;
- Selecionar Nós de Demanda Industrial;
- Selecionar Nós de Demanda Dreno;
- Selecionar Nós de Reservatório;
- Selecionar trechos;
- Exibir Apenas Labels de Nós de Demanda;
- Exibir Apenas Labels de Nós de Reservatório;
- Exibir Apenas Labels de Nós de Reservatório/Demanda;
- Exibir Todos os Labels.

O menu **Exibir** permite controlar a visualização de diversos componentes do SIGA. A figura 7.4 ilustra esse menu.

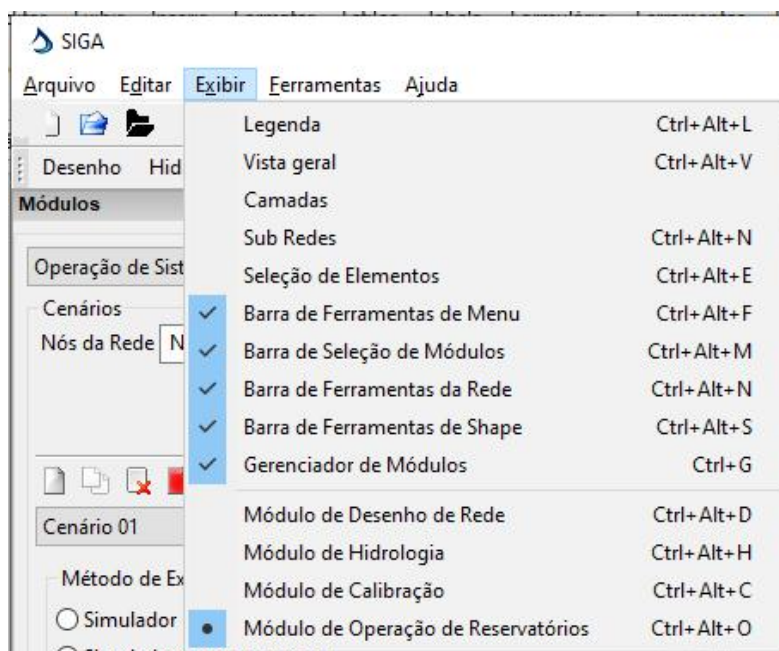


Figura 7.4 - Comandos do menu Exibir

Os itens do menu Exibir são:

- > Legenda;
- > Vista geral;
- > Camadas;
- > Sub Redes;
- > Seleção de elementos;
- > Barra de Ferramentas de Menu;
- > Barra de Seleção de Módulos;
- > Barra de Ferramentas da Rede;
- > Barra de Ferramentas de Shape;
- > Gerenciador de Módulos;
- > Módulo Desenho de Rede;
- > Módulo de Hidrologia;
- > Módulo de Calibração;
- > Módulo de Operação de Reservatórios.

O SIGA pode apresentar uma visão da rede em miniatura. Isso facilita o trabalho com a rede, principalmente para navegar por ela. Essa funcionalidade está disponível no componente **Vista Geral**. Cliques na miniatura de rede exibida alteram a porção da rede que é exibida no canvas e vice-versa. Esta mesma correlação existe ao aplicar zoom-in/zoom-out na miniatura exibida por este componente. A tela do siga, juntamente com o componente Vista Geral é exibido na Figura abaixo.

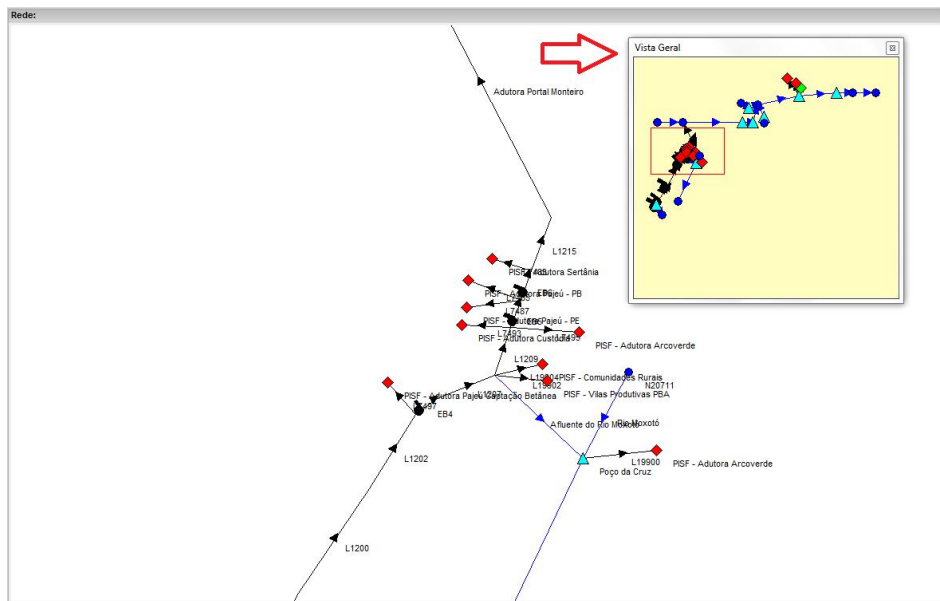


Figura 7.5 - Janela Vista Geral habilitada.

O SIGA pode apresentar uma legenda flutuante (Figura 7.5) que apresenta os tipos de nós e trechos disponíveis para composição da rede hídrica a ser analisada. Essa janela pode ser ocultada clicando no botão de fechar, na parte superior direita da legenda flutuante. Para reexibir a legenda, deve-se selecionar o menu Exibir/Legenda, ou utilizar o atalho Ctrl+Alt+L.

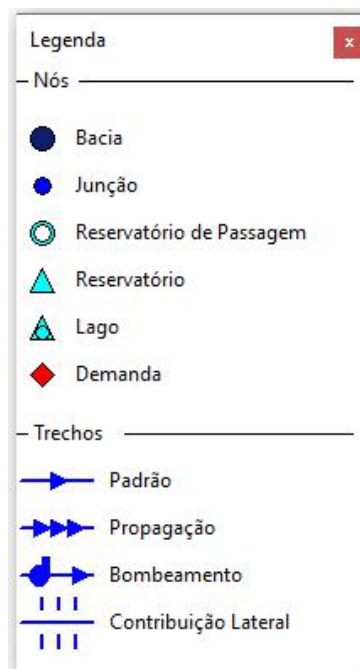


Figura 7.6 - Janela de legenda dos elementos que compõem a rede hídrica.

O SIGA também dispõe de um gerenciador de exibição de arquivos do tipo *shape* e *raster* que podem ser adicionados no módulo de desenho de rede para compor o plano de fundo

da visualização do sistema hídrico. Assim como a janela de **Legenda**, a janela de **Camadas** também é flutuante e pode ser ocultado ou exibido por meio do menu **Exibir/Camadas**. A Figura 7.7 apresenta a janela de Camadas onde cada camada adicionada é listada no espaço em branco da janela ao lado de uma caixa de *checkboxlist* que pode ser acionada para visualização da camada.

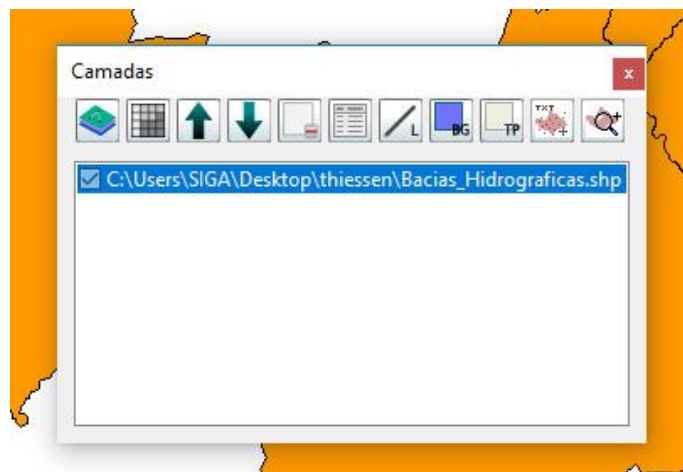













Figura 7.7 - Janela de visualização de camadas do tipo shape e raster.

A Tabela 7.1 apresenta a funcionalidade de cada botão da janela Camadas. Desse modo é possível a inserção de arquivos *shapefile*, alterar cor da camada, mover camadas, dentre outras funções como exibidas logo abaixo.

Tabela 7.1 - Botões para manipulação de arquivos da janela de Camadas.

	Inserir arquivo de <i>shape</i>
	Inserir arquivo de <i>raster</i>
	Mover a camada para frente
	Mover a camada para trás
	Remover a camada
	Apresenta informações (atributos) da camada
	Define a cor da borda da camada

	Altera cor de fundo da camada
	Define plano de fundo como transparente
	Cria um shape de postos a partir de um documento de textos.
	Adiciona zoom a camada de selecionada.

O SIGA tem uma funcionalidade que permite exibir Sub Redes. Este componente, que é acessado pelo Menu Exibir, mostra as Sub Redes existentes dentro do cenário aberto pelo usuário. Estas Sub Redes também são conhecidas na literatura como Redes Isoladas. Uma rede isolada é formada ao configurar um reservatório como Isolado. Quando um reservatório é configurado como isolado, todos os seus elementos a montante pertencem a sua rede isolada.

Caso o usuário deseje (e o formato da rede permita), ele pode colocar outros reservatórios como isolados, o que produziriam redes isoladas dentro de redes isoladas. Usando essa funcionalidade, quando essa rede deve ser executada, primeiro se executa as sub redes que não apresentam nenhuma rede isolada, até chegar à rede como um todo. Isso acontece pois, ao usar redes isoladas, cria-se uma rede de dependências. Na Figura abaixo exibe-se, à título de ilustração, o eixo leste com alguns reservatórios indicados como isolado. Essa imagem também contempla o componente “Sub redes”.

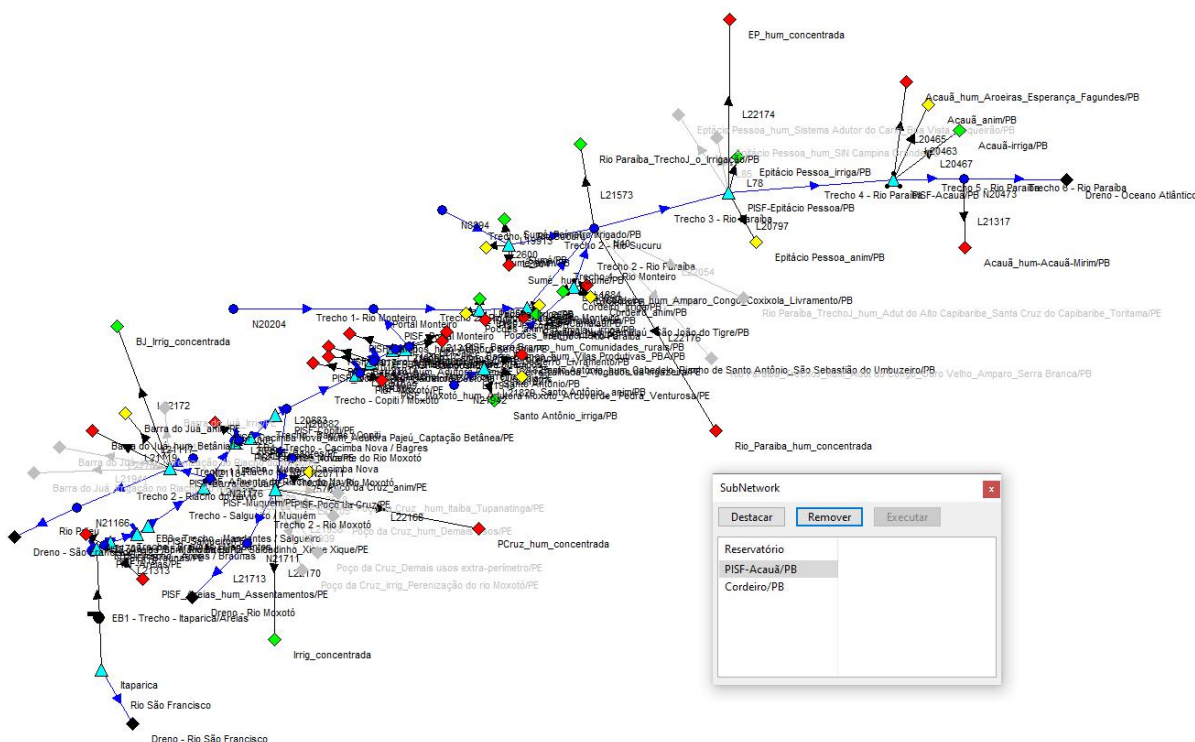


Figura 7.8 - Janela de visualização de Sub redes.

No projeto que está sendo exibido, os reservatórios “Acauã” e “Cordeiro” foram indicados como isolados. A Janela Sub rede tem opções para destacar a rede de um dado reservatório, remover uma rede isolada (o que implica em desconfigurar um reservatório como isolado) ou executar uma rede isolada específica (o que implica em executar as suas dependências).

O SIGA permite criar seleções de elementos. Essa funcionalidade é particularmente útil quando se deseja trabalhar com um subconjunto de elementos do projeto. O usuário pode criar, por exemplo, seleções de Demandas, ou seleções de demanda do tipo animal, ou uma seleção de alguns reservatórios, dentre outros.

Existem diversas formas de selecionar vários elementos:

- ✓ Usando as diversas opções de seleção por tipos, presente no menu Editar;
- ✓ Usando a seleção com clique do mouse, mantendo o botão Ctrl pressionado;
- ✓ Usando a seleção retangular (pressiona, arrasta e solta o botão esquerdo do mouse);
- ✓ Dentre outras.

Uma vez que o usuário deseje salvar como uma **seleção de elementos** um conjunto de elementos que foram selecionados, basta clicar em **Exibir => Seleção de Elementos => Salvar Seleção => Digita o nome =>** depois clica em **OK** (Figura 7.9). Esse procedimento pode ser feito para qualquer elemento da rede.

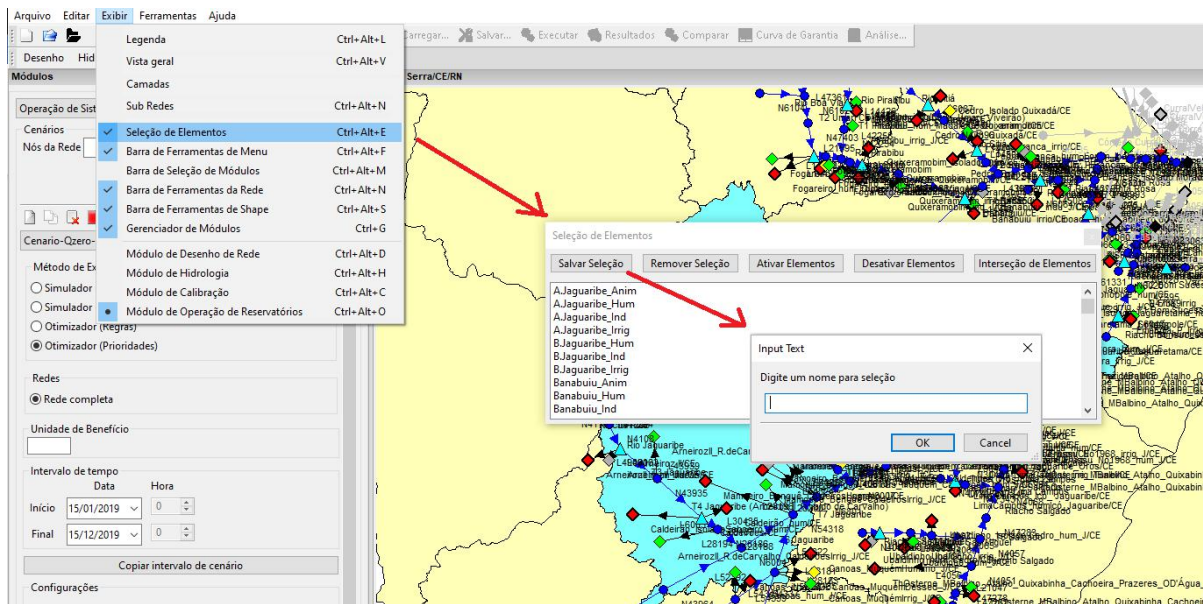


Figura 7.9 - Interface para preenchimento da série de dados com valores periódicos.

Dentro da caixa de seleção de elementos, o usuário pode, além de salvar a seleção, removê-la, ativar os elementos, desativar os elementos e realizar a interseção de elementos (uma forma de selecionar elementos compreendidos dentro da marcação de alguns pontos na rede). A janela de seleção de elementos é exibida abaixo (Figura 7.10).



Figura 7.10 - Interface para caracterização da seleção de elementos.

Outra forma de **Salvar** todos os elementos, ou parte deles, ocorre pelos dados globais. Para isso, basta o usuário selecionar os elementos que deseja salvar e clicar em **Salvar Seleção**, aparecerá a caixa de diálogo para adicionar o nome do elemento a ser salvo, depois é só clicar em **OK** (Figura 7.11). Para conferir se os elementos foram salvos, basta clicar na barra de ferramentas em **Exibir => Seleção de Elementos** e procurar pelo nome salvo.

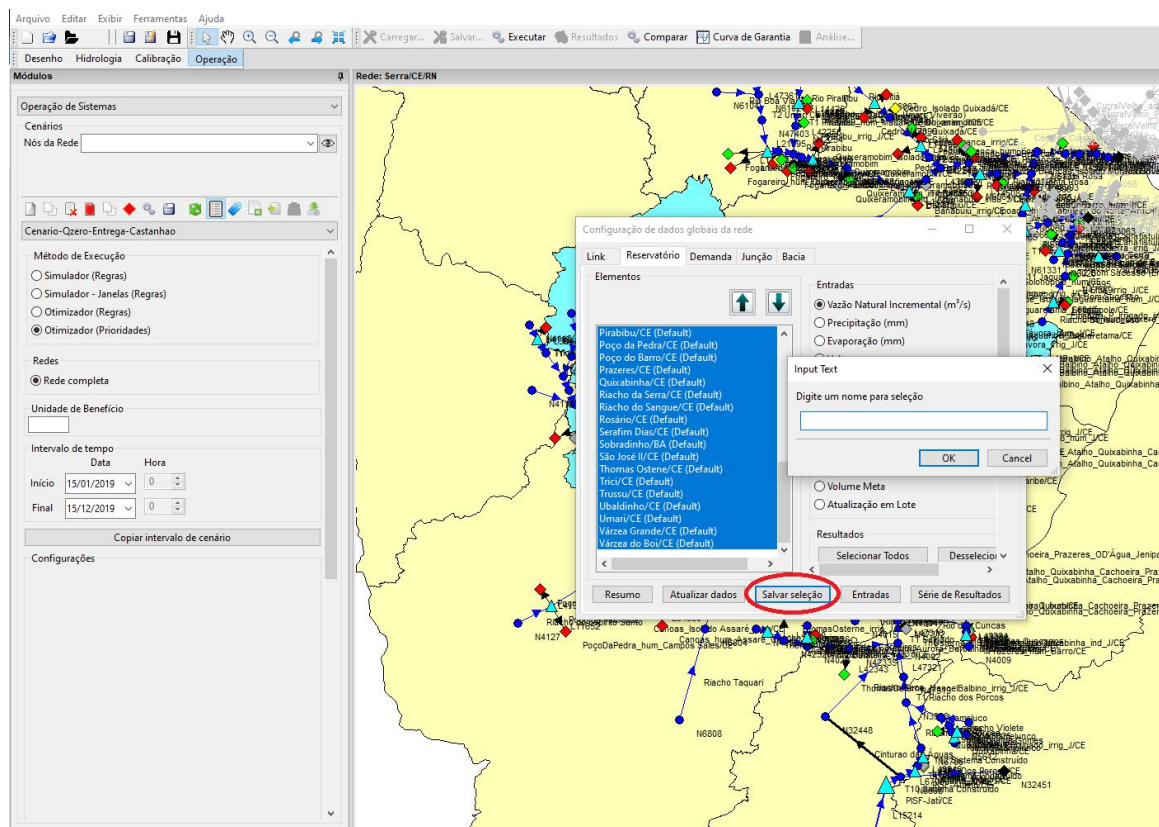


Figura 7.11 - Interface para caracterização da seleção de elementos.

Suponha que o usuário necessite da seleção das demandas dentro de uma área bem específica, por exemplo, selecionar as demandas dentro de uma bacia hidrográfica. Exibe-se o processo de seleção de todas as demandas situadas dentro do contorno dessa linha em vermelho (Figura 7.12).

O objetivo é limitar o curso da seleção, para que todos os elementos sejam selecionados. Assim, deve-se marcar pontos limites, ao qual o processo de seleção entende como o limite da seleção (não ultrapassando esse limite). O sentido da seleção ocorre de contra fluxo, onde o usuário deve escolher um ponto Inicial, do qual a partir desse ponto a seleção vai ocorrendo no sentido do contra fluxo até chegar nos limites estabelecidos como ponto(s) de parada(s).

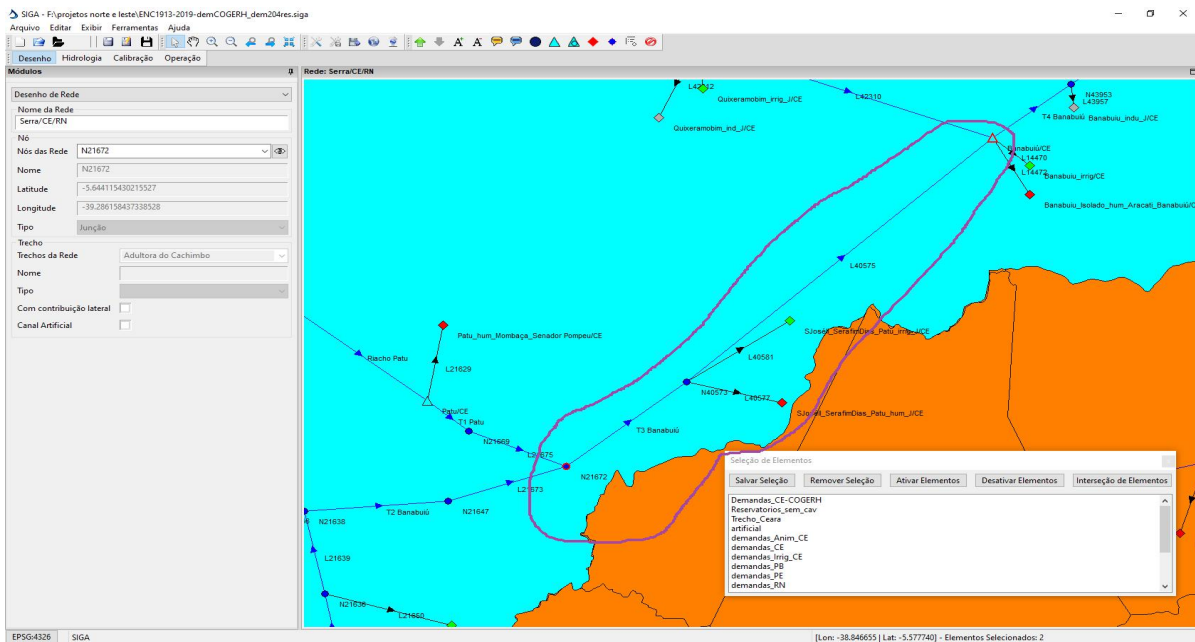


Figura 7.12 - Exemplo de demandas que serão selecionadas pelo processo de seleção de pontos específicos na rede.

A partir da escolha “visual” do local onde serão selecionadas as demandas, escolhe-se, primeiramente um ponto “Inicial” (nó principal), esse ponto serve de referência para o início do processo de seleção. Assim, torna-se necessária a adição de pontos limites, que servirão de parada no processo de seleção (Figura 7.13).

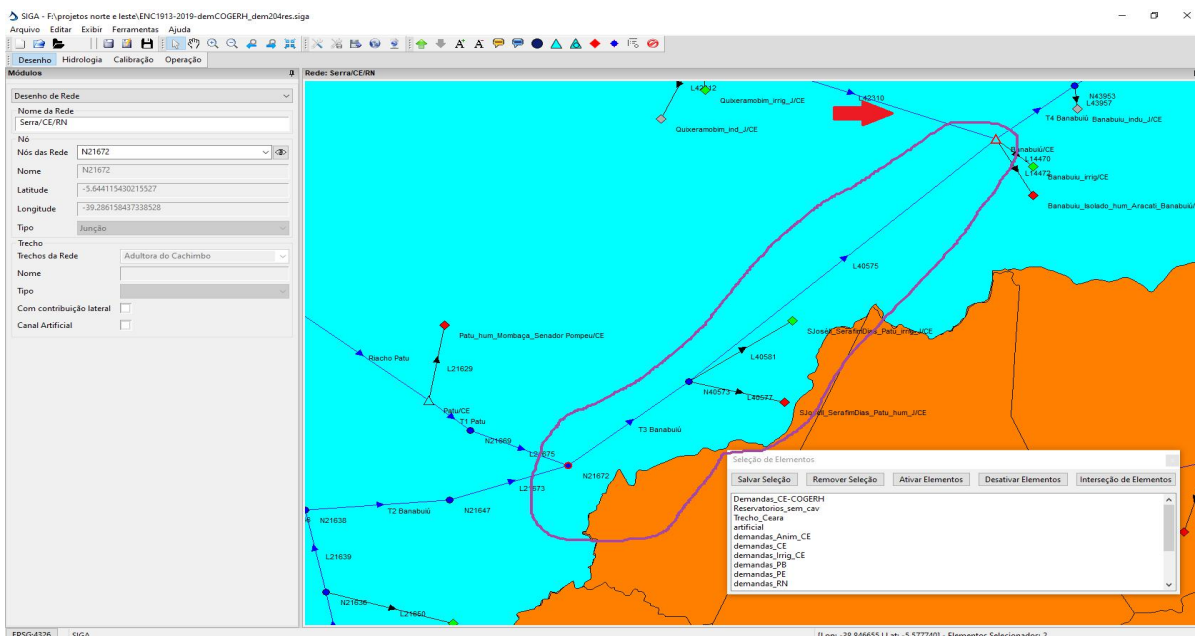


Figura 7.13 - Exemplo elementos que serão selecionadas pelo processo de seleção de pontos específicos na rede.

Após escolha dos pontos limites, o passo seguinte é clicar em **Interseção de Elementos**. Surgirá uma caixa de diálogo, na qual deve ser selecionado o **nó principal** (o elemento

mais a jusante). Caso o usuário deseje evitar a inserção de redes que passam por um determinado elemento, pode-se adicionar exceções. Tais elementos de Exceção devem ser selecionados na caixa **Exceção**. Logo após a escolha dos **limites** (*este campo pode ser deixado em branco*), escolhe-se os tipos de elementos a serem selecionados (utilizando as caixas de marcação). Na sequência, clica-se em **Selecionar** (Figura 7.14).

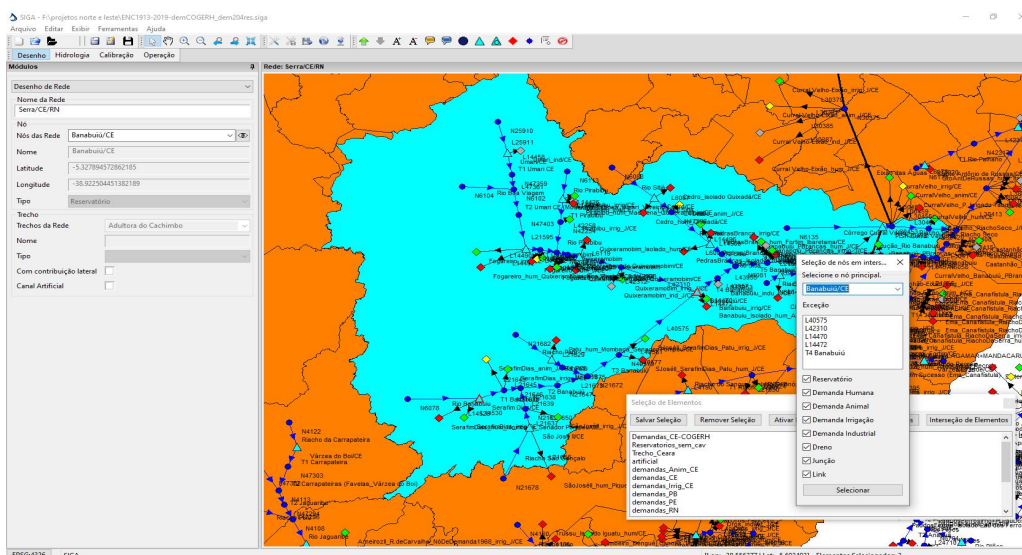


Figura 7.14 - Função ajuda.

Usando o menu Exibir pode-se ainda exibir/ocultar os seguintes componentes:

- Barra de ferramentas de menu;
- Barra de seleção de módulos;
- Barra de ferramentas da rede;
- Barra de ferramentas de shape;
- Gerenciador de módulos.

Tais opções são exibidas na caixa verde exibida na figura abaixo (Figura 7.15).

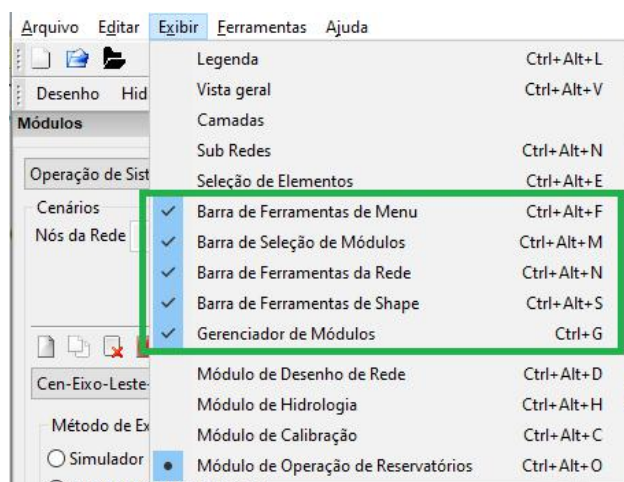


Figura 7.15 - Itens que exibe/ocultam componentes.

O menu Exibir pode ainda alterar o módulo atual que está sendo exibido no gerenciador de módulos. O SIGA dispõe de 4 módulos:

- Módulo de Desenho de rede;
- Módulo de hidrologia;
- Módulo de calibração;
- Módulo de operação de reservatórios.

O SIGA permite escolher o módulo em exibição usando os itens presentes no menu Exibir. As opções disponíveis são indicadas na caixa em verde na imagem abaixo (Figura 7.16).

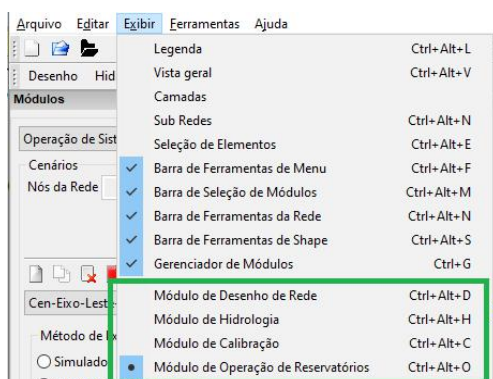


Figura 7.16 - Menus de seleção de módulo.

Por fim, o menu **Ajuda** apresenta informações sobre a versão atual do SIGA e a equipe de profissionais envolvidos no desenvolvimento do sistema. Uma imagem desse menu é exibida abaixo (Figura 7.17).



Figura 7.17 - Menu sobre.

O menu Ferramentas (Figura 7.6) visa disponibilizar ao usuário ferramentas extras de auxílio à execução do SIGA. Uma imagem com esse menu é exibida abaixo (Figura 7.18).

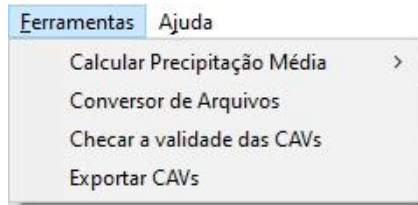


Figura 7.18 - Menu Ferramentas.

Uma das opções disponíveis no menu Ferramentas é o cálculo da precipitação média pelo Método dos Polígono de Thiessen. Para isso, são necessárias algumas informações, tais como:

- I) O arquivo shapefile de polígonos, identificando a área da região de interesse (por exemplo: área da região de interesse, bacia hidrográfica, de um município, e/ou região qualquer);
- II) O arquivo com a identificação dos polígonos;
- III) O arquivo shapefile dos pontos.
- IV) O arquivo com identificação dos pontos.

Uma segunda ferramenta é um conversor de arquivos. Ele fornece uma conversão entre diversas fontes e formatos (ANA, FUNCEME, SUDENE, dentre outros). Pode-se citar, por exemplo, a conversão do formato Hidroweb/ANA, diretamente para o formato do SIGA, na qual dados são baixados e salvos no computador. Para usar tal funcionalidade, clica-se em ferramentas, na sequência em Conversor de Arquivos, escolhe o formato (diário ou mensal) e em seguida clica-se em **importar arquivo**. Existe a opção de importar diretamente do Hidroweb, clicando-se na opção **Importar da Hidroweb**. Uma figura com essa funcionalidade é exibida abaixo (Figura 7.19).

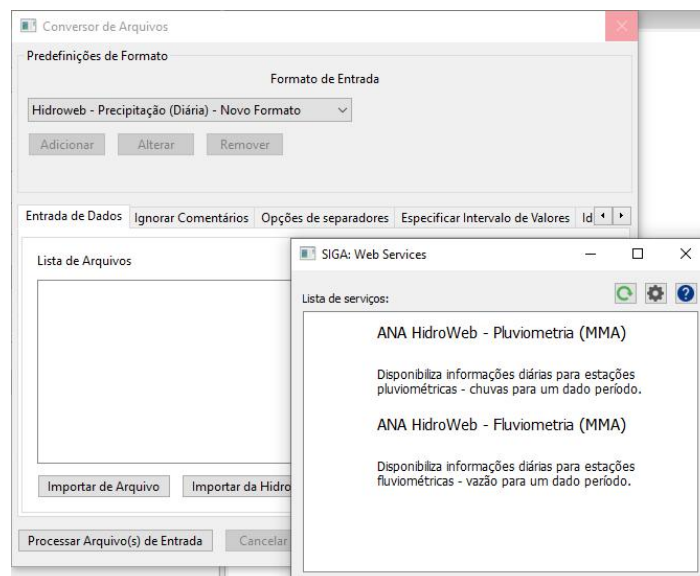


Figura 7.19 - Conversor de arquivos

Uma terceira ferramenta é Checar a Validade de CAVs. Pode ser que um dos reservatórios com uma CAV inválida. Um exemplo de CAV inválida é um volume da linha 2 menor que o volume da linha 1. Ao clicar na opção Checar a Validade de CAVs, é realizada uma checagem para ver se algum reservatório do projeto atual tem uma CAV inválida. Quando todas as CAVs estão bem configuradas, exibe-se a mensagem exibida nFigura abaixo (Figura 7.20).

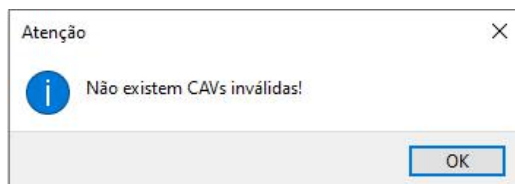








Figura 7.20 - Checagem de CAVs

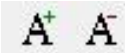




7.2 BARRA DE FERRAMENTAS

Na Barra de Ferramentas existem conjuntos de botões que oferecem acesso rápido e fácil às funcionalidades mais frequentes no SIGA. A tabela 7.2 apresenta o resumo dos botões disponíveis e suas respectivas funcionalidades.

A terceira e última das barras de multifuncionalidades do SIGA apresenta a possibilidade de acesso aos módulos do sistema. Para cada módulo, a área à esquerda da interface geral altera-se para apresentar a interface específica do módulo selecionado para trabalho, bem como alguns botões da Barra de Ferramentas. Os módulos disponíveis são Desenho, Hidrologia, Calibração, Operação e Resultados.

Tabela 7.2 - Funcionalidades da Barra de Ferramentas do SIGA.








	Criar novo projeto, abrir um projeto siga e abrir um projeto JSON
	Salvar (SIGA), Salvar Como (SIGA) e Salvar como (JSON)
	Ferramenta de seleção e ferramenta de arrastar rede
	Zoom-in, Zoom-out, Visualização anterior, Visualização posterior e centralização da rede hídrica
	Carregar rede (carrega apenas um desenho de rede salvo) e Salvar rede (salva apenas o desenho de rede)
	Exportar imagem da rede como JPG, Plano de Fundo da rede (permite exibir uma imagem como plano de fundo) e exportar rede para formato KML
	Aumentar e diminuir um elemento da rede hídrica

	<p>Aumentar e diminuir a fonte do label do elemento</p>
	<p>Esconder labels de nós (amarelo) e esconder labels de trechos (azul)</p>
	<p>Mudar elemento para bacia, reservatório, lago natural, demanda e junção</p>
	<p>Adiciona reservatórios a partir de um banco de dados local pré-carregado em cada versão do SIGA.</p>
	<p>Apagar elemento da rede</p>

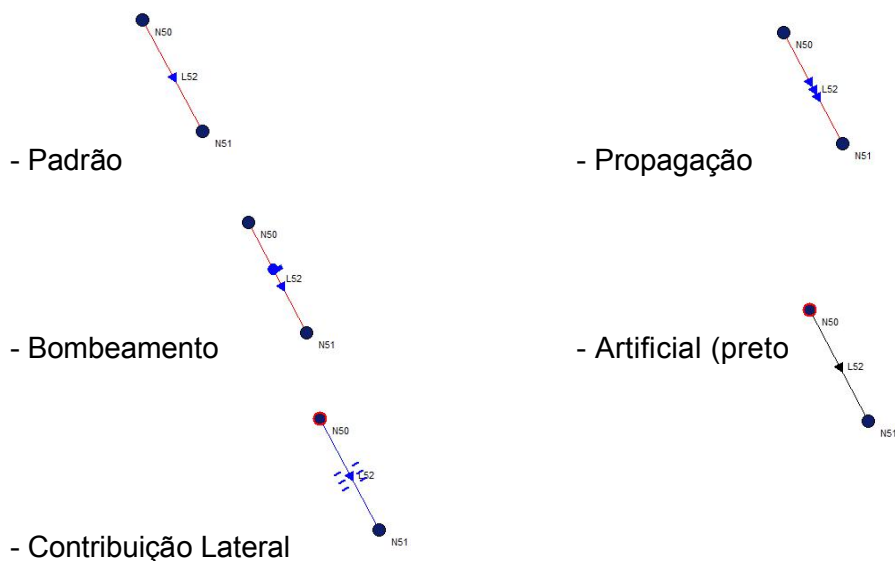
8. MÓDULO DE DESENHO DE REDE

Uma rede no SIGA é representada por um conjunto de nós e trechos. Os nós podem representar os seguintes elementos:

Tabela 8.1 - Elementos representados pelos nós no SIGA.

 Bacia	 Reservatório
 Lago Natural	 Demanda
 Junção	
Alguns nós possuem derivações e são apresentados das seguintes formas	
 Reservatório com benefício.	 Reservatório isolado.

Já os trechos podem representar os seguintes elementos:



A região de desenho é a área branca da interface inicial do SIGA. O desenho da rede é feito através do mouse, utilizando-se os dois botões (esquerdo e direito). Dependendo de onde o mouse esteja e qual a ação que o usuário realize, funcionalidades diferentes são acionadas. A Tabela 8.2 apresenta as ações realizadas em cada situação.

Tabela 8.2 - Ações que resultam do uso do mouse no desenho de rede.

Mouse	Ação	Sobre um Nó	Sobre um Trecho	Sobre a área branca
Botão Esquerdo	Duplo clique	-	-	Cria novo nó
	Pressão +Arraste	Cria novo trecho e nó	-	Seleciona elementos
	Um clique	Seleciona	Seleciona	-
Botão Direito	Um ou Duplo clique	Permite trocar tipo	Permite trocar tipo	-
	Pressão + arraste	-	-	Move a rede completa
	Selecionado + arraste	Move nó	Move a rede completa	-

8.1 TRABALHANDO COM NÓS

Para se criar um novo nó na rede, basta clicar duas vezes com o botão esquerdo do mouse sobre uma região vazia da área de desenho. O novo nó é criado sem nenhuma informação vinculada, apenas um nome automático. O usuário pode informar um novo nome ao nó recém-criado, incluir informação de latitude e longitude para localizar o elemento, selecionar uma instituição responsável, atribuir um código e selecionar o tipo de Nó. Essas operações são feitas na região destinada a nós no canto lateral esquerdo da interface do módulo de Rede (Figura 8.1).

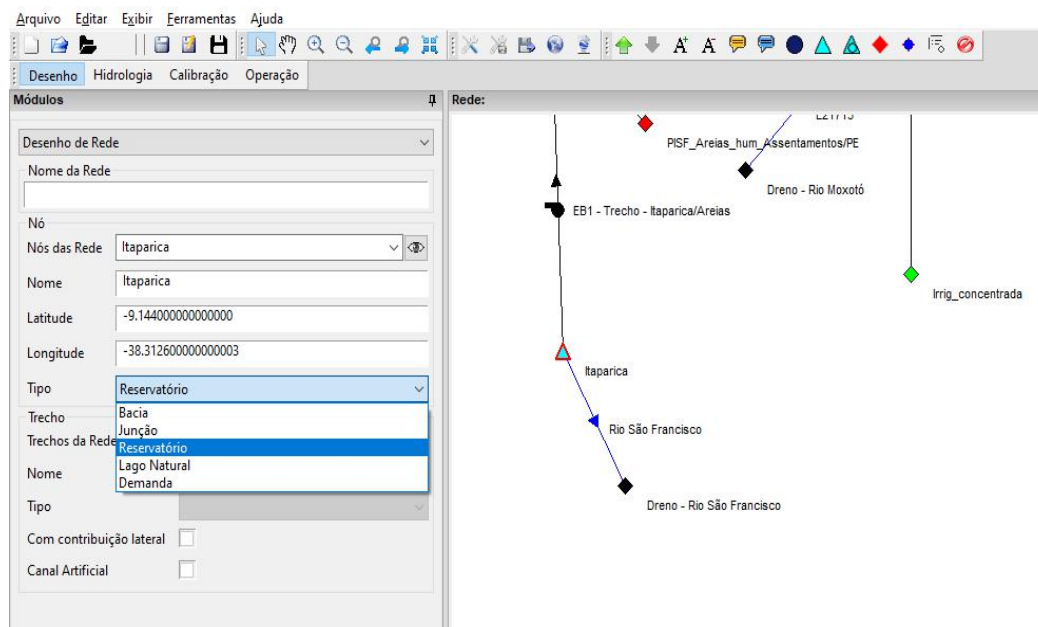



Figura 8.1 - Definições sobre os nós recém criados na Rede Hídrica.

Para selecionar um nó, basta clicar uma vez com o botão esquerdo do mouse sobre o nó desejado. É possível selecionar mais de um nó de uma vez. Para isso, pressione o botão esquerdo do mouse na área em branco e arraste o mouse até englobar todos os nós que deseja selecionar. Libere o botão para encerrar a seleção. Todos os trechos que estiverem totalmente dentro da seleção também serão selecionados.

Caso seja desejado alterar a posição de um nó, deve-se pressionar o botão direito do mouse sobre o nó e, mantendo o botão pressionado, movimentar o nó na área de desenho para a posição desejada. Para encerrar a operação, basta liberar o botão pressionado. Certifique-se que o nó que deseja mover esteja selecionado. Caso haja mais de um elemento selecionado (nós e trechos), todos os elementos terão a posição alterada na rede de fluxo. A posição relativa entre os elementos movidos será mantida.

Para remover um nó, basta selecioná-lo e clicar no botão de remoção de elemento  ou no botão **Delete** de seu teclado. Se existir algum trecho vinculado a esse nó, ele será removido.

8.2 TRABALHANDO COM TRECHOS

Para se criar um trecho entre dois nós já existentes, pressione o botão esquerdo sobre o nó a montante (de onde o trecho sai) e arraste o mouse, com o botão pressionado, até o nó a jusante (para onde o trecho vai), liberando o botão.

A parte inferior esquerda da interface inicial do SIGA é reservada para inserir informações sobre o trecho criado. Para isso, selecione o trecho e manuseie os *scrollboxes* do quadro Trechos da Rede, conforme mostrado na Figura 8.2. Ainda nessa área, o usuário pode incluir contribuição lateral a um trecho e/ou defini-lo como canal artificial.

Caso só exista o nó de onde se deseja criar o trecho, repita o processo anterior, porém, em vez de liberar o botão sobre um nó, libere-o sobre a região onde se deseja que o novo nó seja criado.

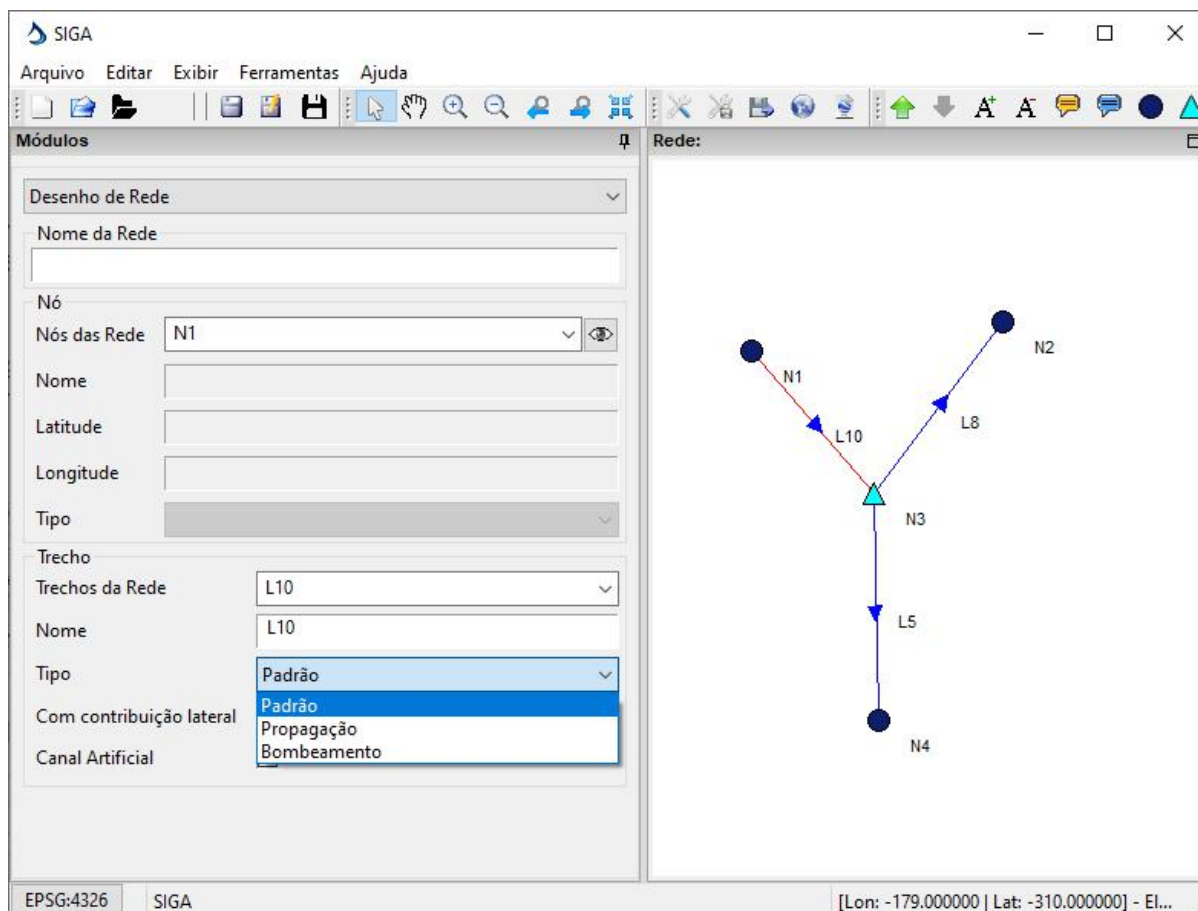



Figura 8.2 - Manipulação de propriedades de trechos no módulo de Rede.

Para selecionar um trecho, basta clicar com qualquer botão do mouse sobre o trecho desejado. É possível selecionar mais de um trecho de uma vez, para isso, pressione o botão esquerdo do mouse em uma região vazia e arraste o mouse até englobar todos os trechos que deseja. Libere o botão para encerrar a seleção. Todos os nós também serão selecionados. Para deletar um trecho, basta selecioná-lo com o mouse e clicar no botão

"remover nó ou trecho"  ou no botão Delete de seu teclado. Certifique-se de selecionar apenas o trecho que deseja remover e não os nós associados ao trecho. Ao remover um trecho, os nós vinculados a este não serão removidos.

> **Segmentação de Trecho**

Em situações onde existem mais de um trecho entre dois nós, pode ser necessário segmentar o trecho para melhor visualizá-lo. Para isso, selecione o trecho com o botão esquerdo, clique com o botão esquerdo em **Quebra de Link**, conforme indicado na Figura 8.3.

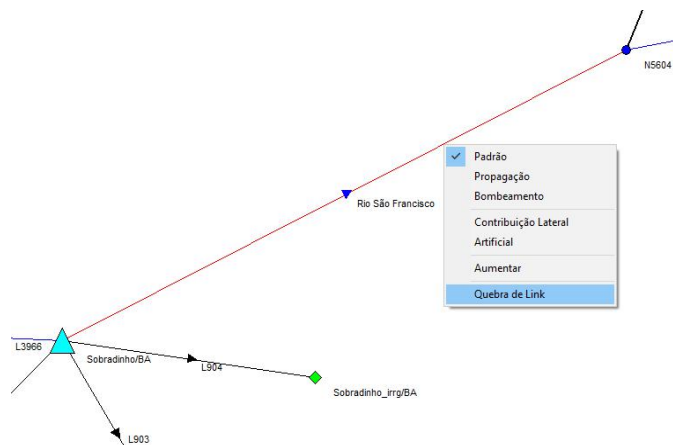


Figura 8.3 - Inserindo ponto de quebra em trecho.

Após a quebra do trecho, o seu formato fica conforme figura abaixo (Figura 8.4):

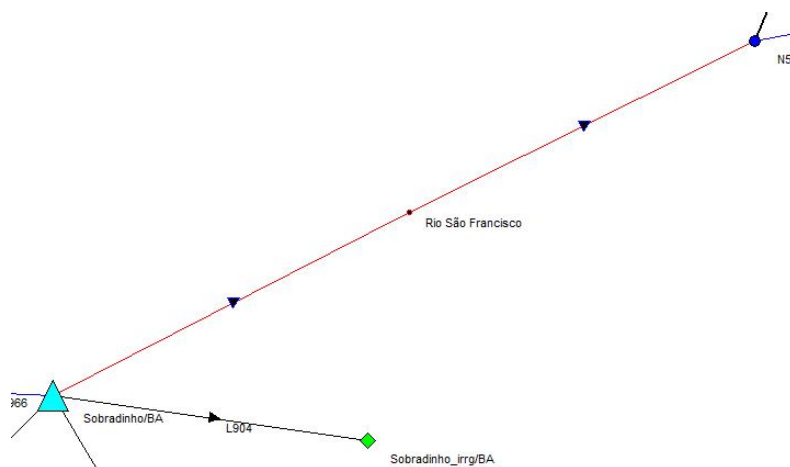


Figura 8.4 - Formato de trecho após quebra.

Caso seja de interesse mudar o local da quebra, basta clicar com o botão direito sobre a quebra e arrastar para o local desejado. Só é permitido inserir um único ponto de segmentação por trecho. Um exemplo de reposicionamento de ponto de quebra é indicado abaixo (Figura 8.5).

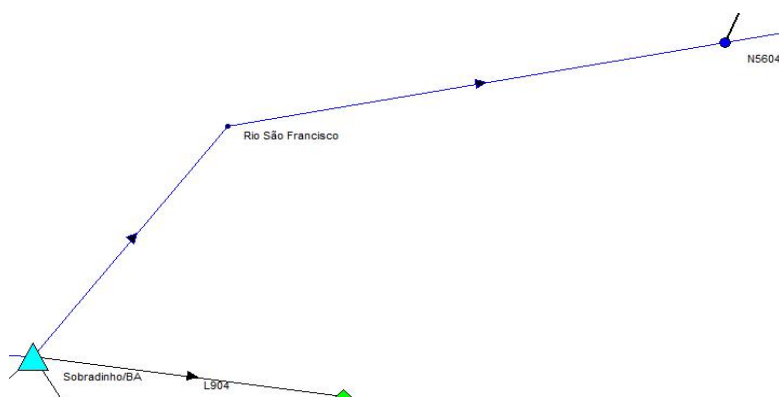


Figura 8.5 - Formato de trecho reposicionamento do ponto de quebra.

Para retornar o trecho para apenas um segmento, ou seja, remover o ponto de segmentação, clique com o botão direito em qualquer ponto do trecho e desselecione a opção **Quebra de link**.

> **Múltipla seleção de Elementos**

Para selecionar mais de um elemento (nó/trecho), pressiona-se o botão esquerdo do mouse, numa área sem elementos e arrasta-se o mouse. Esta ação cria uma região de seleção e marca todos os elementos da rede que estiverem dentro dela. Quando todos os elementos que deseja selecionar estiverem dentro da região de seleção, pode liberar o botão do mouse.

Entretanto, há a opção de usar atalhos para selecionar elementos em conjunto, conforme apresentado na Tabela 8.3. O usuário também pode realizar seleções múltiplas a partir do Menu Editar da barra de Menus do SIGA.

Caso deseje-se alterar a posição de mais de um nó, devem-se selecionar os elementos que deseja movimentar e pressionar o botão direito do mouse sobre um dos nós selecionados e, mantendo o botão pressionado, movimentar-se o nó na área de desenho para a posição desejada. Para encerrar a operação, basta liberar o botão pressionado.

Tabela 8.3 - Atalhos para seleção múltipla de elementos.

Atalho	Seleção
Ctrl + A	Selecionar todos os elementos
Ctrl + Shift + N	Selecionar todos os Nós
Ctrl + Shift + D	Selecionar todos os Nós de demanda
Ctrl + R	Selecionar Nós de Reservatório
Ctrl + T	Selecionar todos os Trechos

O menu Exibir, da barra de Menus, oferece a possibilidade do usuário deixar ativa a barra de rede e a barra de shape que contêm vários botões que facilitam o manuseio da rede hídrica (Figura 8.6).



Figura 8.6 - Destaque para as barras de rede e de shape que permitem trabalhar com a rede hídrica no SIGA.

9. HIDROLOGIA

O componente **Hidrologia** do SIGA oferece a possibilidade da simulação de processos hidrológicos numa bacia hidrográfica de acordo com a formulação dos seguintes modelos hidrológicos: GWLF, SMAP, HYMOD, SACR, WASA, CN3S. São utilizadas três escalas temporais: horária, diária e mensal.

Uma aplicação de simulação hidrológica no SIGA inicia-se pela inserção da bacia hidrográfica a ser simulada, que pode ser representada por um nó qualquer numa rede hídrica. Em seguida, o usuário deve definir a escala de tempo a ser utilizada na simulação, utilizando o Menu Arquivo/Intervalo de tempo, conforme apresentado na Figura 9.1.

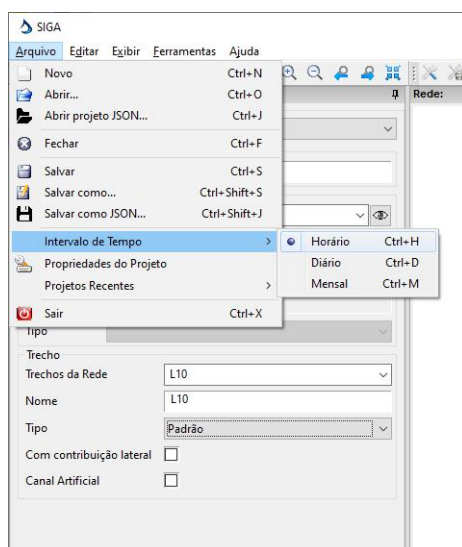


Figura 9.1 - Definição da escala de tempo da simulação hidrológica.

O usuário pode inserir um shapefile para ilustrar a bacia hidrográfica a ser modelada. Para isso, deve-se clicar no Menu Exibir/Camadas e inserir o arquivo de shapefile da bacia hidrográfica utilizando o botão ilustrado na Figura 9.2.

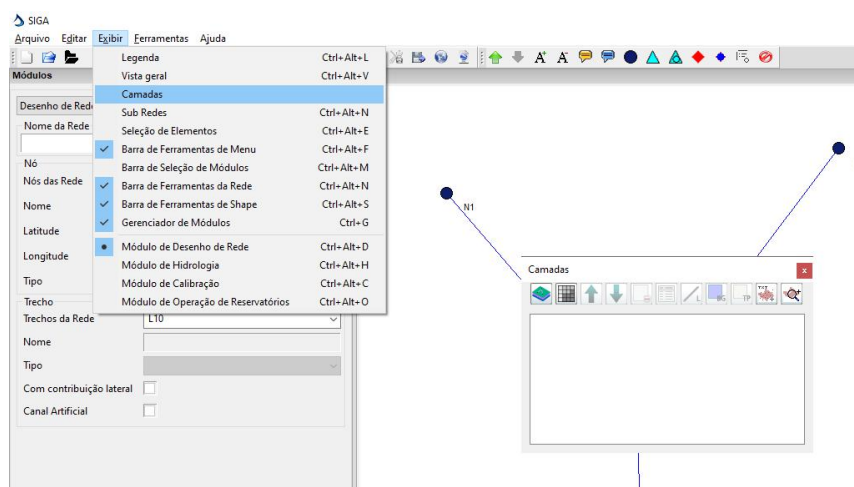


Figura 9.2 - Inserção da barra de ferramentas de shape para ilustrar a bacia hidrográfica a ser modelada

Para todos os modelos do componente de Hidrologia, é preciso que o usuário indique qual o nó que está representando a bacia em análise. Assim, o usuário deve selecionar o nó (bacia ou sub-bacia) do sistema hídrico e selecionar o componente Hidrologia, para que sejam disponibilizados os modelos disponíveis para cada escala de tempo, diária, horária e mensal (Figura 9.3).

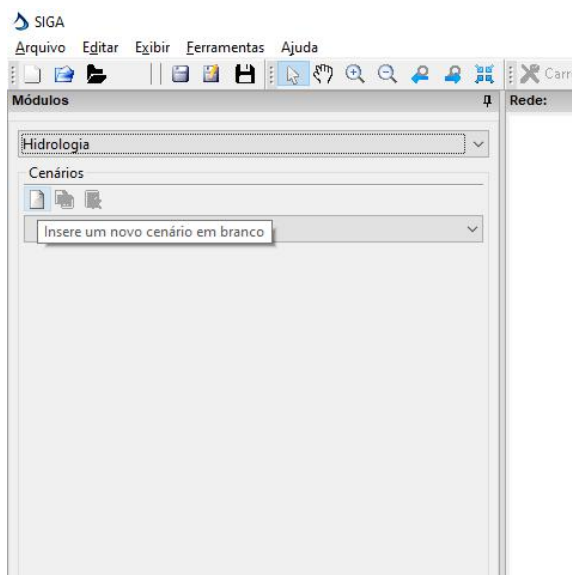


Figura 9.3 - Início de novo cenário: componente Hidrologia.

O componente mostrará o leque de modelos disponíveis para a escala de tempo que o usuário tiver selecionado no menu Arquivo/Intervalo de Tempo. As possibilidades de modelos hidrológicos para cada escala de tempo são as seguintes:

- Escala de tempo horária: SMAPH, SACR e WASA;
- Escala de tempo diária: GWLF, SMAP, HYMOD, SACR e WASA;
- Escala de tempo mensal: SMAP e CN3S.

A seguir, são apresentados os procedimentos de aplicação de cada modelo hidrológico em suas diversas escalas de tempo (horária, diária e mensal). A interface lateral esquerda vai alterar-se de acordo com a seleção do modelo a ser utilizado, uma vez que os dados de entrada e os parâmetros dos modelos variam. No entanto, para todos os modelos, o usuário deve indicar qual o período de simulação de interesse, ou seja, qual o fragmento da série de dados de entrada que o usuário deseja analisar. Essa janela de período também pode ser igual à série de dados de entrada, não havendo necessidade de alteração por parte do usuário após a série de dados de entrada ter sido carregada no sistema.

Antes de iniciar a simulação de qualquer modelo hidrológico, o usuário pode inserir em seu projeto os dados observados de vazão para a bacia em análise, conforme mostrado no detalhe da Figura 9.4.

Após inserir os dados de entrada e os parâmetros requeridos pelo modelo selecionado para a simulação hidrológica, o usuário deve clicar no botão Executar da barra de ferramentas e em seguida o botão Resultados para visualização dos valores de saída do modelo. A Figura 9.5 apresenta o destaque para referidos botões.

9.1 MODELOS PARA ESCALA DE TEMPO HORÁRIA

Os modelos hidrológicos disponíveis para simulações de evento hidrológicos em escala horária são o SMAPH, o SACR e o WASA. A descrição da formulação matemática desses modelos está apresentada no item 3 deste manual e o usuário deve buscar as referências citadas no texto para maiores detalhes.

Período de simulação de interesse. Deve ser informado em todas as aplicações de simulação hidrológica.

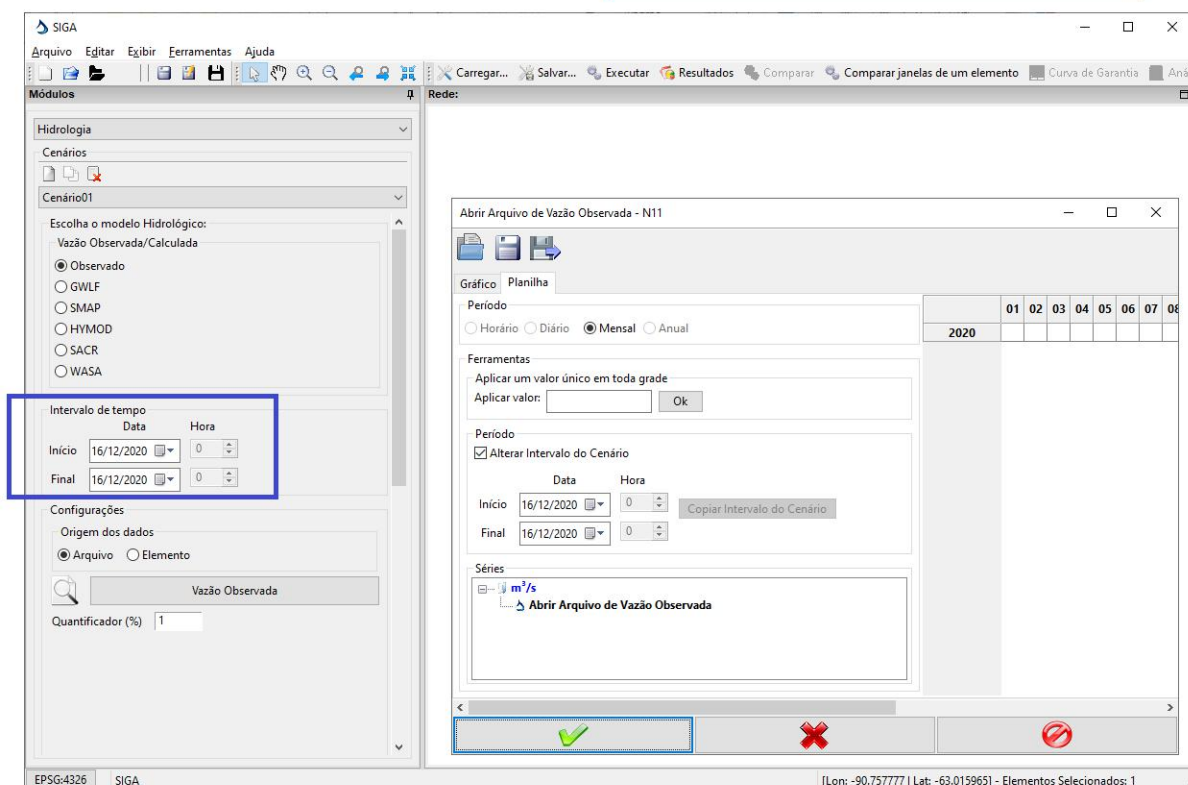


Figura 9.4 - Entrada de dados de vazão observada para a bacia ou para algum ponto de interesse.



Figura 9.5 - Destaques dos botões de execução do modelo selecionado e apresentação dos resultados.

9.1.1 SMAPH (Versão horária)

Para iniciar a aplicação do modelo SMAP, o usuário deve definir a área da bacia e carregar as séries de dados de entrada de precipitação e evapotranspiração potencial. Estas séries são carregadas no SIGA a partir de um componente de leitura de séries, conforme

apresentado nas Figuras 9.6 e 9.7. Finalmente, o usuário deve inserir os valores dos parâmetros a serem considerados.

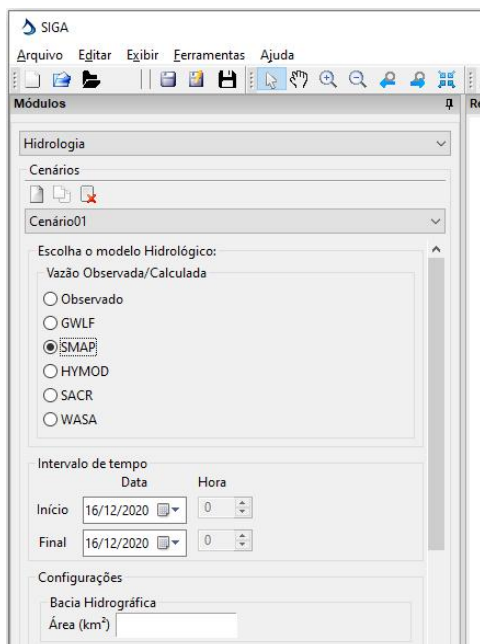


Figura 9.6 - Configurando o modelo SMAP.

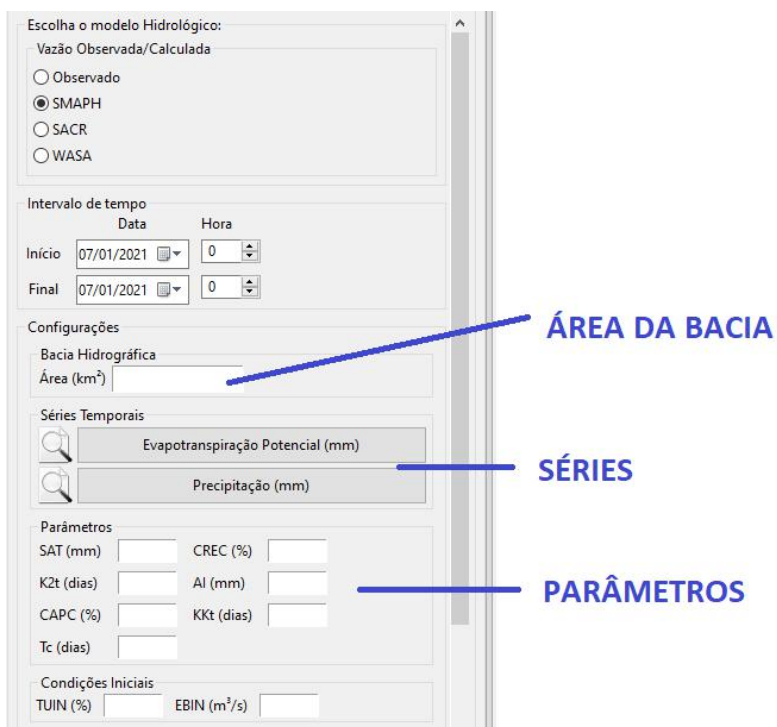


Figura 9.7 - Entrada de dados do modelo SMAP horário.

9.1.2 SACR (Versão horária)

O modelo SACR em sua versão horária requer informações de área da bacia, das séries de dados de precipitação, evaporação potencial e o hidrograma unitário. O componente de leitura de séries deve ser utilizado para inserir esses dados no sistema. Em seguida o usuário precisa definir os valores de parâmetros conforme a Figura 9.8.

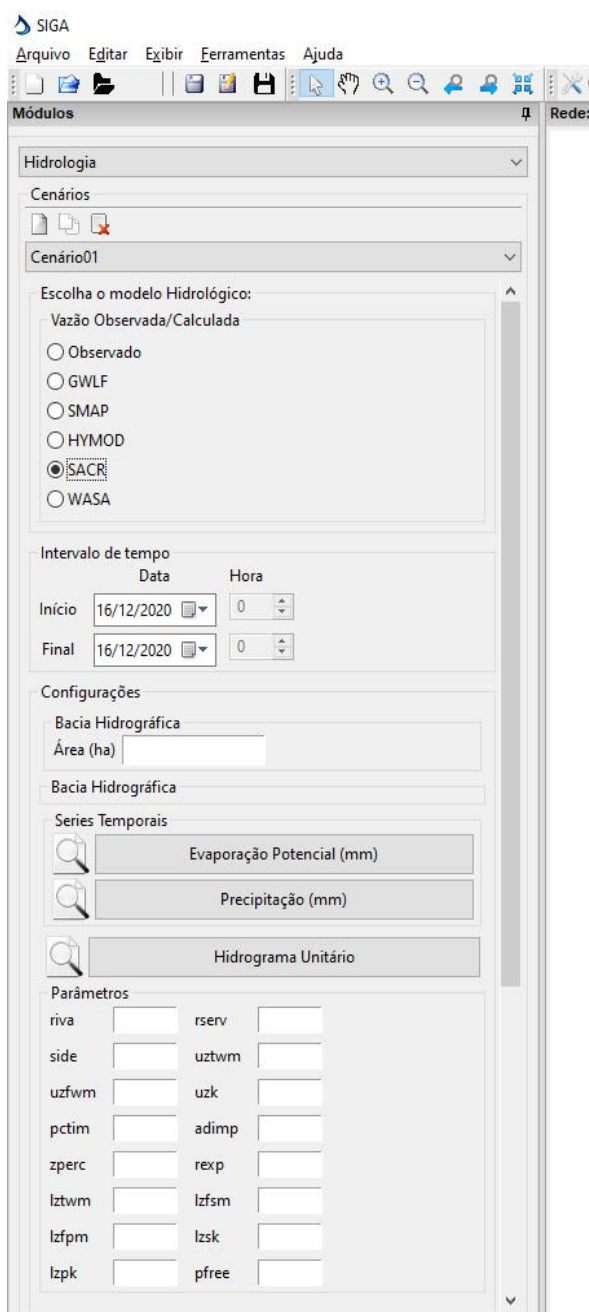


Figura 9.8 - Parâmetros do modelo SACR versão horária.

São apresentadas abaixo, as definições básicas dos parâmetros utilizados no modelo SACR. O usuário deve consultar as referências citadas no item 3.4 para obter maiores detalhes sobre a formulação do modelo. A Tabela 9.1 apresenta uma breve definição dos parâmetros solicitados, além daqueles já explicitados no item 3.4 deste manual.

Tabela 9.1 - Parâmetros do modelo SACR em escala horária e diária.

Parâmetro	Definição
RIVA	Percentual de área de mata ciliar
SIDE	Razão entre escoamento de base primário e escoamento de base suplementar
RSERV	% da água livre da camada inferior que não pode ser transferida para zona capilar inferior
UZK	Taxa de retirada de água livre da camada superior
ZPERC	Taxa máxima de percolação
ADIMP	Porcentagem de área impermeável adicional
REXP	Expoente da taxa de percolação
LZPK	Retirada diária da camada inferior primária
LZSK	Retirada diária da camada inferior suplementar
PFREE	Percentual da água percolada que sempre vai direto para armazenamento na camada inferior de água livre

9.1.3 WASA (Versão horária)

A entrada de parâmetros para o modelo WASA, tanto em sua versão horária como diária, é feita a partir da leitura e reconhecimento de *shapefiles* inseridos e manipulados com funções de SIG. O usuário deve indicar os arquivos *shapefiles* para: sub-bacias, unidades de paisagens, solo e vegetação; e um arquivo matricial (*raster*) de elevação do terreno. Opcionalmente, o usuário pode entrar também com um *shapefile* de componente de terreno, caso contrário, ele será automaticamente calculado pelo SIGA. Para todos esses arquivos de entrada, o usuário pode definir quais informações são importantes e quais devem ser descartadas. A Figura 9.9 apresenta a interface de entrada de dados do WASA no SIGA.

Os polígonos denominados de Landscape unit 2 (LU2) são gerados a partir da intersecção dos *shapefiles* de sub-bacia e de unidades de paisagem e são criados conforme uma porcentagem de desprezo de polígonos, que o usuário determina na interface (Figura 9.10). Polígonos resultantes da intersecção que tenham área menor do que x % da área do polígono da sub-bacia correspondente serão desprezados.

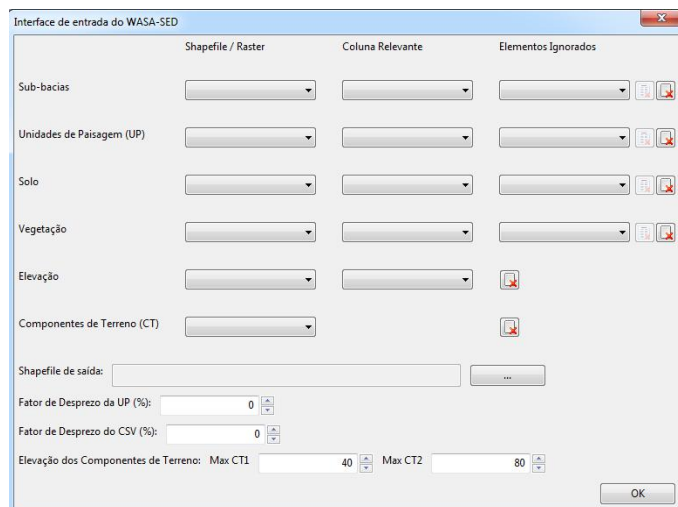


Figura 9.9 - Interface de entrada do WASA

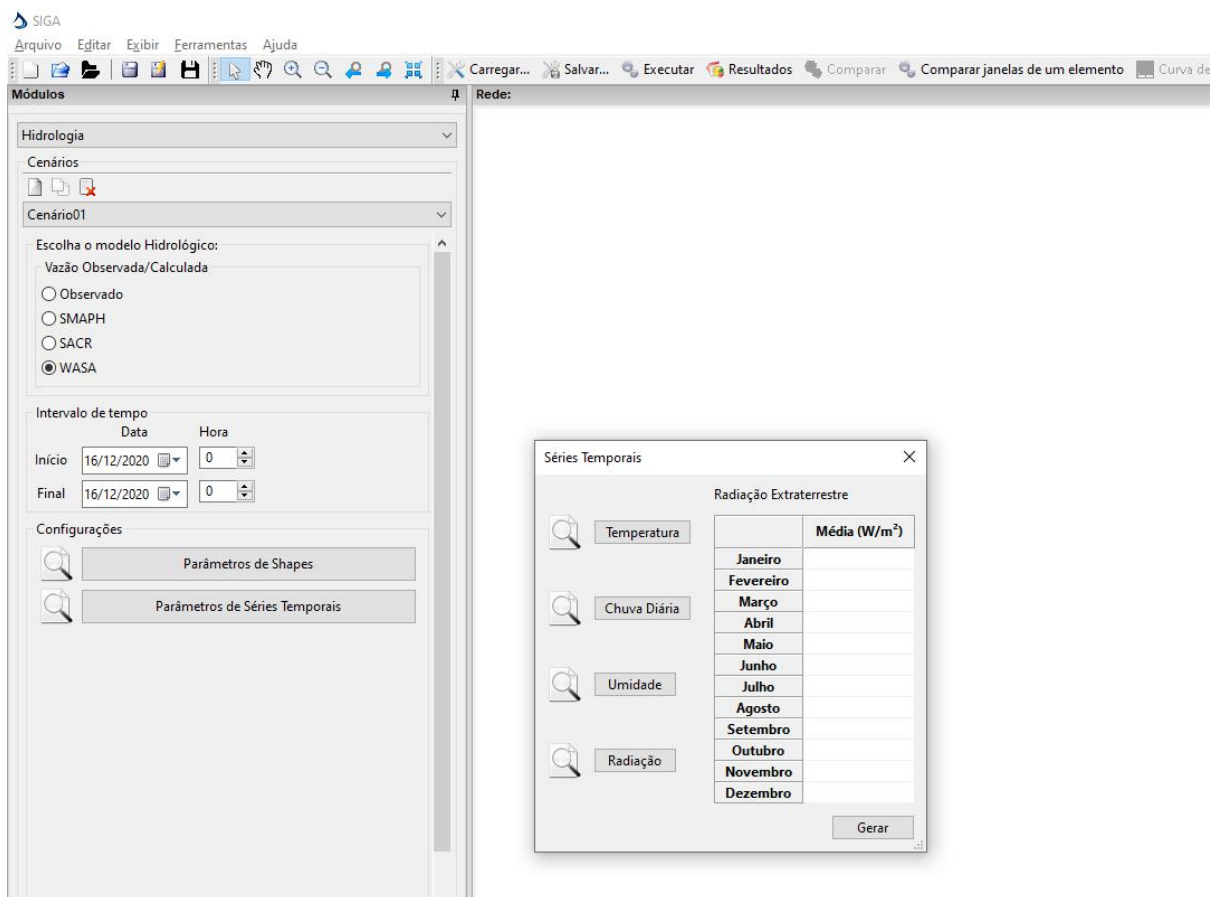


Figura 9.10 - Inserção de shapefiles para obtenção de parâmetros fisiográficos do modelo WASA, versão horária e diária.

9.2 MODELOS PARA ESCALA DE TEMPO DIÁRIA

Os modelos hidrológicos disponíveis para simulações diárias são o GWLF, SMAP, HYMOD, SACR e WASA. A descrição da formulação matemática desses modelos está apresentada no item 3 deste manual e o usuário deve buscar as referências citadas para maiores detalhes.

9.2.1 GWLF (Versão diária)

Conforme descrito na seção 3.1, o modelo GWLF é, na verdade, um modelo de simulação de cargas de poluentes oriundas de fontes difusas de poluição. O modelo simula valores diários e mensais de vazão, sedimento e cargas de nitrogênio e fósforo para uma bacia de forma concentrada. No SIGA, o GWLF está programado para simulação de valores de vazão diárias, a simulação de cargas de sedimento e de nutrientes está em fase de implantação e poderão estar disponíveis em versão no futuro. Para aplicação desse modelo, o usuário deve definir as áreas fontes de contribuição de vazão e cargas de poluentes na bacia e para cada uma delas informar valores dos parâmetros de Número de Curva (CN), área e tipo (rural ou urbana).

A figura 9.11 apresenta a interface de inserção de características das áreas fontes que também pode ser informada através da leitura de um arquivo onde constem as informações descritas na tabela. Ainda como entrada de dados, o usuário deve inserir as séries de Temperatura e Precipitação diárias para a bacia.

Na sequência da inserção de dados para o modelo GWLF o usuário deve fornecer informações para o balanço de neve acumulada no solo e que eventualmente poderá derreter e contribuir com o escoamento superficial, bem como informações sobre o crescimento de culturas na bacia para respectivos períodos de cultivos. A figura 9.12 ilustra essas informações e detalhes podem ser obtidos em Haith et al (1996) e Alves (2005).

Em seguida, o usuário deve informar os parâmetros a serem aplicados aos cálculos de evapotranspiração na bacia e de balanço hídrico no solo. Para o cálculo da evapotranspiração, o modelo GWLF baseia-se na definição de um coeficiente de cobertura de vegetação aplicado à evaporação potencial. Esse coeficiente é definido para cada mês do ano, e informado na tabela da interface ilustrada na Figura 9.13, que também receberá informações sobre valores de quantas horas de sol existem em média num dia de cada mês do ano.

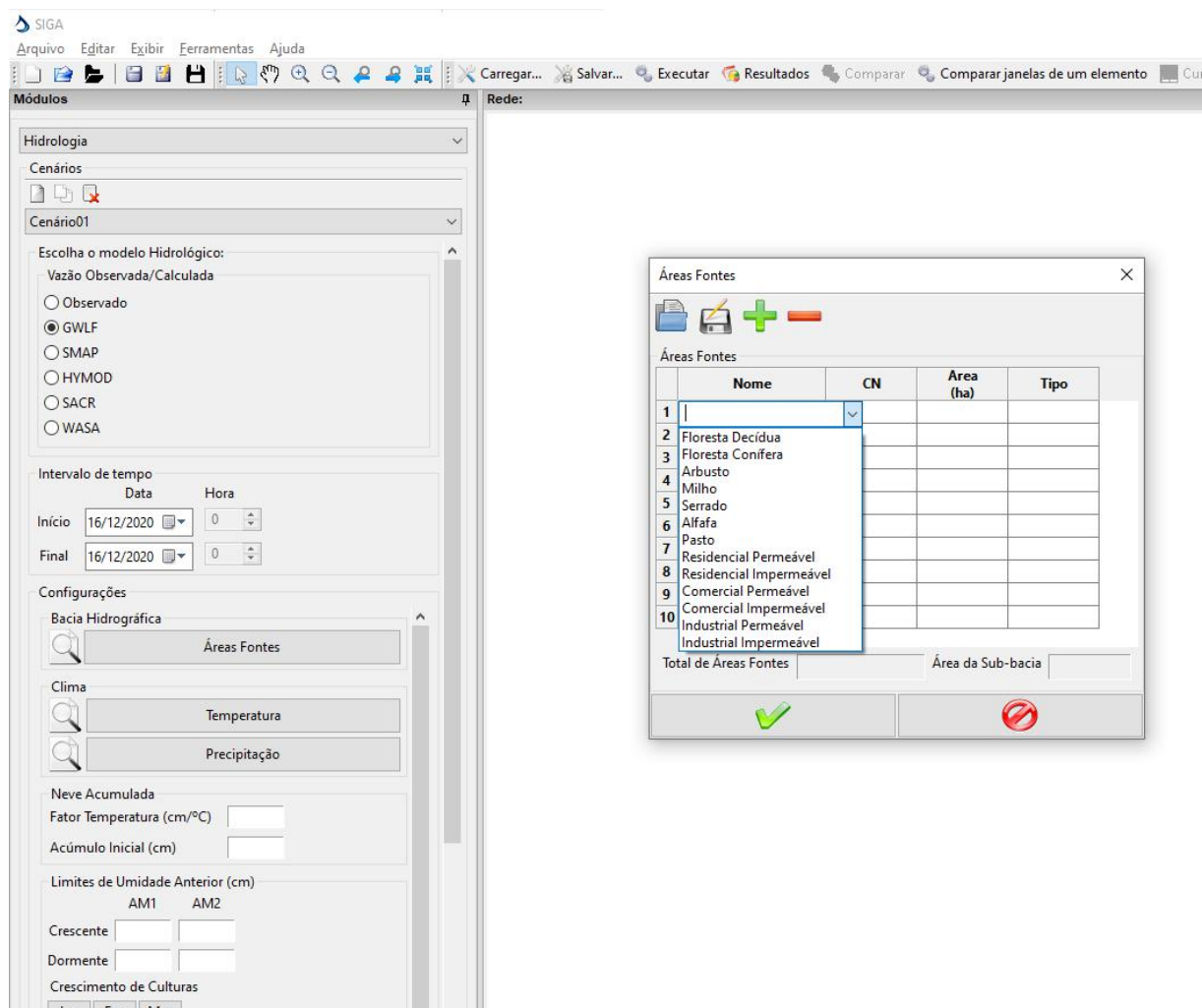
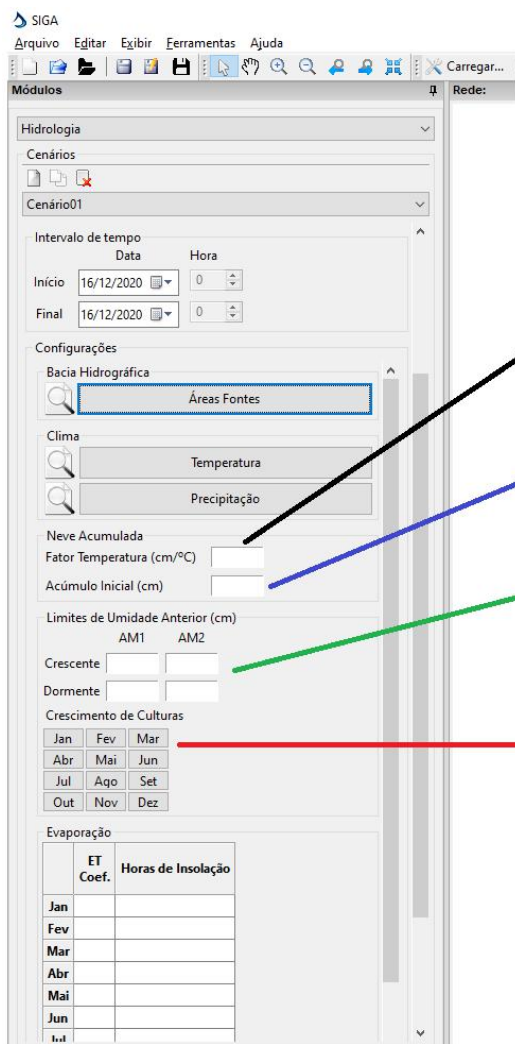


Figura 9.11 - Definição de áreas fontes e suas características para aplicação do modelo GWLF.



1. Quantidade de neve que derrete para cada C° de temperatura. Esse parâmetro governa o balanço de neve acumulada ou derretida para cada dia;

2. Quantidade de neve acumulada no solo no primeiro dia do período de simulação;

3. Definição dos limites de umidade antecedente AM1 e AM2 para os períodos de crescimento e de dormência das plantas;

4. Definição dos meses do ano que correspondem a períodos de crescimento das culturas na bacia. O usuário deve clicar (selecionar os meses de crescimentos das culturas).

Figura 9.12 - Informações sobre balanço de acúmulo de neve e crescimento de culturas para simulação do modelo GWLF.

Para o balanço hídrico no solo que irá definir as contribuições de escoamento de base para valores de vazão, o usuário deve informar valores iniciais de conteúdo de águas nas camadas do solo, não saturado e saturado raso. O conteúdo de água no solo é contabilizado como um reservatório linear, em que coeficientes de deplecionamento são aplicados para indicar perdas de águas para camadas inferiores (seepage), perda de água para escoamento de base (recessão) e ganho de água oriunda de vazamentos de sistemas de fossas sépticas.

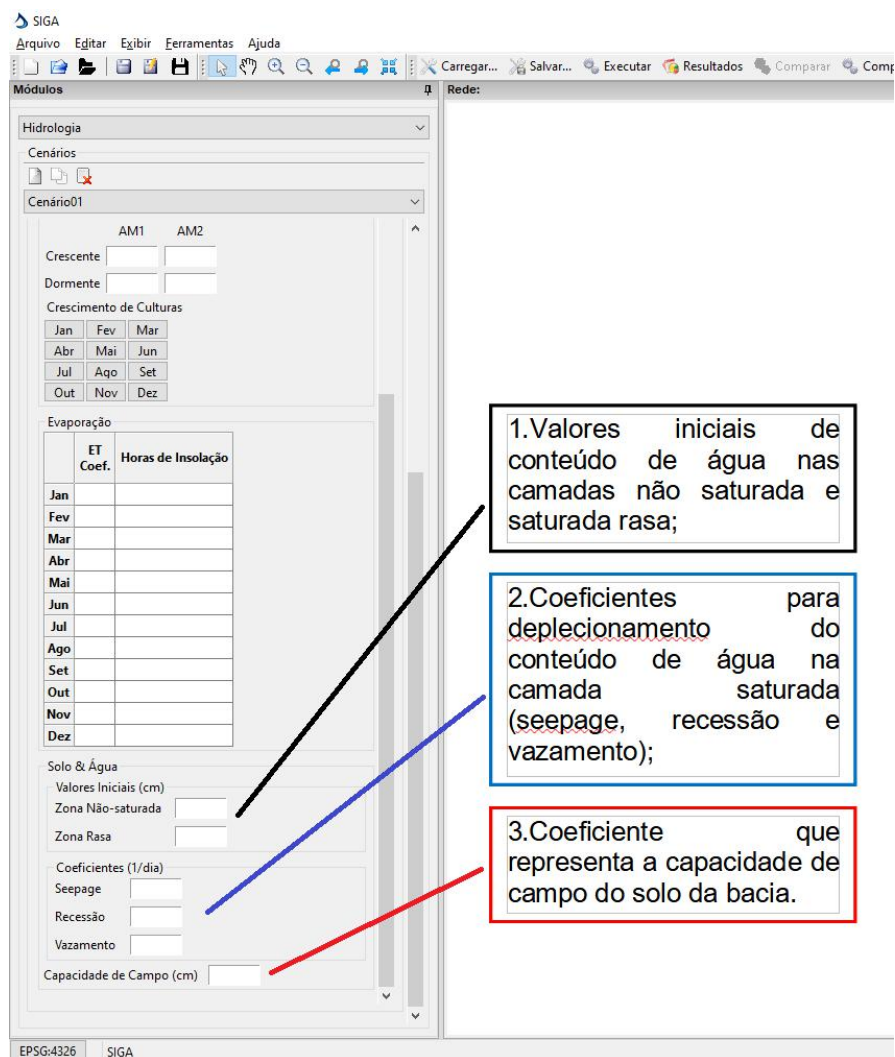


Figura 9.13 - Parâmetros do modelo GWLF.

9.2.2 SMAP (Versão diária)

Aplicações para o modelo SMAP em sua versão diária seguem a mesma orientação apresentada na seção 9.1.1 que descreve aplicações do SMAP para versão horária. No entanto, na versão do SMAP diário não é preciso inserir coeficiente T_c referente ao tempo de concentração da bacia (Ver Figura 9.7).

9.2.3 HYMOD (Versão diária)

O modelo HYMOD está descrito em detalhes na seção 3.3. Aqui apresenta-se uma breve descrição da interface do modelo e do significado dos parâmetros necessários para simulações de vazão diária no SIGA através do modelo HYMOD. Inicialmente, o usuário deve inserir as séries diárias de Evaporação Potencial (mm) e de Precipitação (mm). Em seguida, deve-se definir os parâmetros de simulação no modelo, conforme especificado na Figura 9.14.

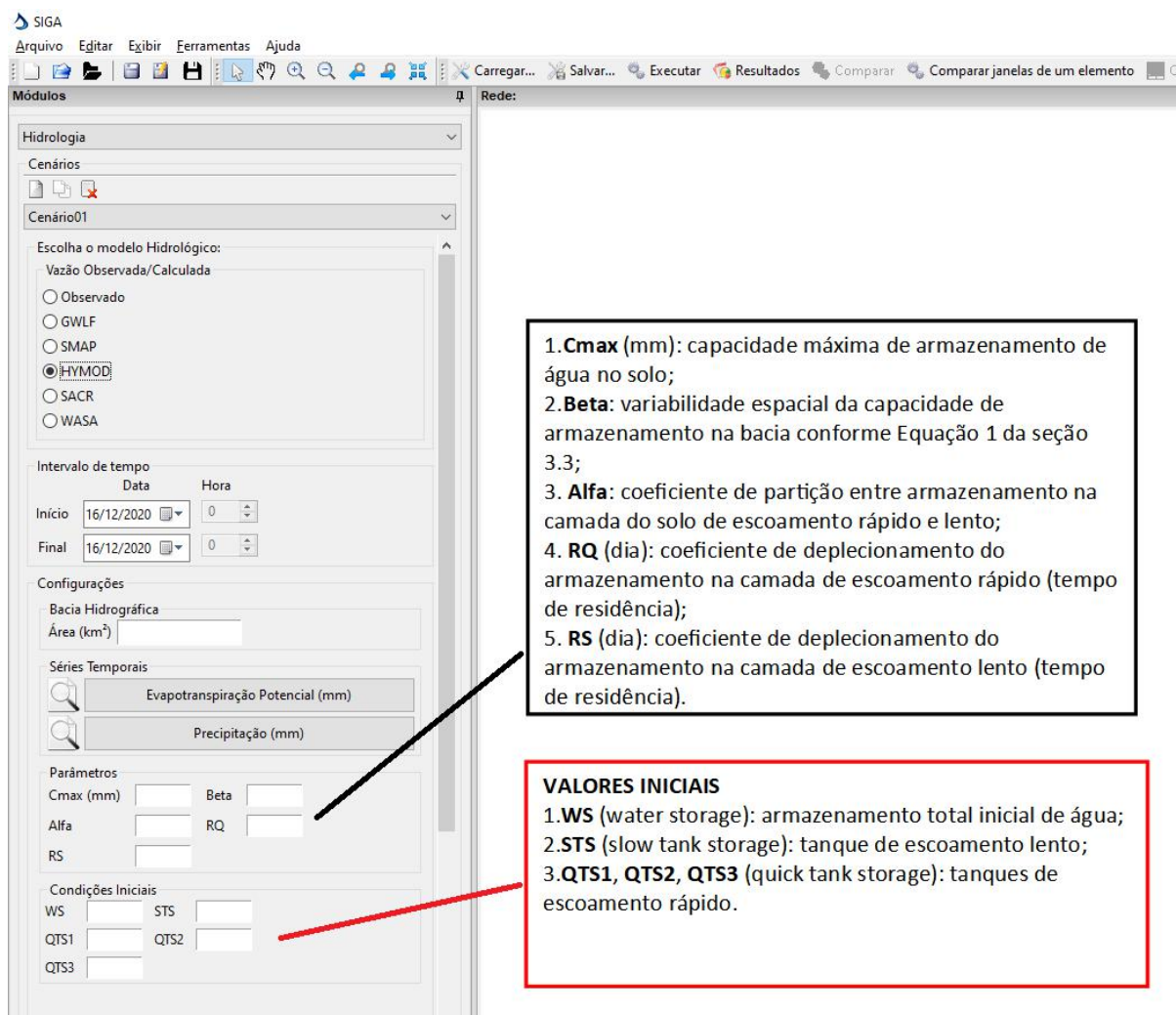


Figura 9.14 - Interface do modelo HYMOD para simulações de vazões diárias.

9.2.4 SACR (Versão diária)

A versão de escala horária para o modelo SACR possui a mesma fundamentação apresentada para o modelo em sua versão diária. Portanto, a interface do modelo SACR em sua versão horária é igual à interface de sua versão diária, bem como os parâmetros e dados solicitados. Explicações estão apresentadas no item 9.1.2 deste manual.

9.2.5 WASA (Versão diária)

A versão de escala diária para o modelo WASA possui a mesma fundamentação apresentada para o modelo em sua versão horária. Portanto, a interface do modelo WASA em sua versão diária é igual à interface de sua versão horária, bem como os parâmetros e dados solicitados. Explicações estão apresentadas no item 9.1.3 deste manual.

9.3 MODELOS PARA ESCALA DE TEMPO MENSAL

Os modelos hidrológicos disponíveis para simulações mensais são o SMAP e CN3S. A descrição da formulação matemática desses modelos está apresentada no item 3 deste manual e o usuário deve buscar as referências citadas para maiores detalhes.

9.3.1 SMAP (Versão mensal)

A interface do componente de hidrologia para simulação do modelo SMAP mensal está apresentada a seguir na Figura 9.15. O usuário deve inserir os dados e parâmetros solicitados na interface.

O modelo SMAP em sua versão mensal solicita que o usuário defina apenas 4 (quatro) parâmetros e duas condições iniciais que já foram definidos no item 3.2 deste manual.

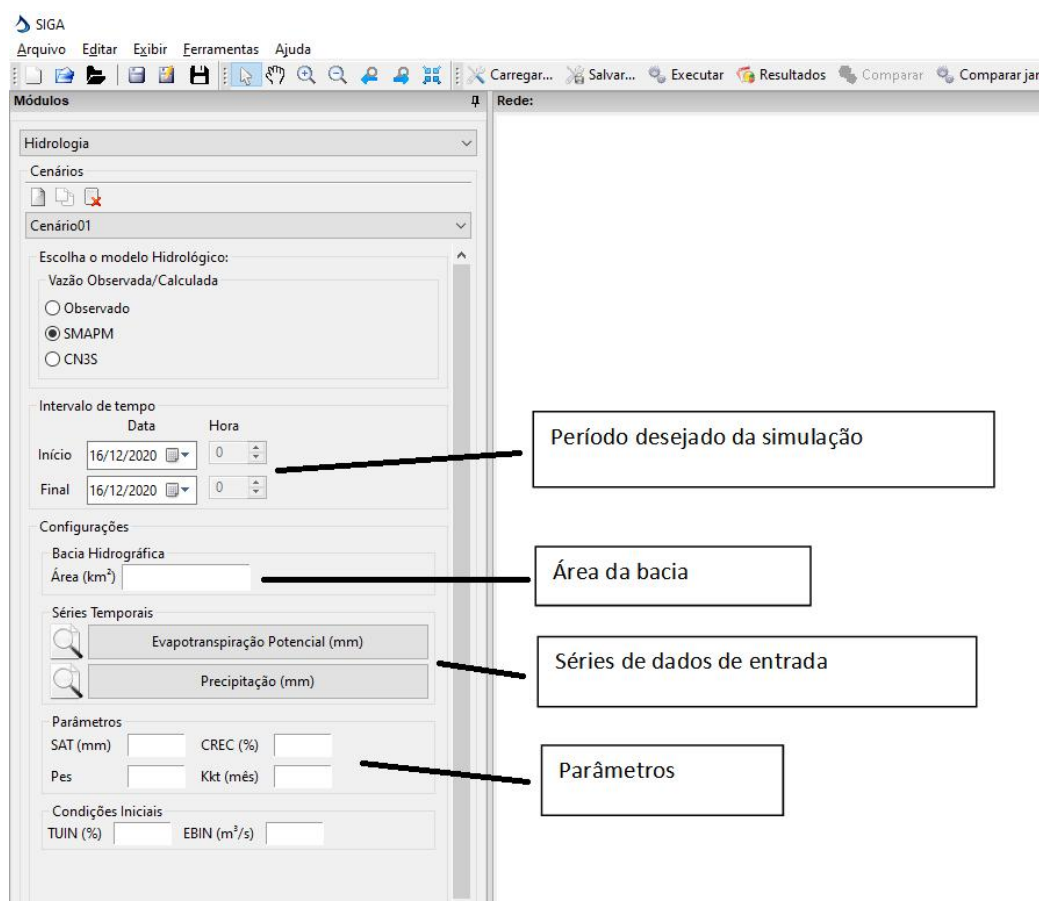


Figura 9.15 - Interface de entrada de dados e parâmetros do modelo SMAP mensal.

9.3.2 CN3S (Versão mensal)

Conforme especificado no item 3.4, o modelo CN3S resulta em vazões sintéticas mensais para uma bacia. O modelo utiliza 6 (seis) parâmetros a serem calibrados. A aplicação do CN3S inicia-se com a inserção no sistema de uma série de precipitação, como dado de entrada, e da área da bacia, conforme ilustrado na Figura 9.16. Em seguida, o usuário deve fornecer os parâmetros do modelo, descritos a seguir:

- Alfa (x%): representa uma parcela ou porcentagem da capacidade de armazenamento do solo;
- Beta: parâmetro de ajuste da precipitação antecedente;
- K0: parâmetro de ajuste da precipitação antecedente;
- K1: coeficiente de deplecionamento aplicado à diferença entre Precipitação e lâmina de escoamento superficial;
- K2: coeficiente de deplecionamento do escoamento de base;
- CN1: número de curva.

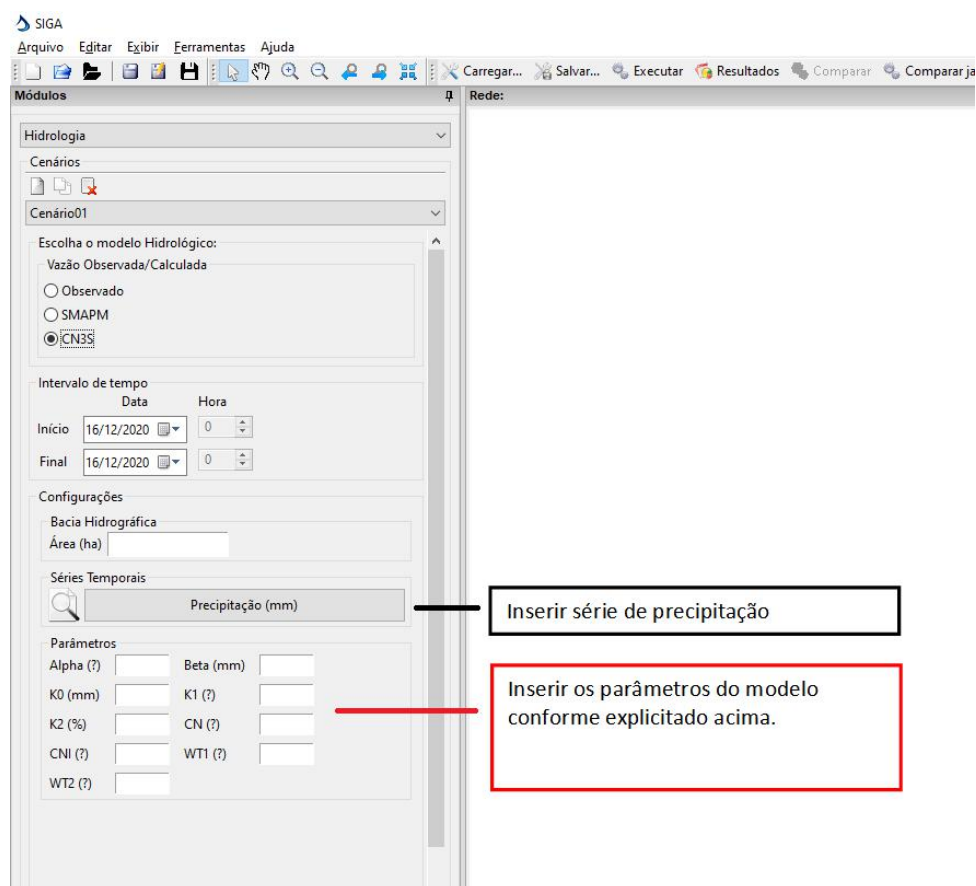


Figura 9.16 - Interface de entrada de dados e parâmetros do modelo CN3S.

10. CALIBRAÇÃO

O módulo de calibração do SIGA está programado para integrar a ferramenta de calibração automática de diferentes modelos a partir do uso de diferentes técnicas de otimização. A interface está preparada seguindo a concepção de flexibilidade da ferramenta. Assim, para uso do módulo de calibração, inicialmente o usuário deve informar os períodos (Início e Fim) das séries temporais a serem utilizados no processo de calibração, através do *checkbox* (quadrado) Habilitar, na interface inicial, conforme Figura 10.1. Os períodos para calibração referem-se aos períodos de aquecimento, de calibração e de validação dos modelos. Em seguida, o usuário deve informar qual o módulo e o modelo a ser calibrado.

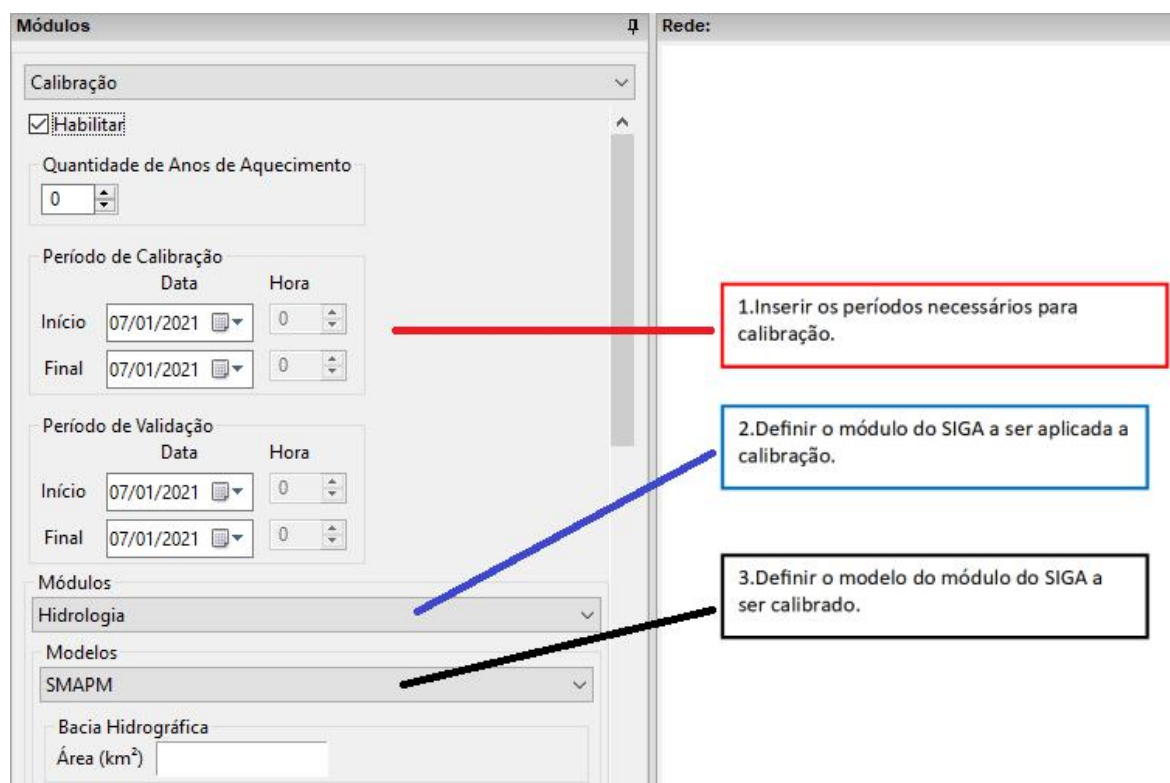


Figura 10.1 - Interface inicial para aplicação do módulo de calibração do SIGA.

De acordo com o período indicado, o SIGA disponibiliza diferentes modelos (para o módulo de calibração):

- > Modelo horário (nenhuma calibração);
- > Modelo Diário:
 - SMAP;
 - HYMOD.
- Modelo mensal:
 - SMAPM;
 - CN3S.

10.1 SELEÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO A SER CALIBRADO

De acordo com o intervalo de tempo selecionado e o modelo, disponibiliza-se a possibilidade de:

- Fixar um determinado atributo a um valor;
- Indicar de um determinado valor deve ser otimizado, dentro de uma determinada faixa.

Em geral, existe um checkbox no lado esquerdo dos parâmetros que podem ser otimizados. Caso o usuário não marque o checkbox, ele deve definir o valor do parâmetro, de forma fixa. Caso o usuário marque o checkbox, ele deve indicar qual a faixa de valores a ser usada para a calibração procurar por um valor (Figura 10.2.).



Figura 10.2 - Exemplo de opções para otimizar/não otimizar um valor

À seguir, exibe-se as telas que os modelos permitem utilizar a calibração:

> Modelo horário:

- SMAP (Figura 10.3).

> Modelo Diário:

- SMAP (Figura 10.4);

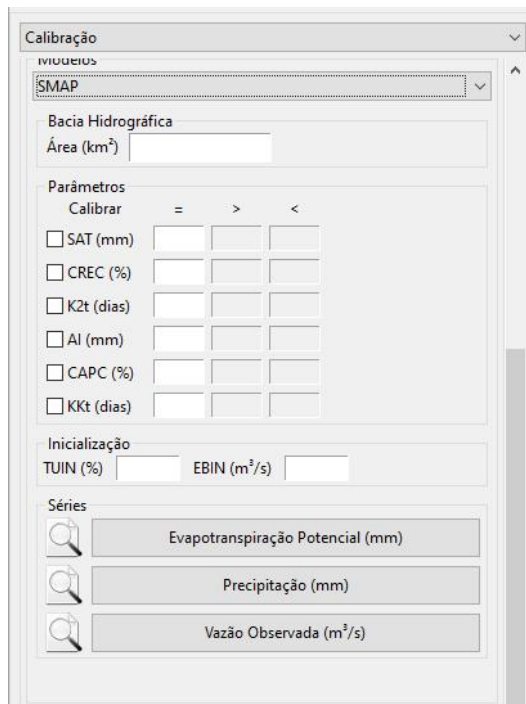
- HYMOD (Figura 10.5).

> Modelo mensal:

- SMAPM (Figura 10.6);

- CN3S (Figura 10.7).

Ao selecionar o modelo a ser calibrado no combo de escolhas, a interface do SIGA se modificará conforme o escolhido.

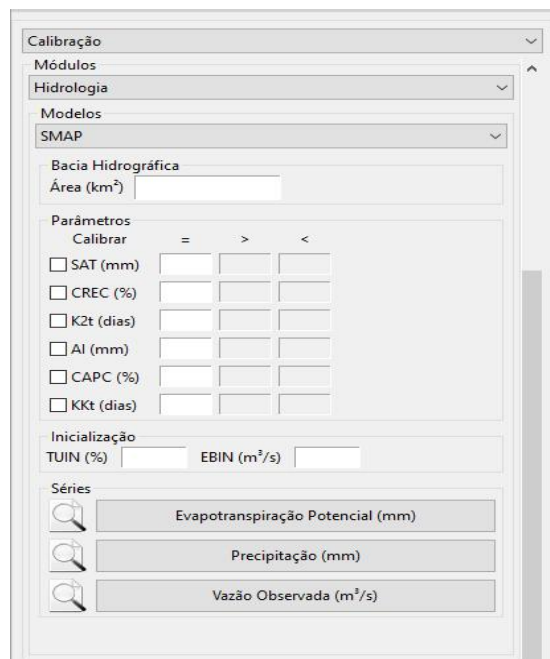


Calibração
 Módulos
 Hidrologia
 Modelos
 SMAP
 Bacia Hidrográfica
 Área (km²)
 Parâmetros Calibrar

	=	>	<
<input type="checkbox"/> SAT (mm)			
<input type="checkbox"/> CREC (%)			
<input type="checkbox"/> K2t (dias)			
<input type="checkbox"/> Al (mm)			
<input type="checkbox"/> CAPC (%)			
<input type="checkbox"/> KKt (dias)			

 Inicialização
 TUIN (%) EBIN (m³/s)
 Séries
 Evapotranspiração Potencial (mm)
 Precipitação (mm)
 Vazão Observada (m³/s)

Figura 10.3 - SMAP - Versão Horária



Calibração
 Módulos
 Hidrologia
 Modelos
 SMAP
 Bacia Hidrográfica
 Área (km²)
 Parâmetros Calibrar

	=	>	<
<input type="checkbox"/> SAT (mm)			
<input type="checkbox"/> CREC (%)			
<input type="checkbox"/> K2t (dias)			
<input type="checkbox"/> Al (mm)			
<input type="checkbox"/> CAPC (%)			
<input type="checkbox"/> KKt (dias)			

 Inicialização
 TUIN (%) EBIN (m³/s)
 Séries
 Evapotranspiração Potencial (mm)
 Precipitação (mm)
 Vazão Observada (m³/s)

Figura 10.4 - SMAP - Versão diária

Hidrologia

Modelos

HYMOD

Bacia Hidrográfica

Área (km²)

Parâmetros

Calibrar = > <

CMAX
 BETA
 ALFA
 RQ
 RS

Condições Iniciais

WS STS
 QTS1 QTS2
 QTS3

Séries Temporais

Evapotranspiração Potencial (mm)
 Precipitação (mm)
 Vazão Observada (m³/s)

Figura 10.5 - HYMOD - Versão diária

Calibração

Módulos

Hidrologia

Modelos

SMAPM

Bacia Hidrográfica

Área (km²)

Parâmetros

Calibrar = > <

SAT (mm)
 CREC (%)
 PES
 Kk

Inicialização

TUIN (%) EBIN (m³/s)

Séries

Evapotranspiração Potencial (mm)
 Precipitação
 Vazão Observada

Figura 10.6 - SMAP - Versão mensal

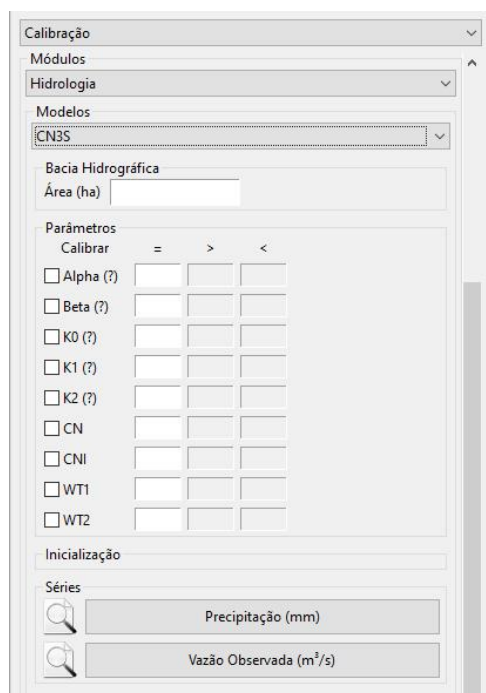


Figura 10.7 - CN3S - Versão mensal

10.2 SELEÇÃO DO ALGORITMO DE OTIMIZAÇÃO

Para executar a calibração automática do modelo hidrológico selecionado, o usuário deve selecionar o algoritmo de otimização desejado em sua aplicação. Existem duas opções de algoritmos:

- > MOPSO (*Multiobjective Particle Swarm Optimization*);
- > HBMMO (*Honey Bee Mating-based Multiobjective Optimization*).

Uma descrição geral destes algoritmos foi apresentada nas seções 4.1 e 4.2 deste manual. O usuário é convidado a buscar referências citadas para maiores detalhes.

Após a seleção do modelo e a inserção dos parâmetros e dados de entrada solicitados, o usuário deve inserir os valores dos parâmetros do algoritmo selecionado, de acordo com o apresentado na Figura 10.8. Por fim, o usuário deve selecionar quais as funções objetivos que ele deseja otimizar durante o exercício de calibração do modelo hidrológico selecionado.

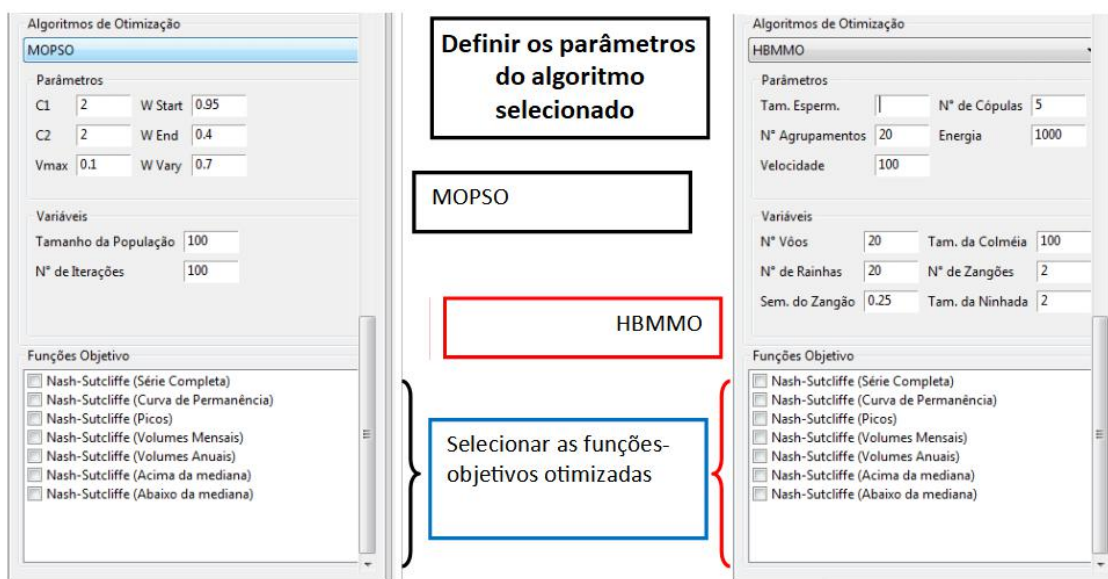


Figura 10.8 - Algoritmos de otimização e funções objetivas do módulo de calibração do SIGA.

11. OPERAÇÃO DE SISTEMAS

O módulo de operação de sistemas hídricos gera informações essenciais ao processo de tomada de decisão, incluindo alocação, na área de gestão e gerenciamento de recursos hídricos. Esse módulo faz o balanço de massa em cada elemento da rede considerando suas características físicas, a partir de diferentes cenários elaborados pelo usuário. O primeiro passo a ser definido pelo usuário é a nomeação do cenário a ser analisado. Um cenário pode ser qualquer situação do sistema hídrico, diferenciada por sua entrada de dados, pelo método de modelagem a ser utilizado, por diferenciação dos parâmetros, etc.

Cada exercício de planejamento ou de gerenciamento do sistema hídrico executado pelo SIGA é definido aqui como um cenário ou uma possibilidade de operação do sistema que está sendo avaliada pelo usuário. O manuseio (criar, apagar, copiar, etc.) desses cenários é feito a partir do conjunto de botões apresentados na parte superior da interface do módulo de operação de sistemas, conforme destaque em vermelho na Figura 11.1.

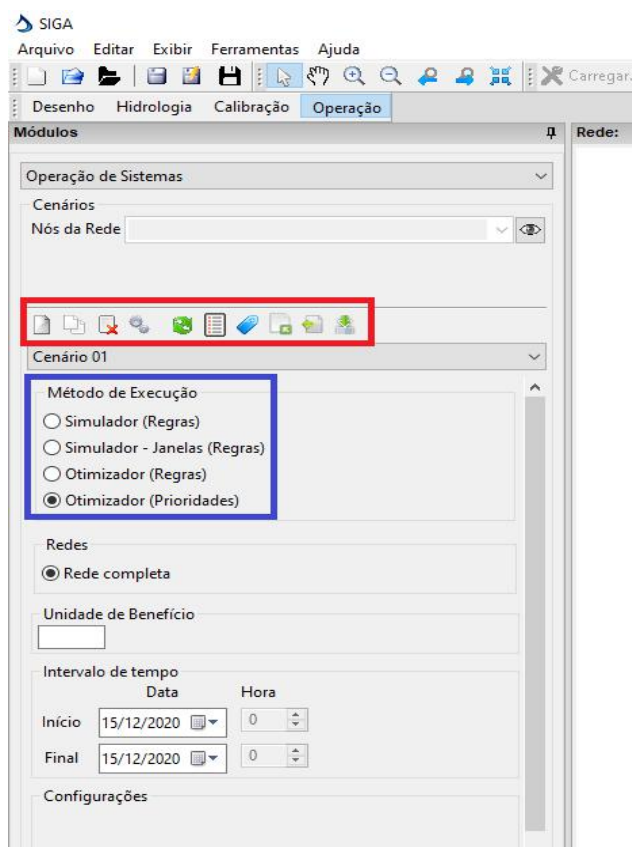


Figura 11.1 - Interface inicial do módulo de operação de sistemas hídricos com destaque para os botões de definição de cenários

Para realizar o balanço de massa no sistema, o SIGA dispõe de duas opções de modelagem: uma baseada na definição de regras de operação dos reservatórios do sistema; e outra baseada no estabelecimento de prioridades de atendimento de demandas. Esses modelos podem ser aplicados por meio de quatro (4) diferentes análises, explicitadas a seguir, e apresentadas na interface inicial do módulo de operação de reservatórios, como ilustrado na Figura 11.1 (destacadas em azul):

- > Simulador (Regras): esse método de operação de sistemas faz a simulação do funcionamento do sistema hídrico tendo como referência regras de liberação pré-estabelecidas pelo usuário para cada reservatório;
- > Simulador – Janelas (Regras): nesse método, são realizadas diversas simulações utilizando trechos ou segmentos de uma dada série histórica definida pelo usuário. Com os resultados das simulações para esses trechos, são traçadas curvas de percentis para volumes e cotas dos reservatórios do sistema. Cada trecho ou segmento é denominado de janela de simulação, cujo tamanho deve ser indicado pelo usuário. As datas de início e de fim da série histórica também são informadas pelo usuário;
- > Otimizador (Regras): esse método define novas regras por meio da minimização ou da maximização de funções objetivos que refletem critérios estabelecidos pelo usuário;
- > Otimizador (Prioridades): esse método baseia-se na simulação de Rede de Fluxo em que são definidas zonas de prioridades de liberação e recebimento para os elementos do tipo reservatório, e prioridades de recepção para os do tipo demanda. O balanço de massa é observado ao longo da rede simulada considerando a maximização do atendimento das demandas de maiores prioridades por meio de programação linear.

A seleção do tipo de operação é realizada pelo usuário a partir do seletor “Método de Execução” contido na interface principal do módulo (Figura 11.1). Após a seleção do Método de Execução, já estarão disponíveis as caixas de interação para Redes, Curva de Garantia (menu superior do SIGA) e Intervalo de tempo, nas quais o usuário definirá, respectivamente, a rede completa ou a subrede a ser simulada, o cálculo de curvas de garantia, e também o período de simulação desejado. Essas definições são as mesmas para todos os métodos de simulação, mas podem ser alteradas a qualquer momento caso o usuário deseje. A posição do item **Curva de Garantia** é apresentado na Figura abaixo (Figura 11.2):

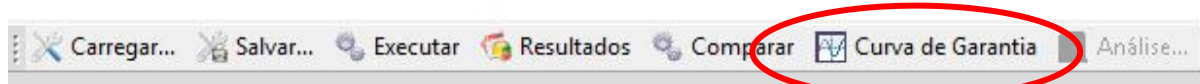


Figura 11.2 - Local da opção Curva de Garantia

Caso existam sub-redes no sistema, elas devem aparecer disponíveis na caixa de disponibilização de Redes. Se não houver sub-redes no sistema, apenas a opção de Rede Completa irá aparecer (ver mais detalhes no Capítulo 2 - Redes). A curva de Garantia é uma alternativa oferecida pelo módulo em que, adicionalmente aos resultados das simulações de operação da rede, serão fornecidos os valores de vazão para diferentes garantias de fornecimento de cada reservatório.

A parte inferior da interface do módulo de operação de sistemas recebe a entrada de dados, séries e parâmetros específicos para cada método de operação selecionado pelo usuário. A seguir faz-se a descrição de cada um deles.

11.1 CONFIGURAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA

11.1.1 Entrada de dados para reservatórios, demandas e trechos.

Após a seleção de um elemento da rede, a interface principal do módulo (na lateral esquerda do vídeo) é alterada para apresentação da interface específica para o tipo de elemento e método de operação selecionados. A Figura 11.3 apresenta um exemplo de interface para reservatórios, em que são apresentadas duas abas distintas: **Dados** e

Prioridade. Clicando na aba dados, o usuário poderá acessar a interface para a entrada de dados do elemento.

Quando o elemento da rede selecionado for um **reservatório**, o usuário deverá inserir as seguintes informações:

- Volumes máximo (capacidade do reservatório), mínimo operacional (volume morto) e inicial (situação para a data inicial da simulação), todos em hm^3 ;
- Áreas, representa a área de contribuição não controlada (essa funcionalidade ainda precisa de mais testagem para seu utilização);
- Dados referentes ao vertedouro (comprimento da soleira (m), coeficiente de descarga);
- Dados para definição da curva Cota-Área-Volume do reservatório;
- Séries de Precipitação (mm), Evapotranspiração (mm) e Vazão Natural Incremental (m^3/s).
- Série de volume meta (varia de 0 a 1), onde 1 representa 100% do capacidade máxima do reservatório.

Dados
Prioridade

Séries

Vazão Natural Incremental (m³/s)

Precipitação (mm)

Evaporação (mm)

Volume Meta

Características

Volumes

Inicial (hm³):	40.07000
Cota referente ao volume inicial:	359.29 m
Mínimo (hm³):	40.10000
Cota referente ao volume Mínimo:	359.30 m
Máximo (hm³):	466.5259
Cota referente ao volume máximo:	377.90 m

Áreas

Contribuição não controlada (km ²)	0
--	---

Vertedor

Comprimento da Soleira (m)	
Coefficiente de Descarga	

Cota - Área - Volume

Figura 11.3 - Interface de entrada de dados para um nó de reservatório típico.

Para o intervalo de simulação mensal, o modelo de operação de reservatórios não faz uso da função vertedouro, ou seja, é considerado que todo o volume que excede a capacidade máxima se torna vertimento dentro do referido mês. Para os outros intervalos, diário e horário, o vertimento é computado, portanto, faz-se necessário que o usuário informe o comprimento e o coeficiente de descarga do vertedouro. A cota da soleira é computada a partir do volume máximo informado na interface de volumes.

O processo de definição de séries para todos os métodos de operação é a partir do botão de mesmo nome da série necessária.

11.1.1.1 Matriz de CAV (Cota - Área - Volume)

Para que possam ser realizados cálculos relativos ao balanço hídrico e variações dos volumes dos reservatórios é necessário informar a matriz CAV (Cota x Área x Volume) (Figura 11.4).

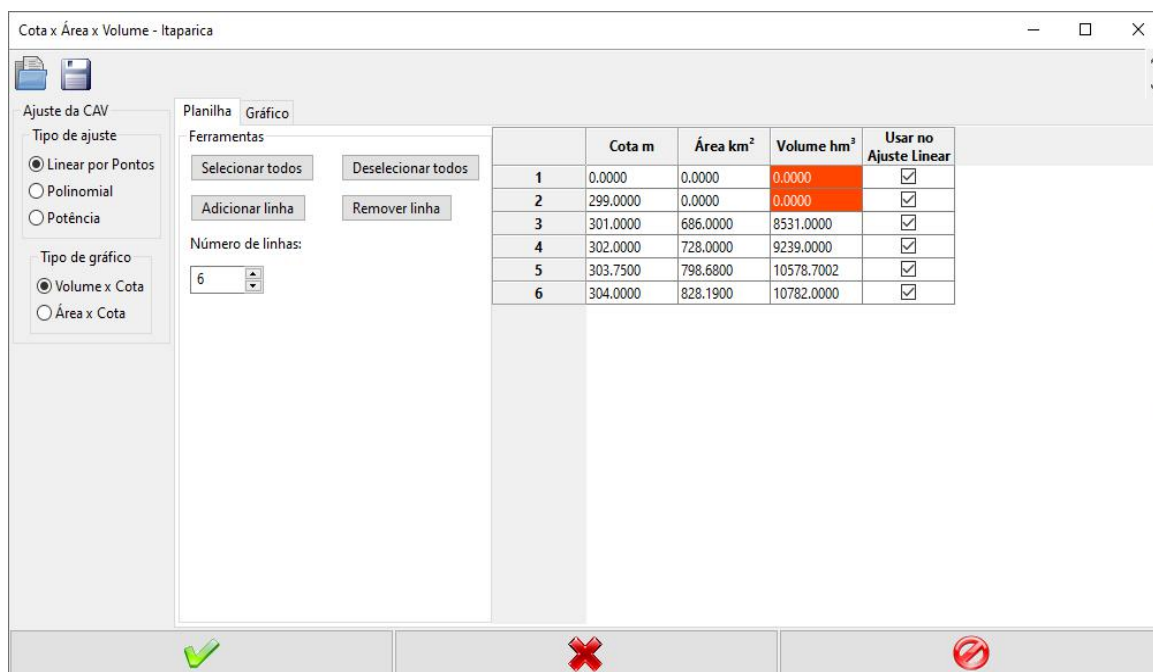


Figura 11.4 - Cota, Área e Volume (CAV) com valores preenchidos.

Nesta interface, o usuário poderá fazer a entrada de dados através de arquivo de texto no formato apresentado na Figura 11.5.

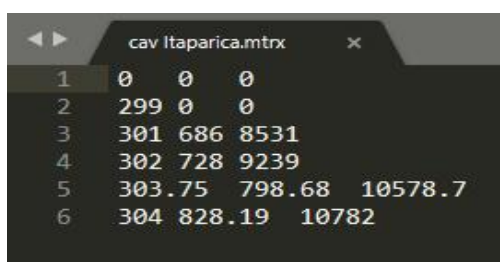





Figura 11.5 - Arquivo mtrx com CAV

A primeira coluna é referente às cotas em metros; a segunda coluna é referente as áreas em km²; a terceira coluna refere-se aos dados de volume em hm³. Para esta opção, o usuário deverá clicar no botão , localizado na barra de tarefas da janela. Será apresentada uma janela padrão para a abertura de arquivos, o usuário deverá selecionar o arquivo desejado e clicar em no botão abrir. Os dados serão carregados na interface para a conferência e aceitação do usuário. Para confirmar os dados, o usuário deverá clicar no botão . Caso não deseje os dados apresentados, o usuário deverá clicar no botão cancelar . Caso o usuário clique em Remover (representado por um x vermelho),

remove-se a CAV do elemento. O processo necessário para exibir a janela da CAV de um elemento selecionado é exibido na Figura 11.6.

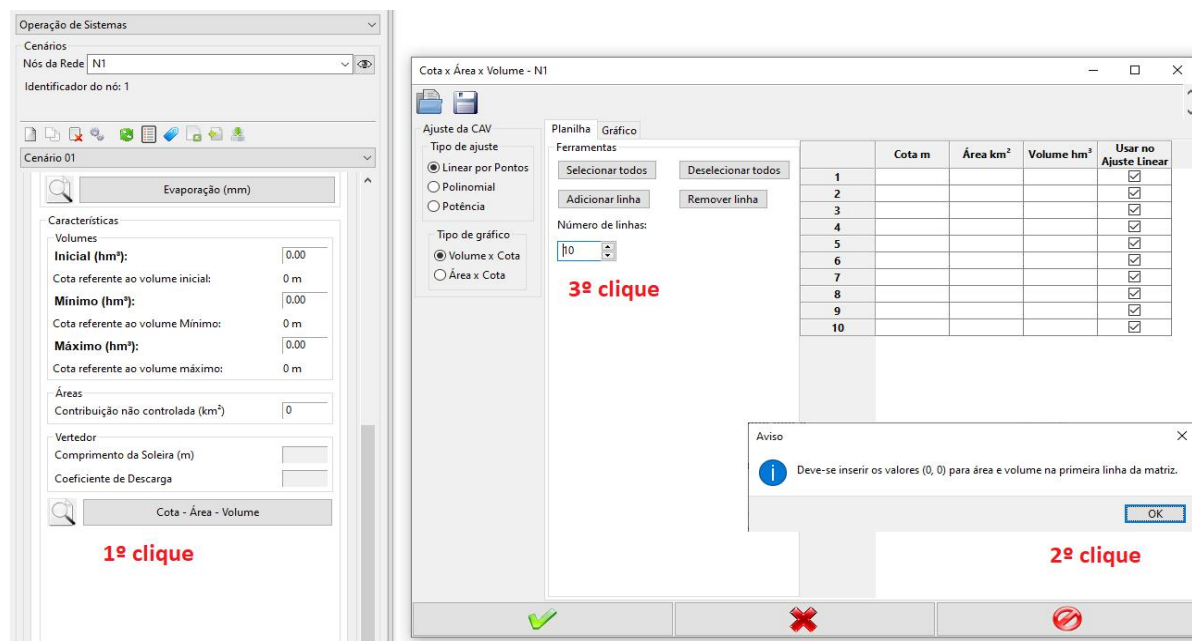





Figura 11.6 - Entrada de dados de Cota, Área e Volume (CAV).

Para preencher os valores, existem três opções:

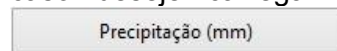
- I) Pode-se copiar de local externo e colar, obedecendo as configurações com separador decimal com ponto (.);
- II) Abrir um arquivo .mtrx através o botão abrir ;
- III) Definir manualmente os valores.

Ao final de qualquer um dos processos, clica em *Adicionar* , para confirmar o devido preenchimento dos valores (Figura 11.6).

Caso o usuário deseje salvar o arquivo, basta clicar em salvar  (Figura 11.6).

11.1.1.2 Matriz de Dados (precipitação, evapotranspiração e vazão)

Primeiramente, o usuário deverá clicar no botão referente à série desejada, por exemplo, caso deseje carregar a série de precipitação, o mesmo deverá clicar no botão



. Clicando neste botão, será apresentada a interface para a entrada da série de precipitação do reservatório. A Figura 11.7 apresenta a interface para a entrada da série de precipitação. O mesmo procedimento deve ser adotado para as demais series (vazão e evapotranspiração).

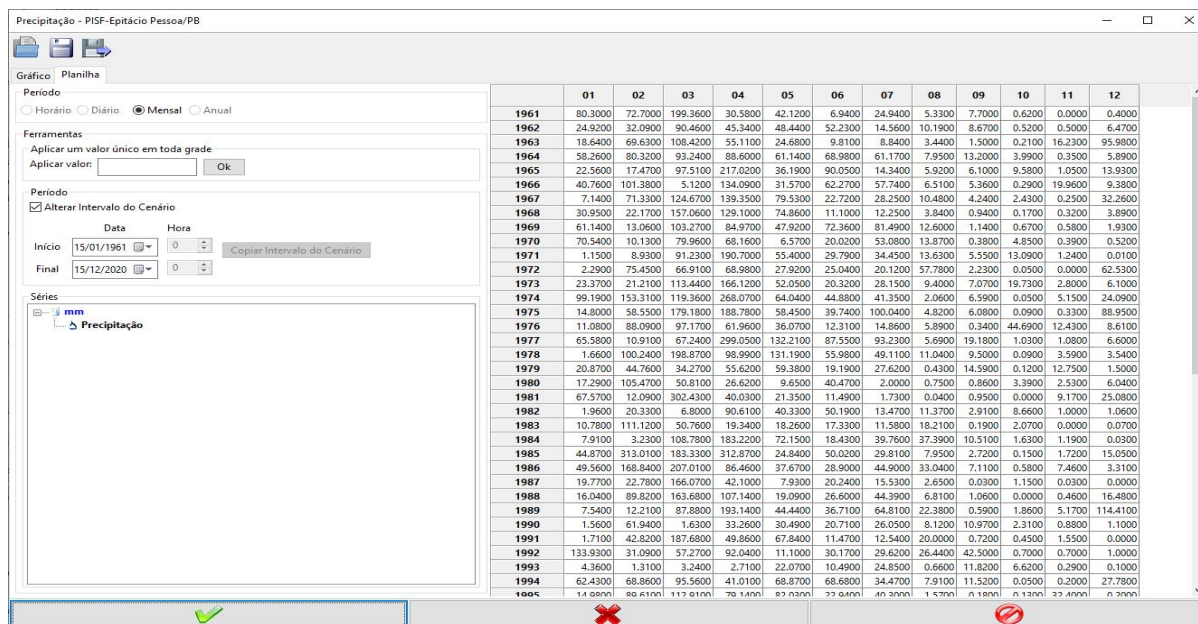





Figura 11.7 - Entrada de dados de precipitação para um reservatório.

Nesta interface, o usuário poderá fazer a entrada de dados através de arquivo de texto no formato “.srs”, apresentado na Figura 11.8. Para fazer este tipo de carregamento, o usuário deverá clicar no botão  , localizado na parte superior da janela. Será apresentada uma janela padrão para a abertura de arquivos. O usuário deverá selecionar o arquivo desejado e clicar em no botão abrir. Os dados serão carregados na interface para a conferência e aceitação do usuário. Para confirmar os dados, o usuário deverá clicar no botão  . Caso não deseje os dados apresentados, o usuário deverá clicar no botão cancelar  .

O mesmo processo deverá ser repetido para as séries de evapotranspiração e vazões naturais incrementais.

```
# Série: Precipitação
# Unidade: mm
01/1961 80.3
02/1961 72.7
03/1961 199.36
04/1961 30.58
05/1961 42.12
06/1961 6.94
07/1961 24.94
08/1961 5.33
09/1961 7.7
10/1961 0.62
11/1961 0
12/1961 0.4
01/1962 24.92
02/1962 32.09
03/1962 90.46
04/1962 45.34
05/1962 48.44
06/1962 52.23
07/1962 14.56
08/1962 10.19
09/1962 8.67
10/1962 0.52
11/1962 0.5
12/1962 6.47
01/1963 18.64
02/1963 69.63
```

Figura 11.8 - Formato de um arquivo texto a ser carregado com informações de precipitação para um reservatório.

Após uma série ser lida, a janela passa a ser exibida contendo a última série aceita.

A seguir, destaca-se as 3 funcionalidades disponíveis na parte superior da janela de visualização de CAV (Ilustradas na Figura 11.9).

1 Abrir: Abrir arquivo de série. Abre uma janela para selecionar o arquivo de série pedido (múltiplas séries podem ser inseridas). **OBS:** De posse dos valores em uma planilha externa, o usuário tem a opção de copiar e colar nas células correspondentes ao período das séries;

2 Salvar: Salvar série em arquivo. Possibilita salvar alterações na série em um arquivo em formato (.csv);

3 Exportar: Exporta o arquivo no formato de matriz de Thiessen (Figura 11.10). Esse procedimento de exportação se aplica a qualquer série).

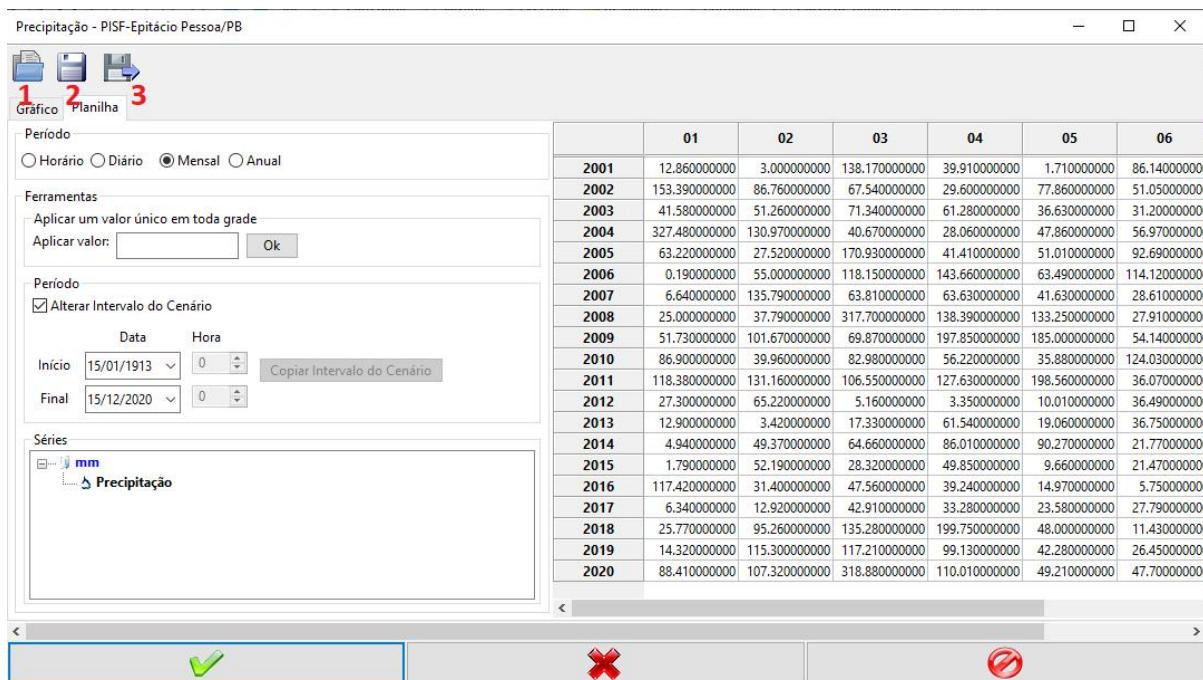


Figura 11.9 - Janela de leitura dos dados de séries históricas.

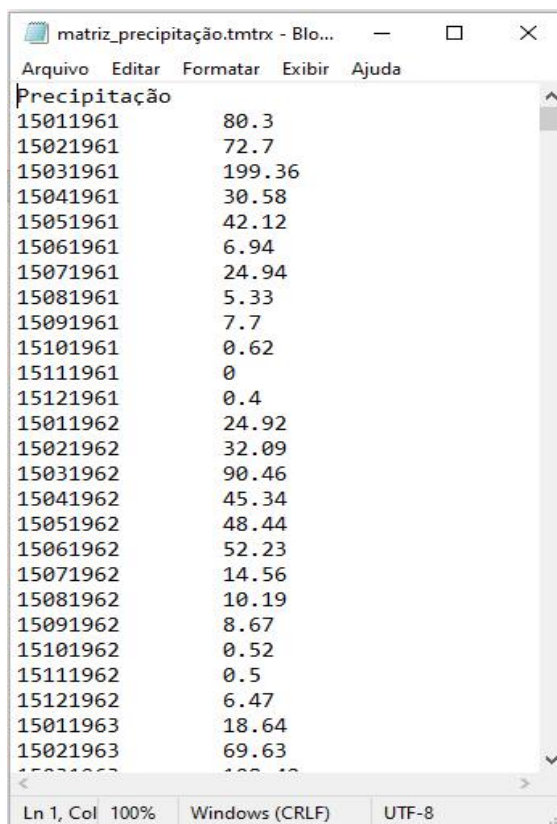


Figura 11.10 - Janela de leitura dos dados de séries históricas.


Os arquivos para leitura de séries devem apresentar-se na codificação ANSI, com os dados distribuídos em duas colunas. A primeira coluna deve apresentar datas no formato DD/MM/AAAA, para séries diárias (exemplo: 01/03/1999) ou MM/AAAA, para séries mensais (exemplo 03/1999). Já a segunda coluna, deve conter os valores correspondentes às datas da primeira coluna.


Atenção:

- > Na separação decimal, usa-se o ponto (.);
- > Não é necessário utilizar separadores de milhar;
- > Em caso de registro com falha, deve-se colocar "-999" na linha correspondente à falha no arquivo texto ou remover à linha;
- > Quando houver algum erro durante a leitura do arquivo, aparecerá uma mensagem indicando o possível motivo da falha.

Pode-se entrar com os valores da série ou apenas complementá-los, sem a necessidade da leitura do arquivo, de várias maneiras. Um dos processos disponíveis é indicado abaixo:

- I) O usuário clica na célula onde se quer alterar e colar o novo valor de série;
- II) Se forem vários valores, seleciona arrastando entre as várias células;
- III) Cola-se os novos valores;

Se a série apresenta um valor único, este pode ser preenchido na caixa de diálogo **Aplicar um valor único em toda a grade** e depois clica-se em OK. Ao final de qualquer um dos procedimentos mencionados, para que o processo seja concluído, clica-se em confirmar .

O período compreendido entre as datas inicial e final, define o tamanho da série. Ao aumentá-lo, por padrão, as novas linhas e colunas da tabela são adicionadas e preenchidas com "-", que representa ausência de valor. Após definido o período, deve-se inserir os valores de cada dia, no caso de uma série diária; ou os valores de cada mês, para série mensal. Terminada a edição, clica-se em confirmar , para que as informações sejam salvas no projeto.

Para o caso de falhas na série lida, um o símbolo "-" será utilizado representando a ausência valor. Se a série é diária, os rótulos das colunas indicam o dia do mês e os rótulos das linhas indicam o mês e o ano daquele valor, como mostrado na Figura 11.11.

Para visualizar as séries, ambas podem ser vistas de duas formas intercambiáveis: planilha e gráfico. Abaixo exibe-se um exemplo de representação por planilha para uma série diária (Figura 11.11).

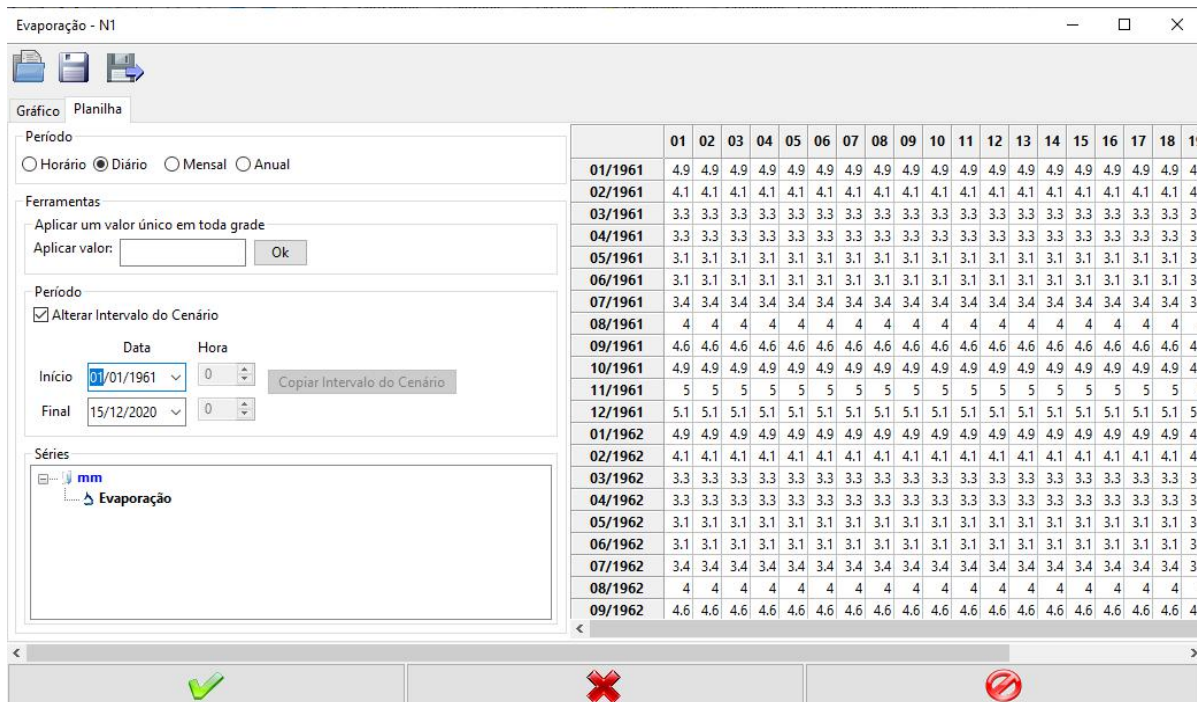


Figura 11.11 - Janela de exibição dos dados diários de uma série histórica.

Sob a forma de gráfico, para uma série diária, tem-se (Figura 11.12):

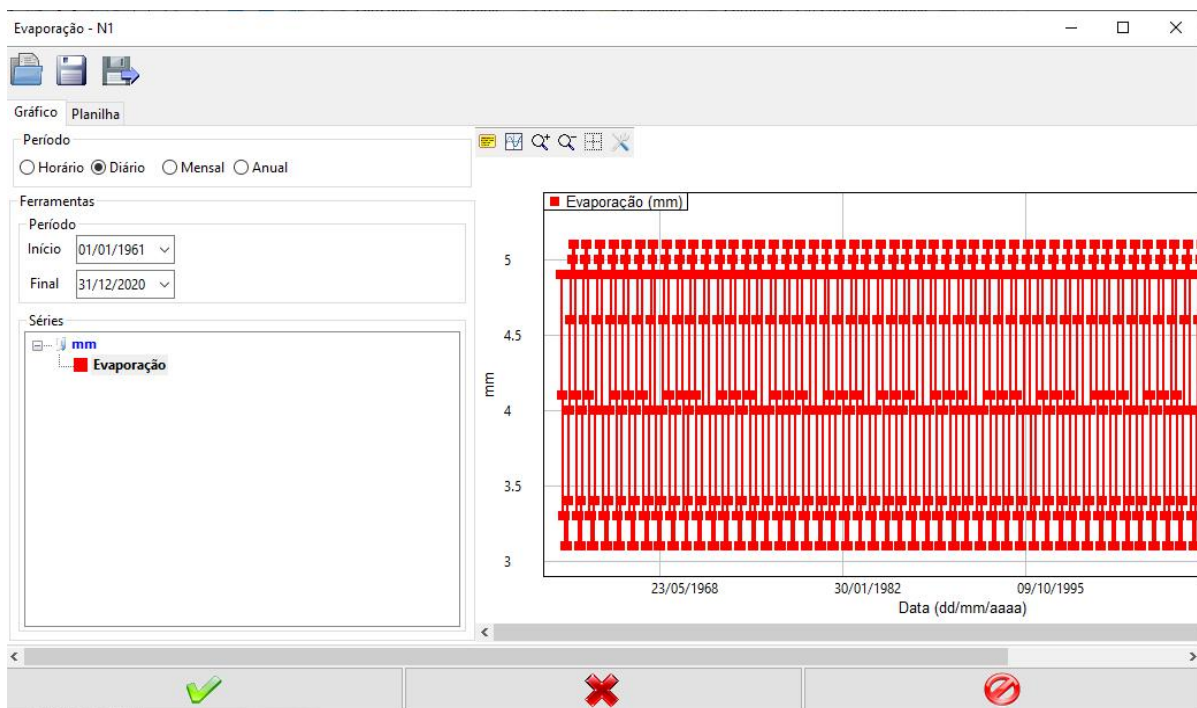


Figura 11.12 - Visualização de séries histórica diária na forma gráfica.

Já para a série mensal, os rótulos das colunas indicam o mês e das linhas indicam o ano daquele valor. Os dados podem ser vistos sob a forma de planilha (Figura 11.13) ou sob a forma gráfica (Figura 11.14):

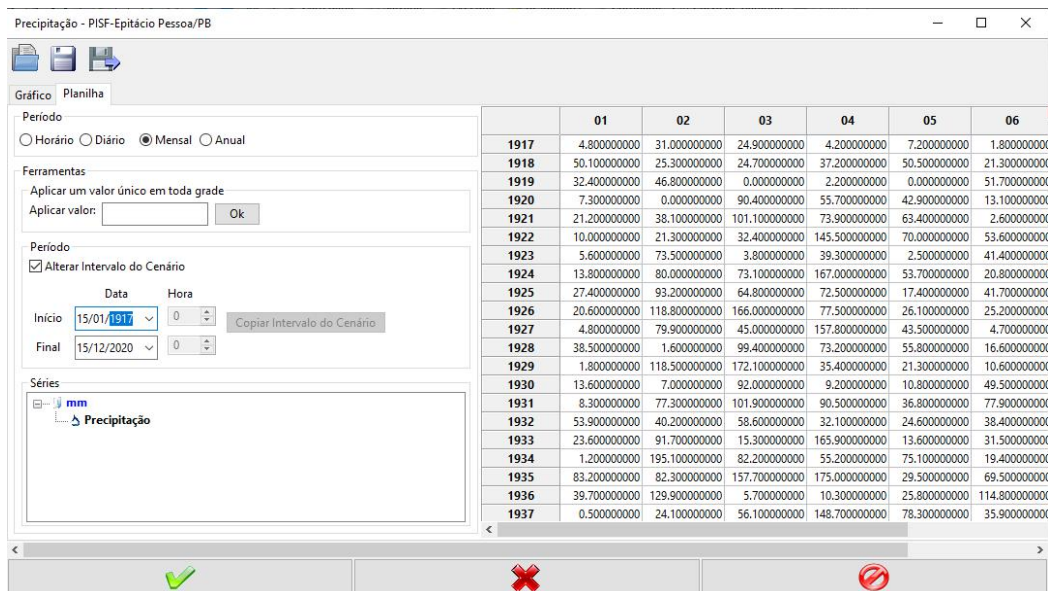


Figura 11.13 - Janela de leitura dos dados mensais de uma série histórica.

Sob a forma de gráfico, para uma série mensal (Figura 11.14):

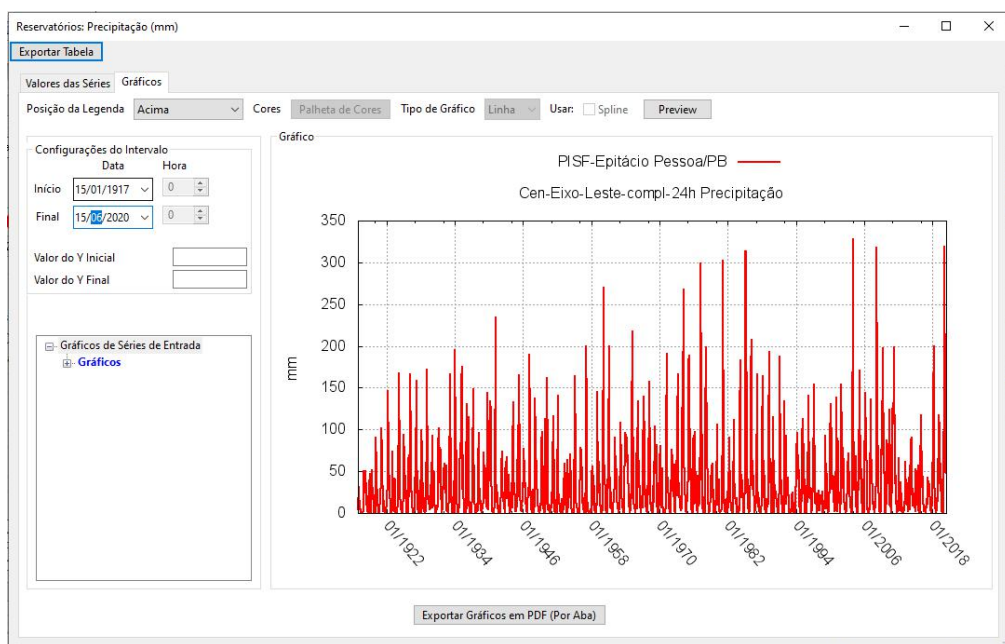


Figura 11.14 - Visualização de séries histórica mensal na forma gráfica.

Uma **segunda interface** é utilizada para exibir as séries que representam resultados de execução. Após uma simulação ter sido feita, os resultados podem ser acessados com um **duplo clique** ou com o botão direito do mouse







Exibir resultados do elemento selecionado

. Essas ações produzirão a exibição de uma tela

contendo informações, tanto na forma tabular quanto na gráfica (Figura 11.15). Existem algumas opções que podem ser utilizadas para melhorar a exploração das informações da série, como:

- O tipo de intervalo de tempo da série (horário, diário, mensal ou anual);
- O período, que indica o intervalo de tempo mostrado na tabela. Este intervalo pode ser alterado, caso se deseje observar informações de um intervalo específico;
- Ainda no lado esquerdo da tela é apresentado o nome da série lida;
- Apenas para a visualização tabular, pode-se alterar algum valor;
- Na visualização em gráfico, pode-se dar um zoom sobre a área de interesse e visualizar o valor correspondente ao eixo Y.

Já na região na qual o gráfico é desenhado, existem outras funcionalidades que utilizam três botões que estão abaixo dos botões de abrir e salvar a série, que são:

- Oculta e exhibe a legenda do gráfico: 
- Retira o zoom e retornar ao tamanho normal do gráfico: 
- Quando marcado, aproxima a imagem do gráfico: 
- Quando marcado, distancia a imagem do gráfico: 
- Retira/exibe a grade do gráfico: 
- Mostra ou retira as opções de configuração do gráfico: 

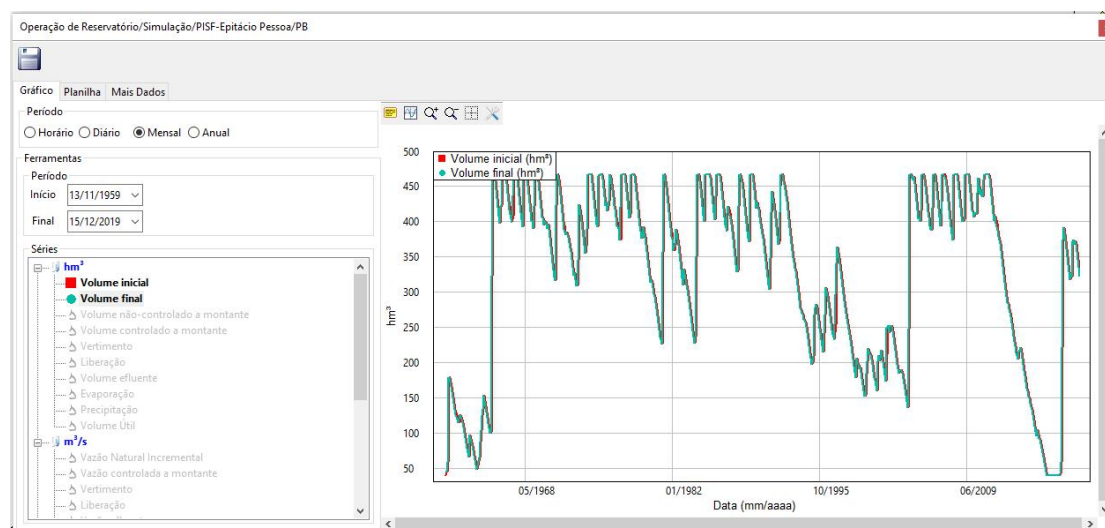


Figura 11.15 - Visualização de séries histórica mensal na forma gráfica, apresentando funções para melhoria das informações a serem exibidas.

Uma terceira interface de série é usada quando o menu de atalho se encontra na funcionalidade de dados globais. Os valores lidos de uma série são apresentados de acordo com o seguinte:

- Inicialmente (na tela principal), a opção marcada é o intervalo de tempo do cenário;
- O intervalo indicado, nas **Configurações de Intervalo**, representa o período inicial e final que é exibido da série, podendo ser alterado a critério do usuário (Figura 11.16).

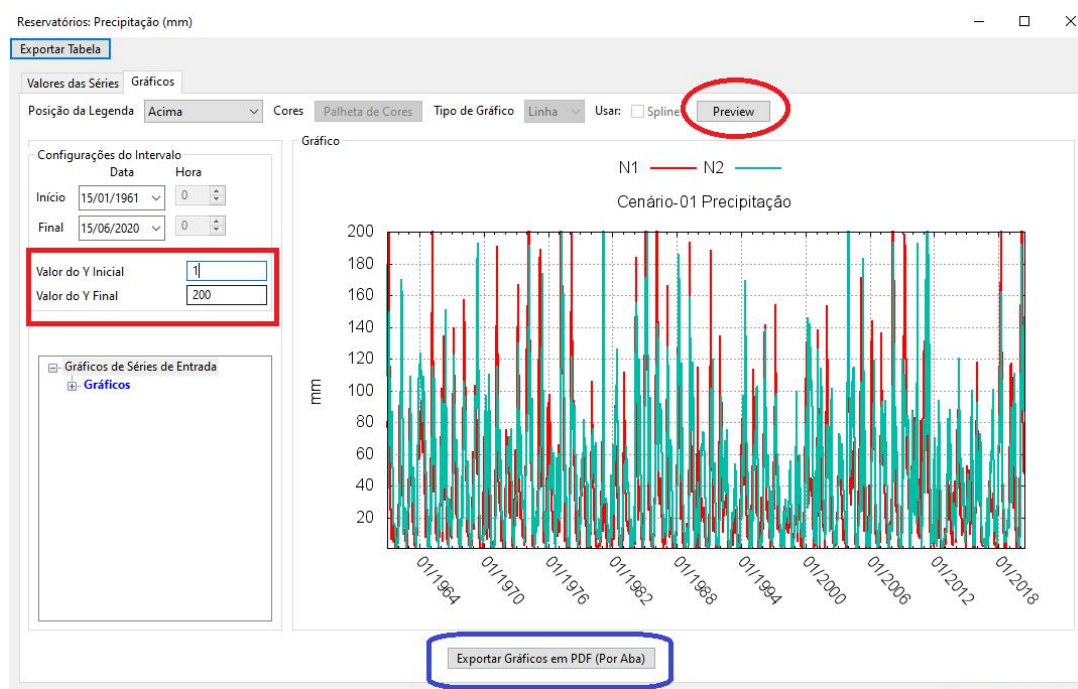


Figura 11.16 - Visualização de séries histórica mensal na forma gráfica.

Caso o usuário queira exibir os valores entre algum limiar de interesse, basta digitar os valores, “inicial” e “final” de Y, apertando ENTER para efetivar a alteração (Figura 11.17).

Figura 11.17 - Limiar de visualização dos valores do eixo.

Outra forma de visualizar o gráfico, é através do botão Exportar para .pdf (Figura 11.18).

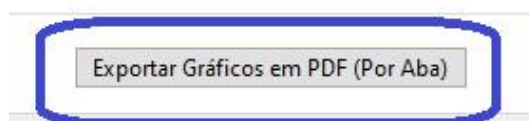


Figura 11.18 - Exporte da figura em formato pdf.

Caso o usuário queira visualizar a figura antes de exportar, basta clicar no botão Preview (Figura 11.19).

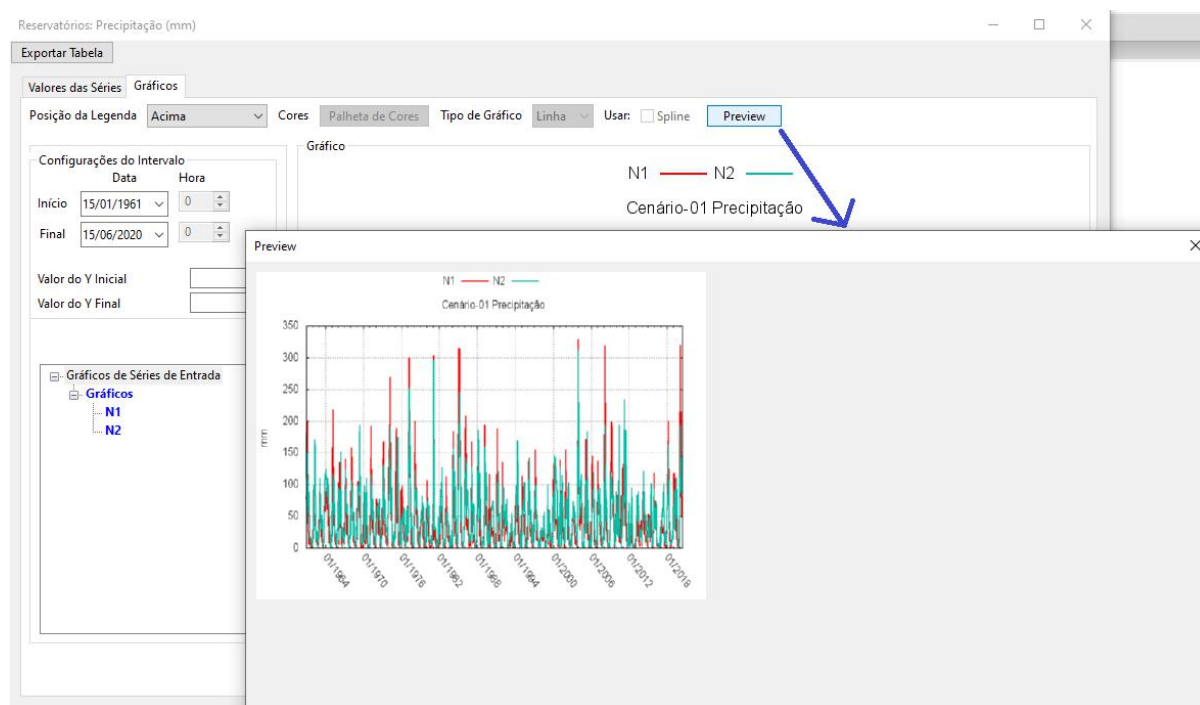




Figura 11.19 - Pré-visualização do gráfico das séries históricas mensais.

Os dados de vazões naturais incrementais, utilizados para as simulações do SIGA, fazem referência às vazões afluentes que são correspondentes à parte da bacia não controlada do reservatório. Tais fluxos não são oriundos de outros reservatórios presentes da bacia do reservatório. Os dados requeridos para reservatórios são os mesmos para os diferentes métodos de execução presentes no SIGA.

11.1.1.3 Matriz de Dados de Demandas

Para o carregamento das séries de demandas, ao clicar em  Demandas (m³/s), surgirá uma tela para preenchimento da mesma, seja valor único (quadro vermelho), ou colando de fonte externa diretamente na planilha dentro do intervalo configurado. Ao final do processo, clica-se em adicionar  (Figura 11.20).

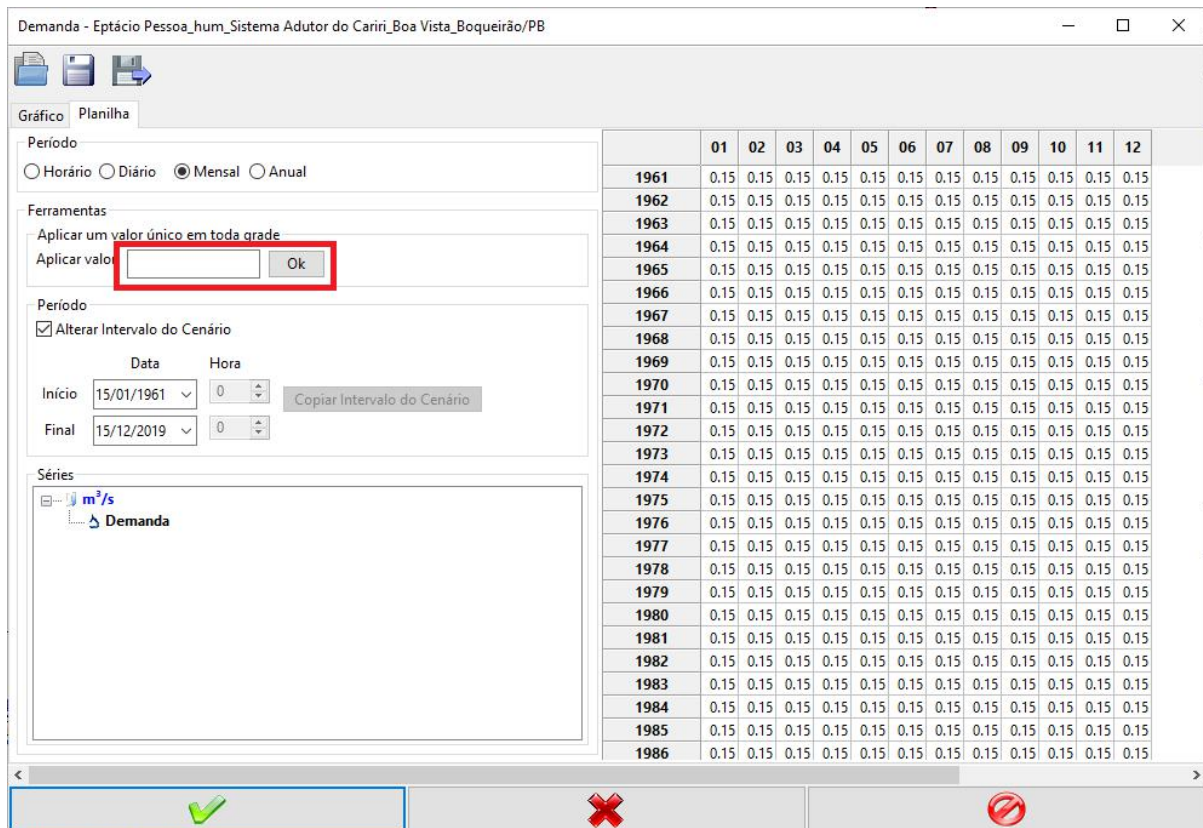



Figura 11.20 - Interface para preenchimento das séries de demandas (valor único ou série).

Como o modelo é baseado em prioridades, então cada demanda necessita do valor de prioridade, variando de 1 a 99, para isso, basta clicar em *Regras => Editar => Adicionar*  (Figura 11.21).

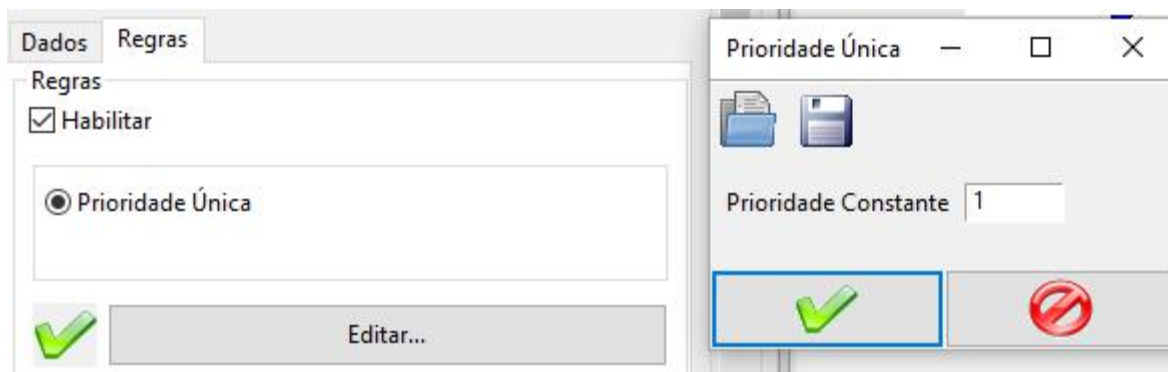


Figura 11.21 - Interface para preenchimento das prioridades das demandas.

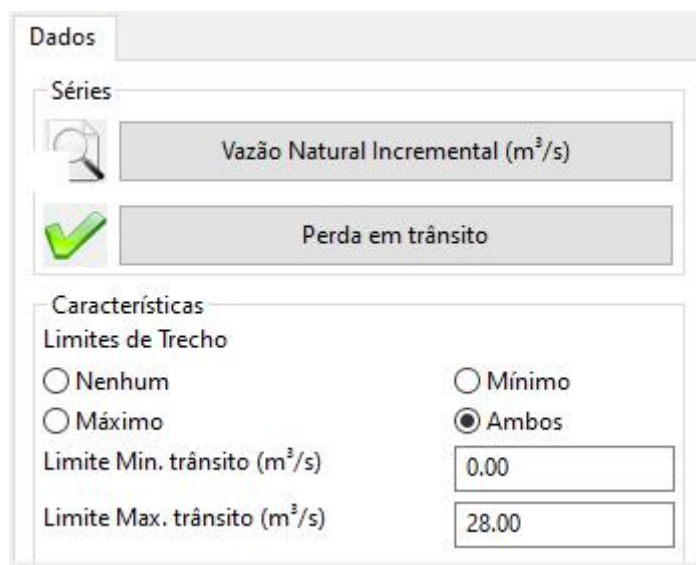
Para os elementos da rede que representam **as demandas**, podem ser configuradas as séries de demanda e vazão naturais incrementais. A série de vazão natural incremental pode ser mantida em preenchimento, caso não sejam consideradas relevantes para o sistema.

Nota: Uma demanda com vazão natural incremental é um caso que pode ser considerado como excepcional, pois trata-se de uma demanda que recebe afluência. Se

houver algum retorno dessa demanda para o sistema, apenas para o módulo de regras, esse valor deve ser informado na tabela correspondente

Retorno de Vazão Não-Consuntiva	
	%

Já para os nós que representem junção de vários trechos e para links que representem trechos de rios, riachos, adutoras ou ligações entre outros elementos, a informação requerida é de *vazão natural incremental* (caso tenha) e perda em trânsito, inserida também em formato de série por meio do botão de mesmo. Tais séries podem ser acessadas na aba de **Dados**, quando esses elementos estão ativados. Além das séries disponíveis, a aba de dados também permite a configuração dos limites de trecho, caso existam (Figura 11.22).



Dados

Séries

- Vazão Natural Incremental (m³/s)
- Perda em trânsito

Características

Limites de Trecho

Nenhum Mínimo
 Máximo Ambos

Limite Min. trânsito (m³/s) 0.00

Limite Max. trânsito (m³/s) 28.00

Figura 11.22 - Interface para configurações de dados de trechos de rios, riachos ou adutoras

11.1.1.4 Volume meta

O volume meta pode ser definido como o volume ao qual o reservatório tem que manter, isso de acordo com a sua prioridade. O preenchimento se faz a partir de uma série ou de com valor único. Os valores da série variam de 0 a 1. O valor 1 corresponde a 100%. Se configurado com valor 1, indica-se que o reservatório deve manter-se sempre com seu volume máximo, ou seja, com 100% da sua capacidade. Para definir o volume meta basta clicar no botão “volume meta”, que surge na aba dados, quando um reservatório selecionado, de acordo com a figura 11.23.

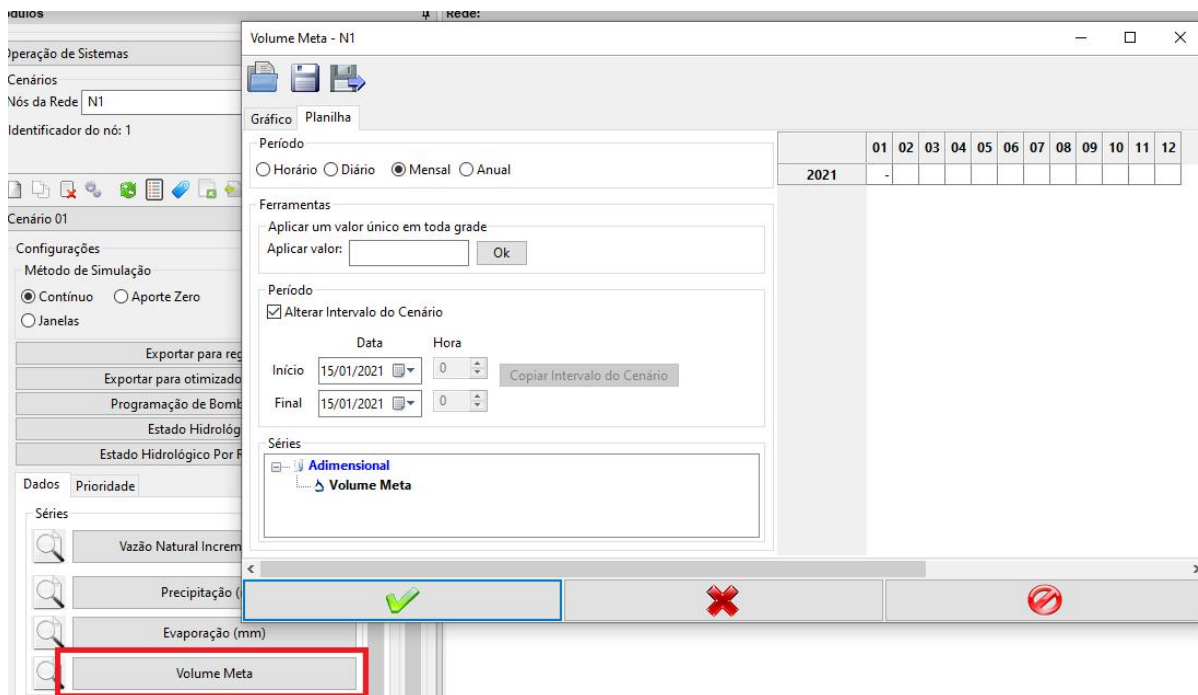


Figura 11.23 - Interface para preenchimento das séries de volume meta.

11.1.2 Entrada de dados: Configuração de dados globais de rede

O SIGA disponibiliza um componente que permite acessar as séries de entrada e saída de todos os elementos de rede. Tal componente divide os elementos por tipo e também divide as séries em entrada e saída, o que facilita a manipulação dos dados. Esse componente permite ainda a visualização das séries de diferentes elementos ao mesmo tempo e em uma mesma interface. A opção de Configuração de dados Globais encontra-se de acordo com o exibido na figura 11.24.

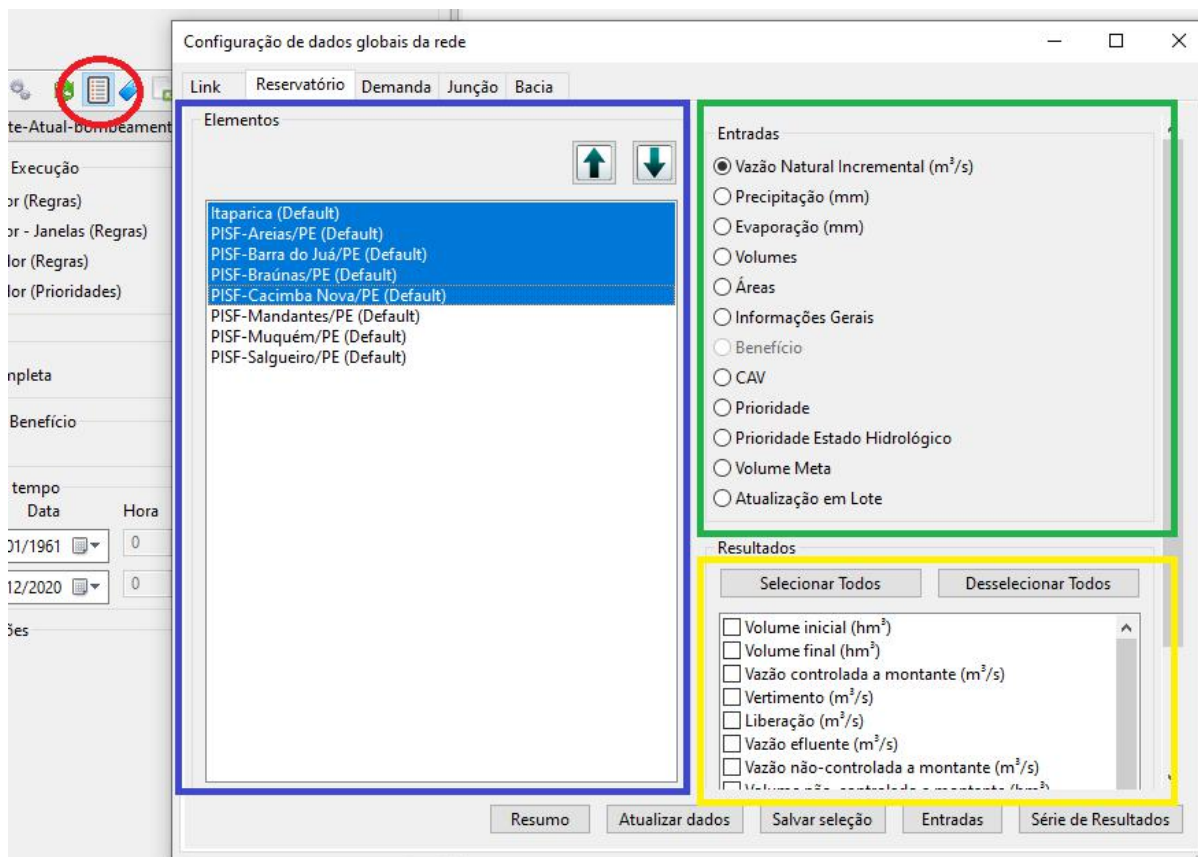


Figura 11.24 - Janela de Configuração de dados globais.

O ícone circulado em vermelho é o responsável por abrir a janela de configuração de **dados globais** de rede. No item destacado em azul, são exibidos os elementos da categoria. Em verde, são exibidas as séries de entrada associadas a essa categoria. Em amarelo, são exibidas as séries de saída associadas a essa categoria. Após a seleção dos elementos desejados, clique em para que possa iniciar a visualização dos dados selecionados. O processo de preenchimento pode ser de três formas (Série completa, Valor fixo ou mensal periódico), dependendo da base de dados a ser inserida, como visto na **figura 11.25**.

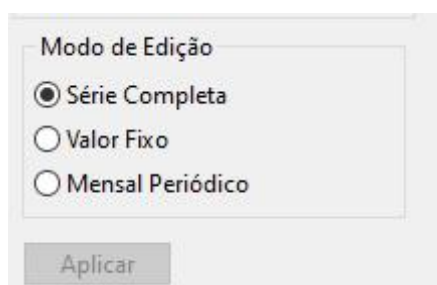
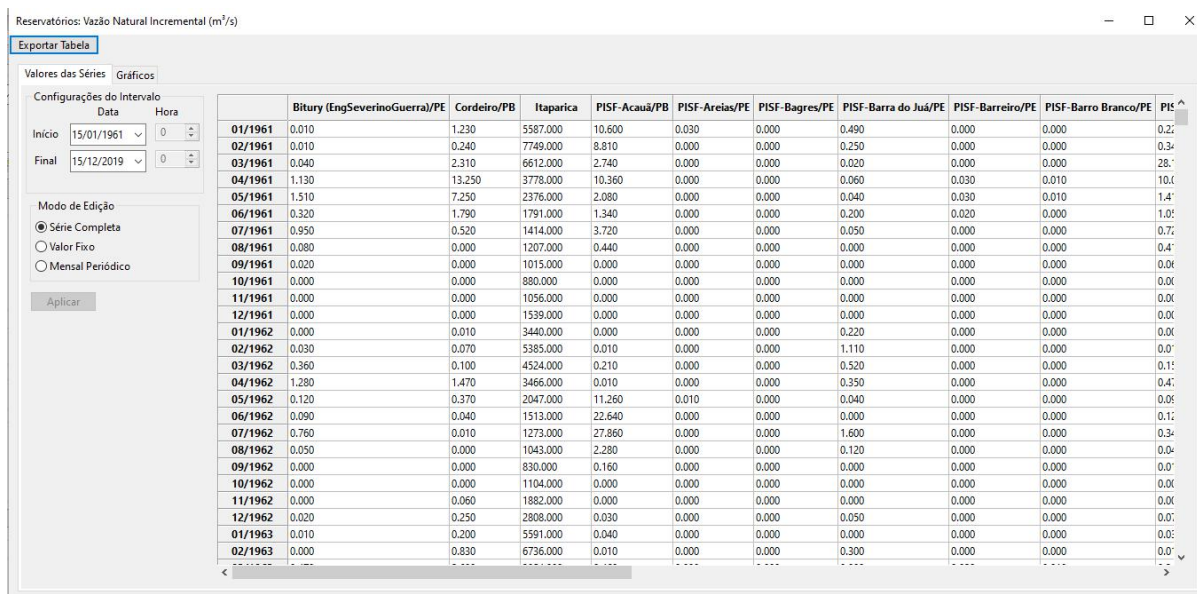


Figura 11.25 - Modo de edição das séries de entrada.

Série completa

Com essa função é possível o preenchimento da série por completo, ou seja, o usuário pode colar os valores diretamente de arquivos externos, mantendo, ou digitar manualmente. O caractere usado como separador decimal é o (.) (Figura 11.26).



Reservatórios: Vazão Natural Incremental (m³/s)

Exportar Tabela

Valores das Séries Gráficos

Configurações do Intervalo

Data Hora

Início 15/01/1961 0

Final 15/12/2019 0

Modo de Edição

Série Completa

Valor Fixo

Mensal Periódico

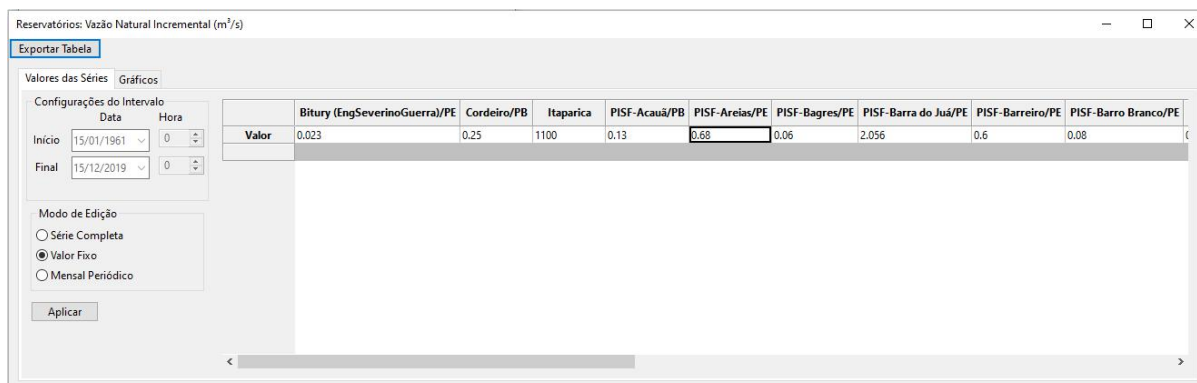
Aplicar

	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE	Cordeiro/PB	Itaparica	PISF-Acauá/PB	PISF-Areias/PE	PISF-Bagres/PE	PISF-Barra do Juá/PE	PISF-Barreiro/PE	PISF-Barro Branco/PE	PISF-...
01/1961	0.010	1.230	5587.000	10.600	0.030	0.000	0.490	0.000	0.000	0.22
02/1961	0.010	0.240	7749.000	8.810	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000	0.34
03/1961	0.040	2.310	6612.000	2.740	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	28.1
04/1961	1.130	13.250	3778.000	10.360	0.000	0.000	0.060	0.030	0.010	10.0
05/1961	1.510	7.250	2376.000	2.080	0.000	0.000	0.040	0.030	0.010	1.4
06/1961	0.320	1.790	1791.000	1.340	0.000	0.000	0.200	0.020	0.000	1.0
07/1961	0.950	0.520	1414.000	3.720	0.000	0.000	0.050	0.000	0.000	0.7
08/1961	0.080	0.000	1207.000	0.440	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.4
09/1961	0.020	0.000	1015.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.04
10/1961	0.000	0.000	880.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.04
11/1961	0.000	0.000	1056.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.04
12/1961	0.000	0.000	1539.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.04
01/1962	0.000	0.010	3440.000	0.000	0.000	0.000	0.220	0.000	0.000	0.04
02/1962	0.030	0.070	5385.000	0.010	0.000	0.000	1.110	0.000	0.000	0.0
03/1962	0.360	0.100	4524.000	0.210	0.000	0.000	0.520	0.000	0.000	0.1
04/1962	1.280	1.470	3466.000	0.010	0.000	0.000	0.350	0.000	0.000	0.4
05/1962	0.120	0.370	2047.000	11.260	0.010	0.000	0.040	0.000	0.000	0.06
06/1962	0.090	0.040	1513.000	22.640	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.11
07/1962	0.760	0.010	1273.000	27.860	0.000	0.000	1.600	0.000	0.000	0.3
08/1962	0.050	0.000	1043.000	2.280	0.000	0.000	0.120	0.000	0.000	0.04
09/1962	0.000	0.000	830.000	0.160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
10/1962	0.000	0.000	1104.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.04
11/1962	0.000	0.060	1882.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.04
12/1962	0.020	0.250	2808.000	0.030	0.000	0.000	0.050	0.000	0.000	0.0
01/1963	0.010	0.200	5591.000	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
02/1963	0.000	0.830	6736.000	0.010	0.000	0.000	0.300	0.000	0.000	0.0

Figura 11.26 - Interface para preenchimento da série de dados para o período completo.

Série com valor fixo

Essa função permite que o usuário configure um valor fixo para toda a parte da série em exibição de um dado elemento. Para isso, basta colar as informações de ambiente externo ou digitá-lo manualmente. Em seguida, clica-se na opção **Aplicar** (Figura 11.27).



Reservatórios: Vazão Natural Incremental (m³/s)

Exportar Tabela

Valores das Séries Gráficos

Configurações do Intervalo

Data Hora

Início 15/01/1961 0

Final 15/12/2019 0

Modo de Edição

Série Completa

Valor Fixo

Mensal Periódico

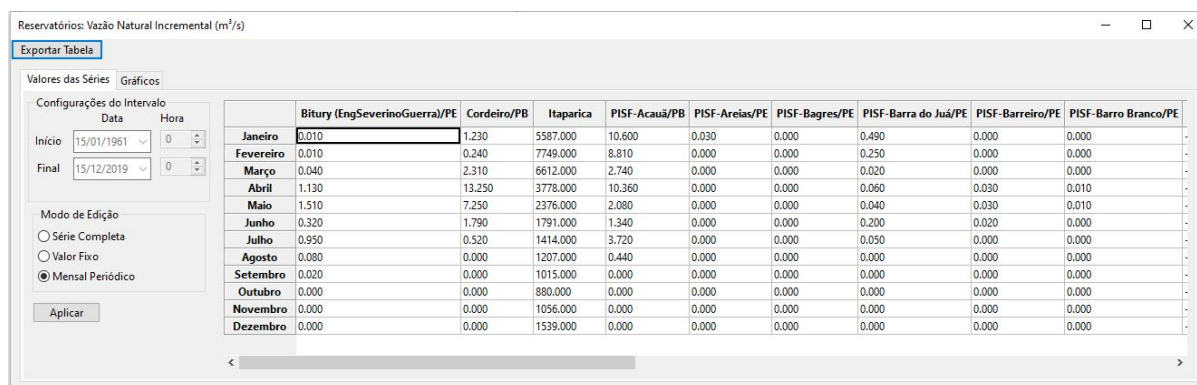
Aplicar

	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE	Cordeiro/PB	Itaparica	PISF-Acauá/PB	PISF-Areias/PE	PISF-Bagres/PE	PISF-Barra do Juá/PE	PISF-Barreiro/PE	PISF-Barro Branco/PE
Valor	0.023	0.25	1100	0.13	0.68	0.06	2.056	0.6	0.08

Figura 11.27 - Interface para preenchimento da série de dados com valor fixo.

Série com valor mensal periódico

Com essa função é possível inserir as séries com valores periódicos, ou seja, em todo o intervalo configurado, os valores para cada ano serão sempre os mesmos, mantendo uma periodicidade. Para isso, basta colar as informações de um ambiente externo ou digitá-lo manualmente. Em seguida, clica-se na opção **Aplicar** (Figura 11.28).



Reservatórios: Vazão Natural Incremental (m³/s)

Exportar Tabela

Valores das Séries Gráficos

Configurações do Intervalo

Data Hora

Início 15/01/1961 0

Final 15/12/2019 0

Modo de Edição

Série Completa

Valor Fixo

Mensal Periódico

Aplicar

	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE	Cordeiro/PB	Itaparica	PISF-Acauá/PB	PISF-Areias/PE	PISF-Bagres/PE	PISF-Barra do Juá/PE	PISF-Barreiro/PE	PISF-Barro Branco/PE
Janeiro	0.010	1.230	5587.000	10.600	0.030	0.000	0.490	0.000	0.000
Fevereiro	0.010	0.240	7749.000	8.810	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000
Março	0.040	2.310	6612.000	2.740	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000
Abril	1.130	13.250	3778.000	10.360	0.000	0.000	0.060	0.030	0.010
Mai	1.510	7.250	2376.000	2.080	0.000	0.000	0.040	0.030	0.010
Junho	0.320	1.790	1791.000	1.340	0.000	0.000	0.200	0.020	0.000
Julho	0.950	0.520	1414.000	3.720	0.000	0.000	0.050	0.000	0.000
Agosto	0.080	0.000	1207.000	0.440	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Setembro	0.020	0.000	1015.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Outubro	0.000	0.000	880.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Novembro	0.000	0.000	1056.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dezembro	0.000	0.000	1539.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 11.28 - Interface para preenchimento da série de dados com valores periódicos.

11.1.2.1 Importação e atualização das séries de dados

O processo de importação e atualização das séries via *API*, serve para que o usuário, de posse de todas as informações em um Banco de Dados, possa atualizar todas as séries e/ou parte delas de uma única vez. Para isso, é necessário primeiro realizar a configuração da URL e porta da API, conforme indicado na figura 11.29.

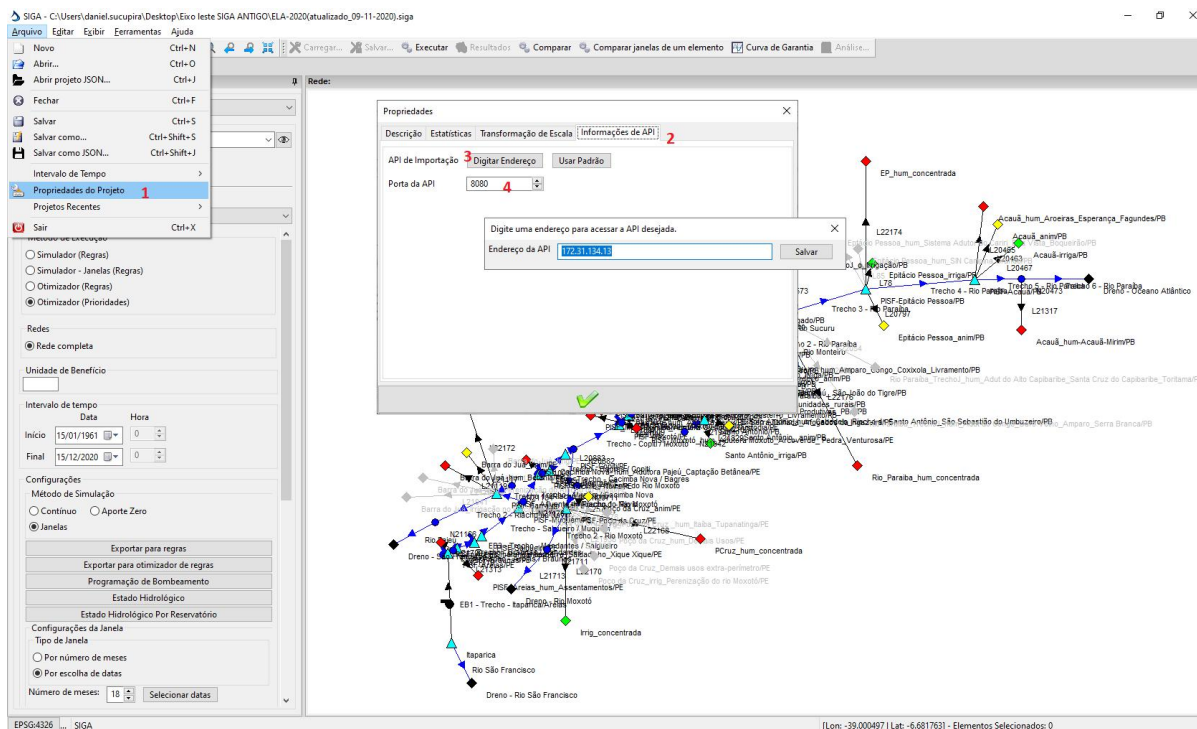


Figura 11.29 - Tela de configuração do endereço da URL e porta da API.

Com a utilização da ferramenta **Atualizar Dados**, é possível atualizar os dados de precipitação, evaporação, vazão natural incremental além da Cota-Área-Volume (CAV) de todos os reservatórios que possuem um código no banco de dados da FUNCEME. Para atualizar uma determinada série/CAV de um dado elemento, deve-se:

1. Selecionar os elementos a serem atualizados;
2. Selecionar o dado a ser atualizado: o tipo de série ou CAV;
3. Clicar em **Atualizar dados**.

O processo acima é exibido na Figura 11.30.

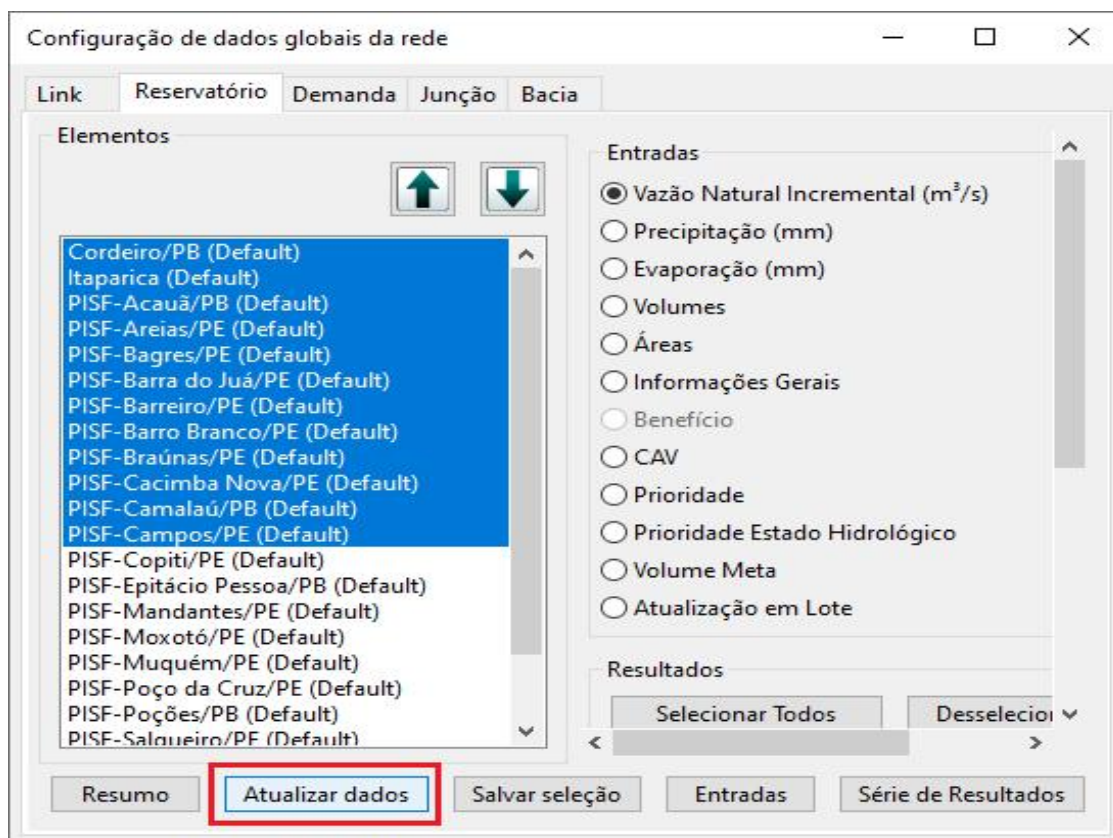


Figura 11.30 - Acesso para atualização das séries, pela API, via dados globais.

Para atualizar todas as séries e CAV de uma única vez, basta marcar a opção **Atualização em Lote** e, na sequência, clicar em **Atualizar dados** (Figura 11.31).

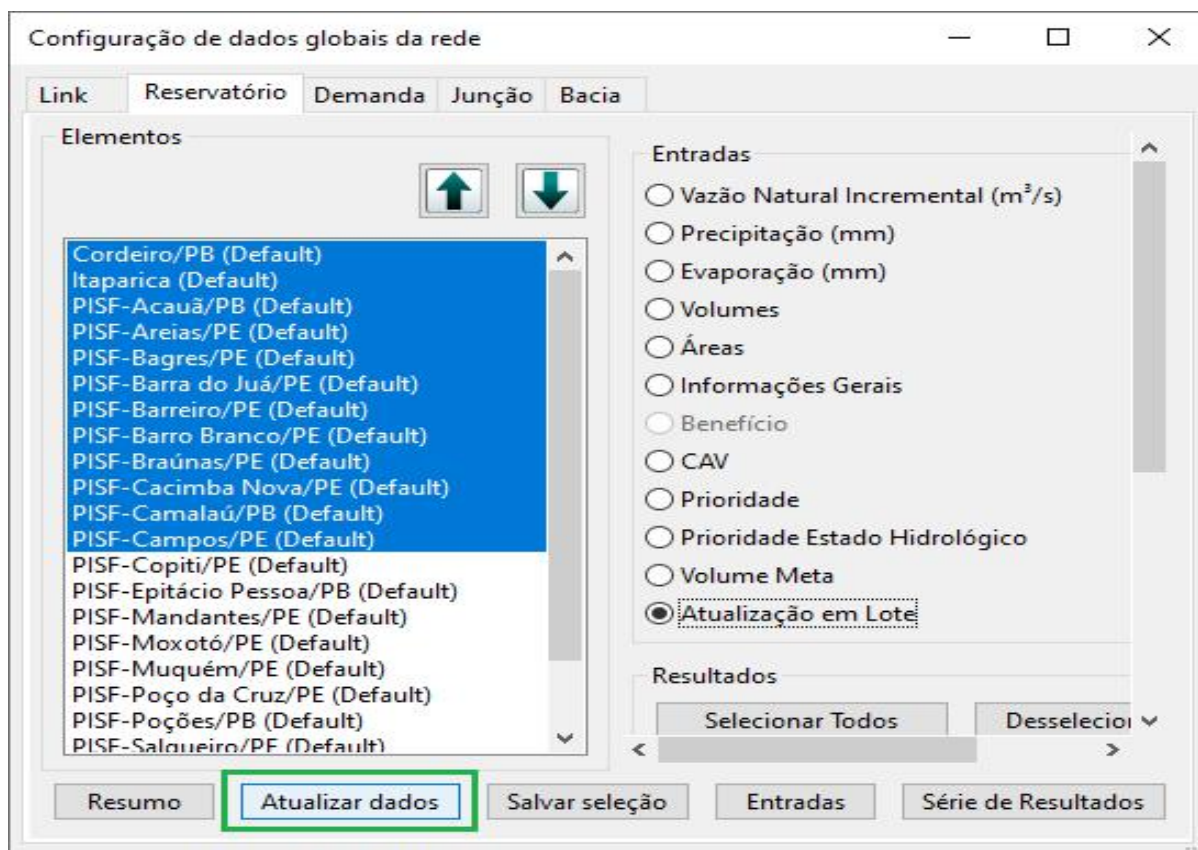



Figura 11.31 - Acesso para atualização das séries em Lote, pela API, via dados globais.

11.1.2.2 Carregamento das informações entre diversos cenários

O SIGA oferece uma ferramenta para facilitar a cópia de valores de séries de entrada (ou CAV no caso de reservatórios) entre diversos cenários de simulação. Essa ferramenta chama-se  **Copiar dados entre cenários**. Com essa ferramenta, é possível o carregamento, por exemplo, das séries dos reservatórios, das demandas junto com suas prioridades, trechos, perda em trânsito, dentre outras, como descrito na Figura 11.32.

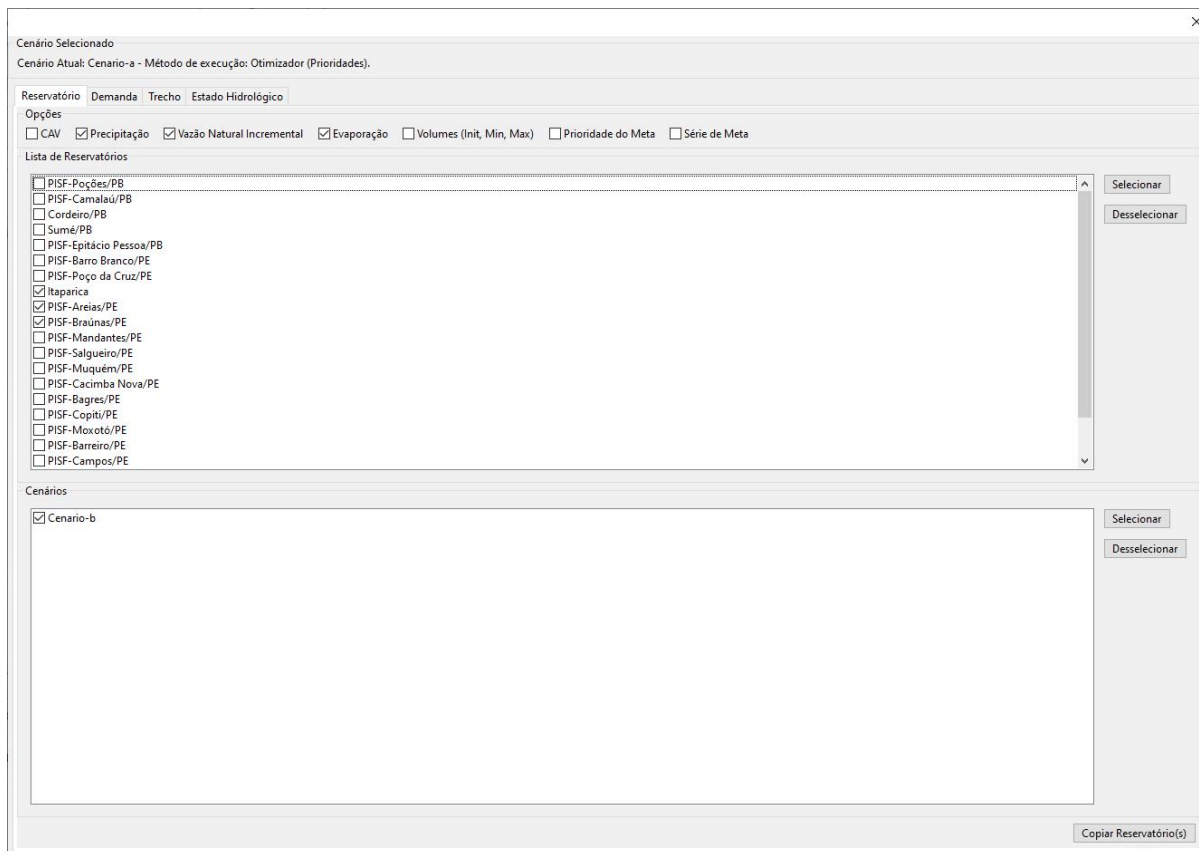
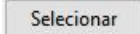

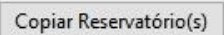


Figura 11.32 - Tela principal do procedimento de cópia de dados entre cenários.

Caso o usuário queira selecionar todos os elementos, deve clicar em . Caso contrário, deve clicar em . Após marcados todos os campos que devem ser copiados, deve-se clicar no botão copiar, localizado no canto inferior direito da ferramenta.

No caso de reservatórios, o título do botão é . O mesmo procedimento segue para os demais tipos de elementos e variáveis.

Após o processo ser finalizado, uma mensagem indicando que os itens foram copiados aparecerá na tela (**Figura 11.33**).

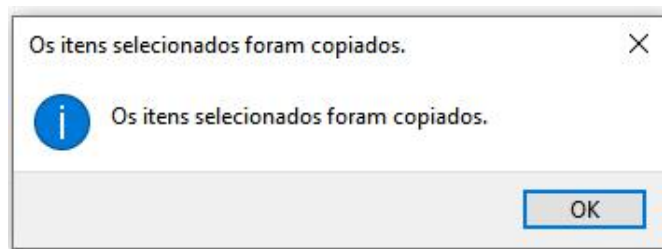


Figura 11.33 - Mensagem de conclusão de cópia dos dados ente os cenários.

11.2 SIMULAÇÃO

Dentro do contexto de simulação, 4 diferentes tipos de simulação estão disponíveis para o usuário, conforme descrito na Figura 11.35:

- > Simulador (Regras);
- > Simulador – Janelas (Regras);
- > Otimizador (Regras);
- > Otimizador (Prioridades).

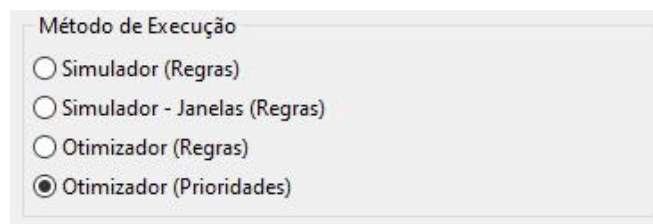


Figura 11.33 - Tipos de métodos de execução

11.2.1 Simulador (regras)

No método de execução **Simulador (Regras)**, opera-se a rede tendo como referência regras de liberação pré-estabelecidas pelo usuário. Neste método, a cada intervalo de tempo simulado, é feita a retirada de água dos reservatórios seguindo a regra estabelecida para cada um desses elementos. Alguns conceitos pertinentes ao simulador de regras são descritos a seguir.

11.2.1.1 Regras Operacionais

Clicando na aba Regras, na interface principal de reservatórios, o usuário terá acesso à interface das regras operacionais (Figura 11.34). Nesta interface, o usuário terá a opção de habilitar regras. Lembrando que reservatório sem regras de liberação, ou seja, sem regras habilitadas, serão operados sem considerar retiradas do mesmo; portanto, as únicas saídas do reservatório serão vertimentos e evaporação.

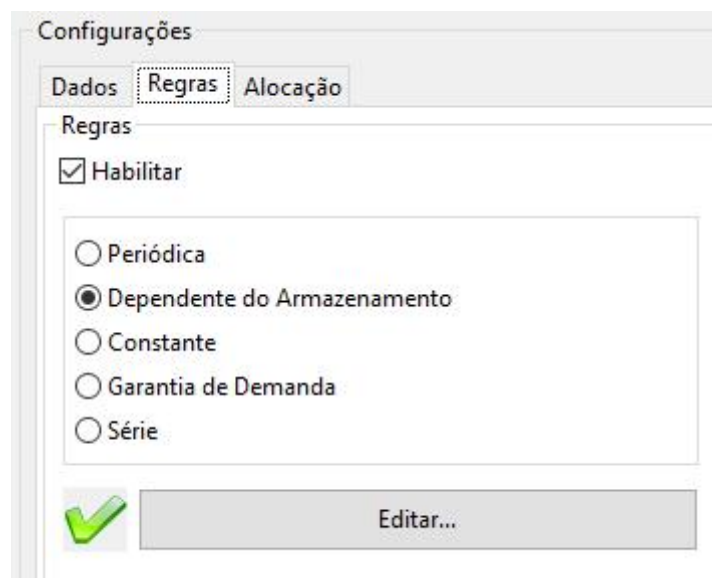


Figura 11.34 - Entrada de formato das regras no método de Simulação por Regras.

Após marcar a caixa (*check-box*) *Habilitar*, serão apresentadas as regras disponíveis, a saber:

- > *Periódica*;
- > *Dependente do Armazenamento*;
- > *Constante*;
- > *Garantia de Demanda*;
- > *Série*.

Uma vez selecionada a regra desejada, o usuário deverá clicar no botão *Editar* para acessar a interface de entrada de informações para a regra. Essa interface será diferente para cada tipo de regra escolhida pelo usuário, conforme apresentado na Figura 11.35.

Para a liberação constante (Figura 11.35 d), o usuário deverá informar qual a liberação praticada a cada intervalo de tempo, seja mensal, diário ou horário. Para a liberação periódica (Figura 11.35 c), o usuário deverá informar uma liberação a ser praticada em cada mês do ano.

A liberação conforme *Garantia* representa uma liberação constante associada a uma garantia de atendimento mínimo da demanda. Para esse tipo de regra, o usuário deverá informar o valor percentual que representa a garantia da vazão liberada (Figura 11.35 b).

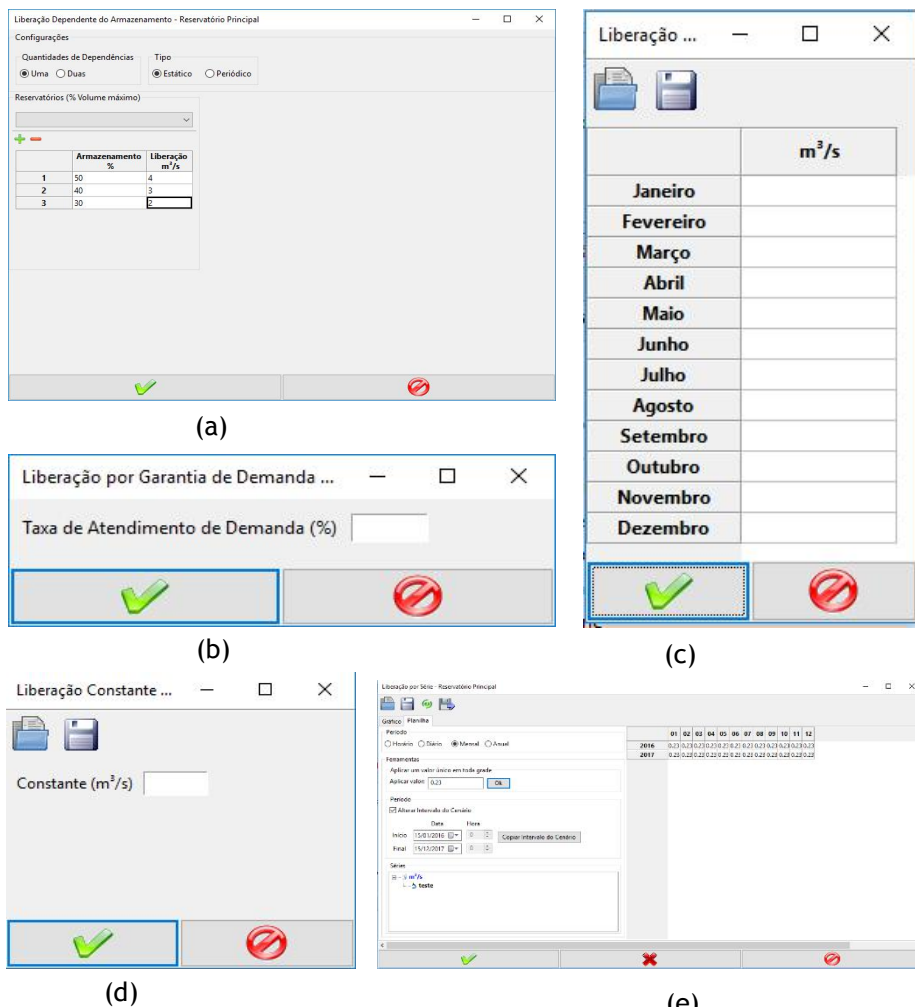




Figura 11.35 - Interfaces de regras de operação do sistema: (a) constante conforme armazenamento; (b) garantia de demanda; (c) periódica; (d) constante; (e) Por Série.

A liberação por série (Figura 11.35 e) define qual será a liberação de acordo com a data, usando para isso uma série de valores. Por fim, para a opção de regra Dependente do Armazenamento (Figura 11.35 b), o usuário deverá informar, primeiramente, a quantidade de dependências (uma ou duas). Feita a escolha, o usuário deverá definir qual ou quais são as dependências desejadas. Um seletor é utilizado para informar qual reservatório do sistema será utilizado como dependência. O usuário deve informar ainda qual o tipo de dependência: estático x dinâmico. Na regra estática, os valores independem do mês.

Na regra dinâmica os valores dependem do mês.

Por exemplo, na Figura 11.36, o reservatório Epitácio Pessoa é selecionado com regra de liberação dependente. Indicou-se uma dependência e descreveu a regra como estática. Abaixo, o usuário deverá definir as faixas de percentual de armazenamento e os valores de liberação a serem praticados. As faixas devem ser configuradas com valores percentuais do volume máximo. As liberações devem ser definidas em m³/s. O usuário pode aumentar e diminuir o número de faixas clicando nos botões   . Os diferentes tipos de interface são exibidos a seguir.

Liberação Dependente do Armazenamento - PISF-Epitácio Pessoa/PB

Configurações

Quantidades de Dependências: Uma Duas

Tipo: Estático Periódico

Reservatórios (% Volume máximo)

+ -

	Armazenamento %	Liberação m ³ /s
1		
2		






Figura 11.36 - Interface para Regra de Liberação Dependente, com 1 dependência e de tipo Estático.

Liberação Dependente do Armazenamento - PISF-Epitácio Pessoa/PB

Configurações

Quantidades de Dependências: Uma Duas

Tipo: Estático Periódico

Reservatórios (% Volume máximo)

+ -

	Armazenamento %
1	
2	
3	

Reservatórios (% Volume máximo)

+ -

	Armazenamento %
1	
2	
3	

Liberações (m³/s)

	1	2	3
1			
2			
3			






Figura 11.37 - Interface para Regra de Liberação Dependente, com 2 dependências e de tipo Estático.

Liberação Dependente do Armazenamento - PISF-Epitácio Pessoa/PB

Configurações

Quantidades de Dependências: Uma Duas

Tipo: Estático Periódico

Reservatórios (% Volume máximo)

	Armazenamento %	Jan m³/s	Fev m³/s	Mar m³/s	Abr m³/s	Mai m³/s	Jun m³/s	Jul m³/s	Ago m³/s	Set m³/s	Out m³/s	Nov m³/s	Dez m³/s
1													
2													






Figura 11.38 - Interface para Regra de Liberação Dependente, com 1 dependência e de tipo Periódico.

Liberação Dependente do Armazenamento - PISF-Epitácio Pessoa/PB

Configurações

Quantidades de Dependências: Uma Duas

Tipo: Estático Periódico

Reservatórios (% Volume máximo)

	Armazenamento %
1	
2	

	Armazenamento %
1	
2	
3	

Liberações (m³/s)

Janeiro

	1	2	3
1			
2			







Figura 11.39 - Interface para Regra de Liberação Dependente, com 2 dependências e de tipo Periódico.

11.2.1.2 Funções de Alocação

Uma vez definidas as retiradas dos reservatórios, é preciso que seja informado ao sistema como tais retiradas serão distribuídas pelos trechos de saída de cada reservatório. As saídas referentes aos vertimentos seguem sempre o caminho definido como canal natural.

Clicando na aba Alocação, na interface principal de reservatórios, o usuário poderá dar início à entrada de dados e definições necessárias às funções de alocação (Figura 11.40). Por meio do botão Alocação, tem-se acesso a uma nova janela, como exibido na Figura

11.41. Ao concluir o processo de preenchimento, clica-se em , para salvar o preenchimento.

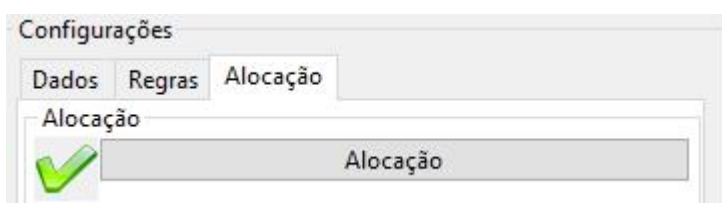


Figura 11.40 - interface para alocação no módulo Operação de Sistemas.

	Alocação - Cordeiro/PB Liberação m ³ /s	Alocação - Cordeiro/PB Trecho 2 - Rio Paraíba m ³ /s	Alocação - Cordeiro/PB L1878 m ³ /s	Alocação - Cordeiro/PB L1880 m ³ /s	Alocação - Cordeiro/PB L1884 m ³ /s
1	4	1	1	1	1
2	5	2	1	1	1
3	10	2	2	2	4
4	20	5	5	5	5

Figura 11.41 - Interface para inserção da matriz de alocação.

Na janela de Alocação, o usuário encontrará uma matriz na qual a primeira coluna refere-se aos níveis de vazões liberadas pelo reservatório e as demais colunas referem-se a cada trecho de rio ou canal que poderá receber águas do reservatório, ou seja, trechos localizados imediatamente a jusante do reservatório. Percebe-se que o total liberado presente na primeira coluna deve resultar da soma das alocações das demais colunas, conforme apresentado na Figura 11.41.

Clicando em “*Editar número de linhas da matriz*”, o usuário tem a opção de informar quantas linhas a matriz de alocação deverá ter. No exemplo da Figura 11.41, quatro linhas foram informadas, representando níveis de liberação. Além disso, foram preenchidas as cinco colunas (quatro delas representando os trechos a jusante do reservatório que poderão receber quotas de alocação).

A matriz de alocação deverá ser preenchida seguindo a lógica de distribuição das liberações entre os trechos a jusante do reservatório. O valor contido na célula da coluna de liberação deverá ser distribuído entre as demais colunas, de forma que o total das liberações definidas para cada trecho seja igual à liberação expressão na primeira coluna. A linha seguinte deverá sempre compreender uma faixa de vazão superior àquela da linha precedente. Da mesma forma que na linha anterior, esta vazão deverá distribuída entre as demais colunas. Os valores de vazões compreendidos entre faixas serão alocados linearmente, considerando os valores nas linhas anteriores e posteriores da liberação.

A Figura 11.42 apresenta a forma gráfica da matriz de alocação para o exemplo apresentado na Figura 11.41. O eixo horizontal da figura representa as vazões liberadas e o eixo vertical representa a vazão praticada em cada trecho.

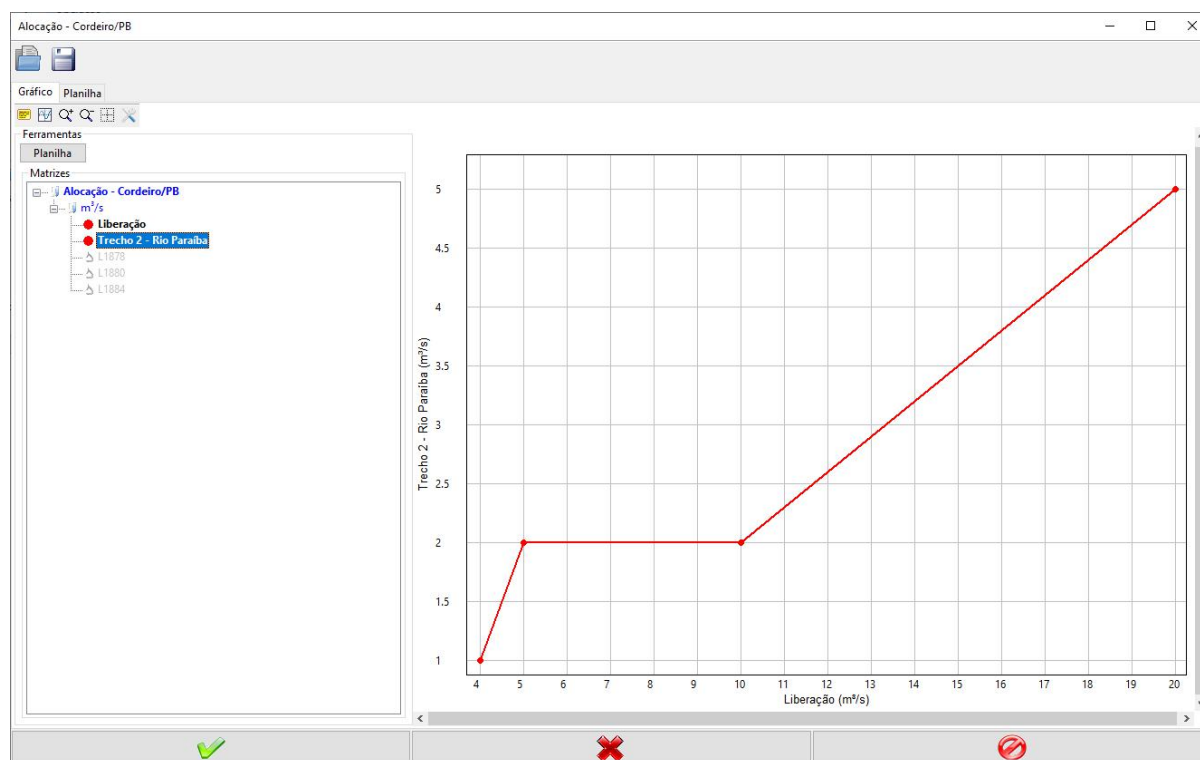


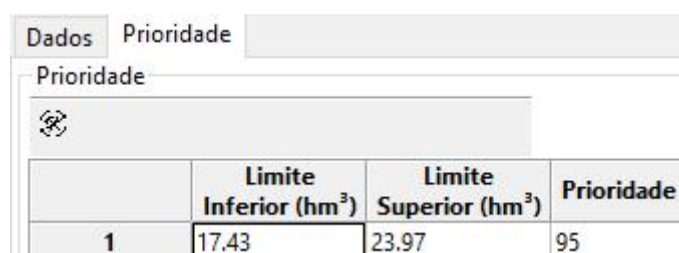
Figura 11.42 - Interface para inserção da matriz de alocação gráfica.

11.2.2 Otimizador por Prioridades

No método de execução Otimizador (**Prioridades**), opera-se a rede tendo como referência valores de prioridades para as águas dos reservatórios e para as demandas do sistema pré-estabelecidas pelo usuário. Utiliza um modelo de programação linear para otimizar o atendimento de demandas e de volume meta, tendo como peso os valores de prioridade. O modelo do SIGA foi inspirado no problema de transporte e no problema do transbordo. Assim, o SIGA escreve o problema para que a solução seja calculada utilizando o algoritmo simplex. Dessa forma, a liberação e alocação dos reservatórios são calculadas pelo modelo de rede fluxo. Nesse cenário também é possível realizar configurações para operar com estado hidrológico dos reservatórios.

11.2.2.1 Definição de Prioridades


Clicando na aba *Prioridade*, na interface principal de reservatórios, o usuário terá acesso à interface das prioridades onde o usuário terá opção de habilitar uma prioridade. Neste método, todos os elementos devem ter prioridades para serem considerados de acordo com o fluxo da água e o objetivo da simulação (atendimento às demandas, atendimento ao volume morto e/ou manutenção do volume dos reservatórios de jusante,). As prioridades, variam de 1 a 99. Sendo assim, com as informações dos volumes dos reservatórios configurados (inicial, mínimo e máximo), torna-se necessário a aplicação de um valor de prioridade, para que o processo de execução da rede de fluxo possa ocorrer Figura 11.43.



	Limite Inferior (hm ³)	Limite Superior (hm ³)	Prioridade
1	17.43	23.97	95

Figura 11.43 - Interface para inserção das prioridades dos reservatórios.

Tanto demandas como reservatórios podem assumir uma única prioridade ao longo de todo o período de simulação (excetuando o uso de estado hidrológico). Com isso, o usuário deverá definir uma prioridade para cada elemento da rede que deva ser considerado no problema de alocação durante todo o período de simulação.

Para o caso das demandas, ao clicar na demanda (tipologia) que se quer configurar a prioridade, clica-se em **Regras e**, em seguida, em **Editar**. Após inserido o valor, clica-se em confirmar , como mostrado na Figura 11.44.

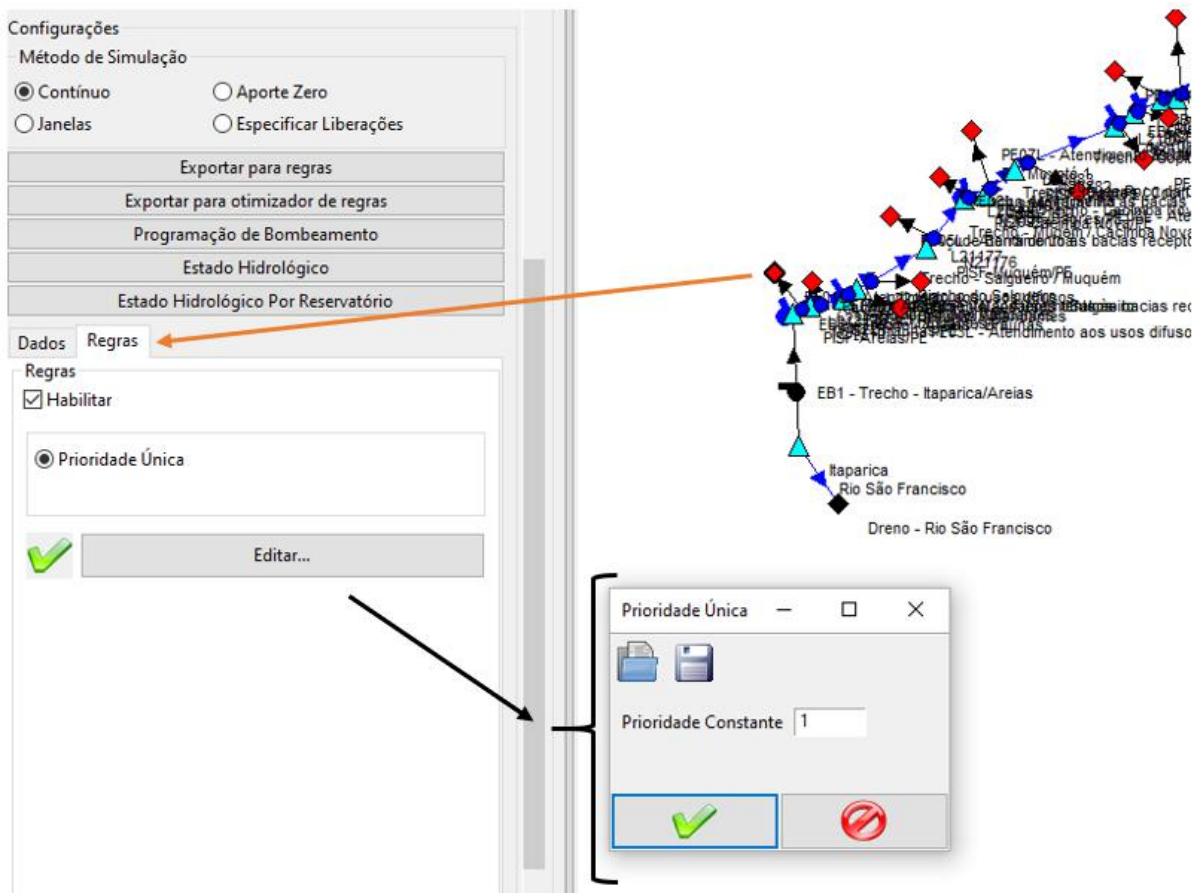


Figura 11.44 - Interface de definição de prioridades

Caso o usuário necessite de configurar várias tipologias de demandas ao mesmo tempo, deve-se utilizar a função Dados Globais. A sequência a ser utilizada é: clica-se em dados globais; na sequência clica-se na aba Demanda; na sequência marca a opção “Prioridade Constante”; marca-se os elementos desejados e, por fim, clica-se em entradas, como indicado na Figura 11.45.

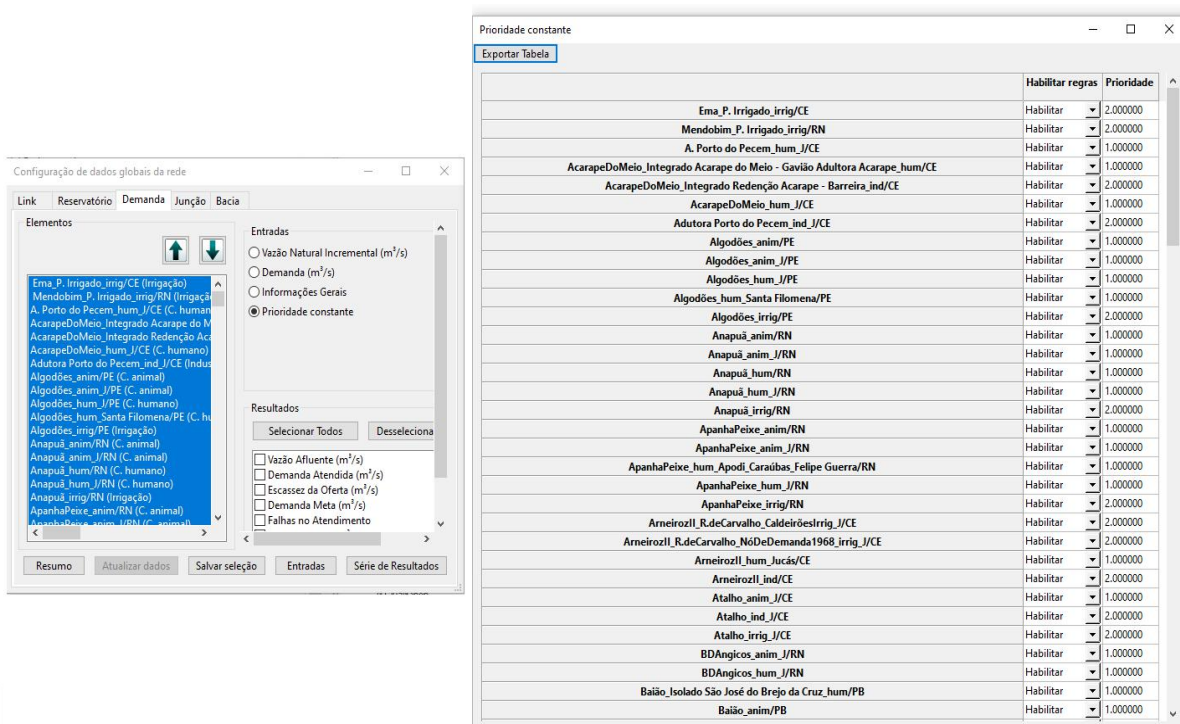


Figura 11.45 - Interface para definição de Prioridades em diferentes tipologias de demandas.

11.2.2.1.1 Método para Exportação para Regras e Otimizador de Regras

Logo após as simulações serem realizadas no pelo **Método de Execução – Otimizador (Prioridades)**, é possível exportar os resultados para os métodos de Execução (como mostrado na Figura 11.46):

- 1 – *Simulador (Regras)*;
- 2 – *Otimizador (Regras)*.

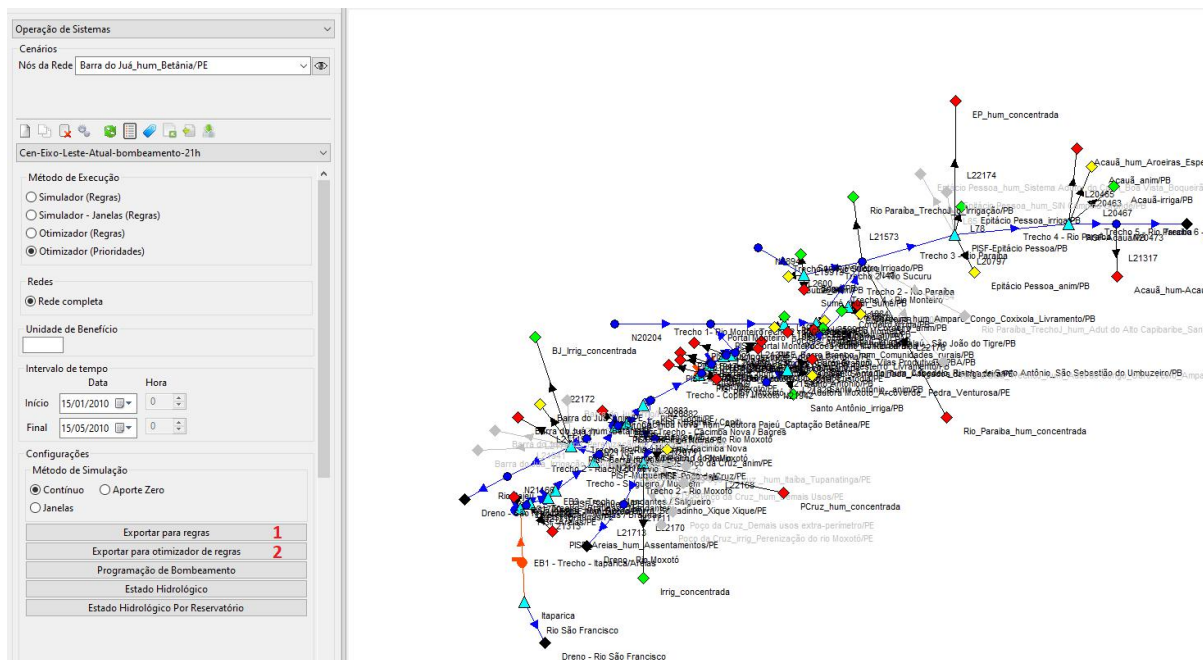


Figura 11.46 - Interface exibindo os comandos para exportação para o Método de Execução – Simulador (Regras) e Otimizador (Regras).

Para exportar o projeto para regras, deve-se clicar na opção destacada com o número 1 em vermelho, chamada “Exportar para regras”. Para exportar o projeto para otimizador de regras, deve-se clicar na opção destacada com o número 2 em vermelho, chamada “Exportar para otimizador de regras”.

11.2.2.1.2 Método de Simulação Janelas

A configuração para simulação do **Método de Simulação Janelas** pode ser feita de dois tipos: por número de meses ou por escolha de datas. No tipo de janela por número de meses (Figura 11.47), exibe-se os controles para a configuração da quantidade de meses que se pretende simular, variando de 6 a 72 meses.

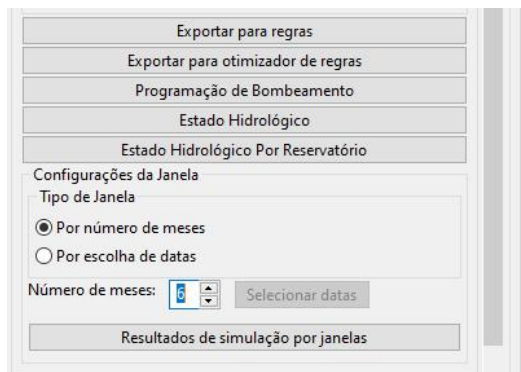


Figura 11.47 - Tipo de janela: por número de meses

No tipo de janela por escolha de datas (Figura 11.48), é possível configurar a quantidade de meses que se pretende simular, variando de 6 a 72 meses. Deve-se escolher as datas (anos) e o mês inicial (círculo em vermelho) que se pretende adotar como período de simulação. Dentro desse contexto, existe a opção na qual o usuário pode adotar um ano da série e colocá-lo como referência. Por exemplo: o ano de 2000, pode se comportar como o ano de 2004, ou seja, a série vazão do ano 2000 será utilizada no momento que a simulação precisar da série de vazão do ano de 2004. Esse comportamento se repete para as demais séries dos elementos. Para realizar esta configuração, basta dar um **duplo clique** no ano de referência, o que produzirá uma mensagem pedindo para entrar com um valor para o ano de referência (Figura 11.48). Na sequência, deve-se clicar em OK. Essa alteração ocorre apenas no momento da simulação. Assim, as séries originais de entrada permanecem sem alteração.

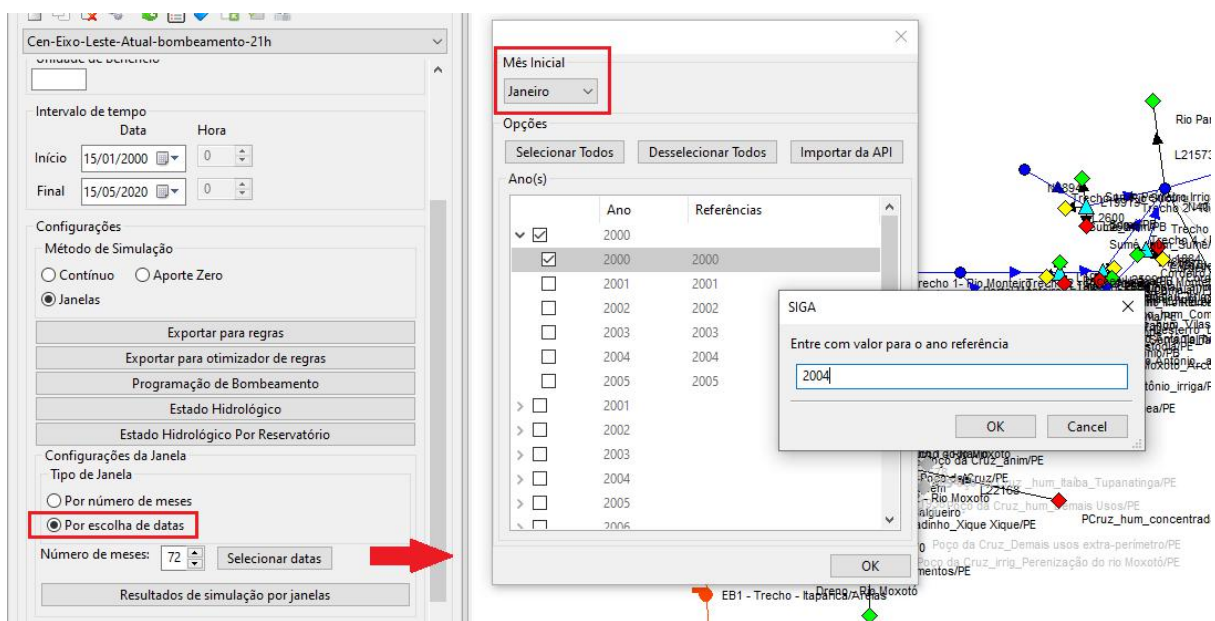


Figura 11.48 - Interface para definição do número de meses e datas para simulação.

Após clicar em OK, o ano de 2004, será utilizado como referência para o ano 2000 (Figura 11.49).

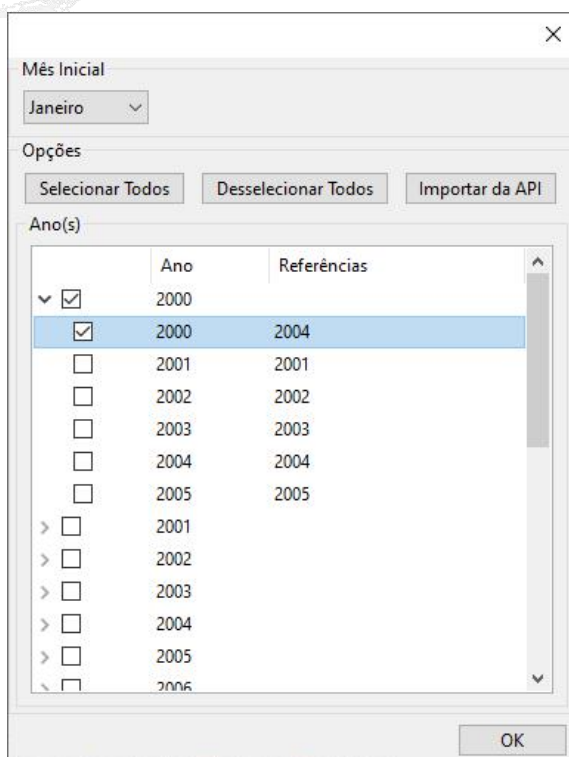


Figura 11.49 - Interface para definição do ano de referência.

11.2.2.1.3 Método de Simulação Janelas – cenários de clima

Nesse modo de simulação, é possível produzir resultados em função da cenarização de clima, ou seja, as informações serão obtidas via **API** (Figura 11.50). Os parâmetros disponíveis são:

1. Indicador: deve ser escolhido dentro de uma lista de indicadores climáticos produzidos pelas simulações dos modelos baseados nas Temperaturas da Superfície do Mar (TSM). Ele será utilizado como métrica para geração dos cenários de clima;
2. Eixo a ser utilizado na simulação (Eixo Leste ou Norte);

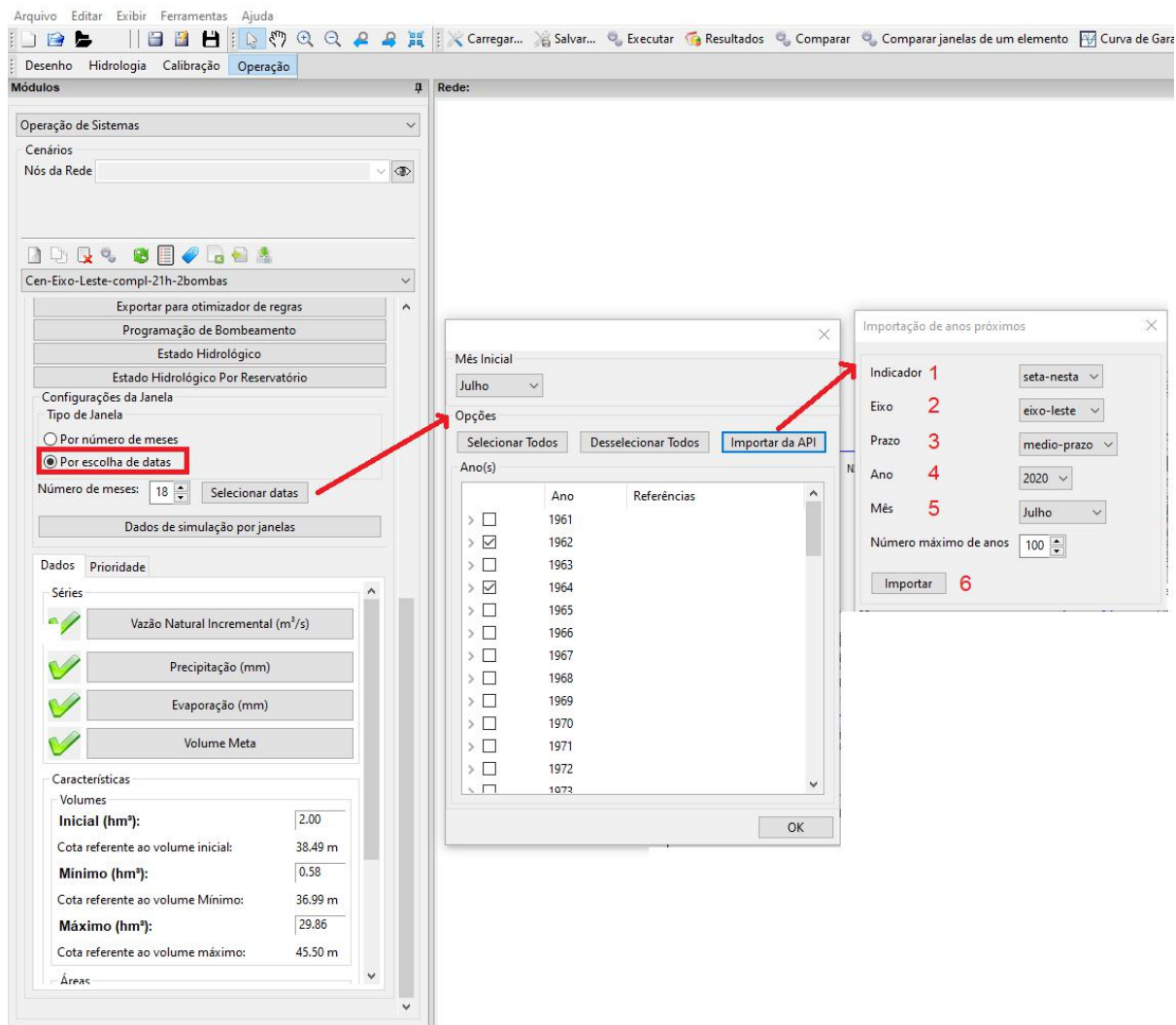


Figura 11.50 - Configuração das informações para geração de cenários de clima de acordo com os anos próximos.

3. Horizonte da previsão: pode ser médio e longo prazo.
4. Escolha do ano a ser utilizado para fazer a previsão (Ex: realizar a previsão para 2020, assim, escolhe o ano de 2020);
5. Escolha do mês inicial da simulação;
6. Escolha do número de anos próximos utilizados para simulação.

Após o clique no botão importar, é realizada a importação dos anos próximos, baseada na configuração acima, produzindo o resultado representado na Figura 11.51. Caso não sejam encontradas as informações, uma mensagem de erro aparecerá na tela, informando que a configuração não foi encontrada (Figura 11.52).

Anos próximos por ordem de proximidade

Exportar Tabela

	Ano inicial de simulação	Ano próximo
1	1982	1982
2	1987	1987
3	1986	1986
4	1997	1997
5	2019	2019
6	1990	1990
7	2001	2001
8	1978	1978
9	1992	1992
10	1962	1962
11	1984	1984
12	1995	1995
13	1980	1980
14	2010	2010
15	2002	2002

Figura 11.51 - Anos próximos utilizados nas simulações.

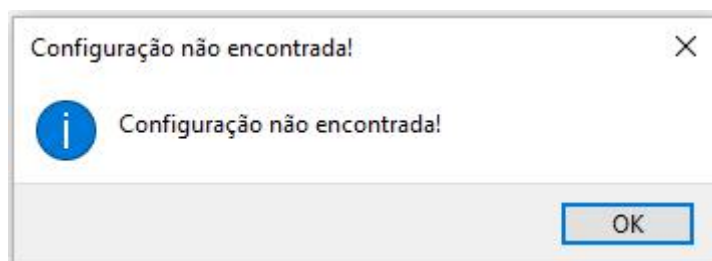


Figura 11.52 - Configuração não encontrada.

11.2.2.1.4 Método de Simulação com aporte zero

No SIGA existem duas formas de configuração dos dados quando se pretende obter as simulações com aporte zero. Na primeira, basta clicar em **Aporte Zero** (Figura 11.53). Ao marcar essa função, serão considerados, no momento da simulação, que **todos os reservatórios** apresentem aporte zero. Dessa forma, a vazão natural incremental e a precipitação, são consideradas como zero (0) para todos os reservatórios da rede de fluxo.

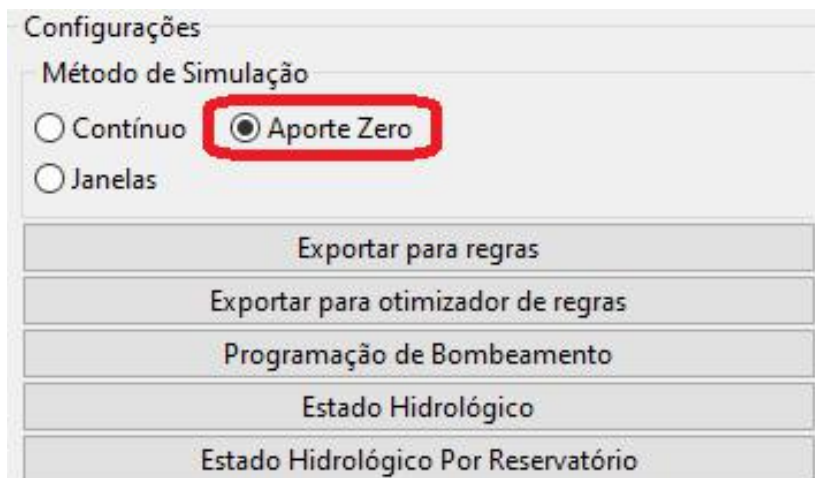


Figura 11.53 - Interface para definição aporte zero.

A segunda opção é configurar vazão natural incremental e a precipitação com valor zero de forma direta (Figura 11.54).

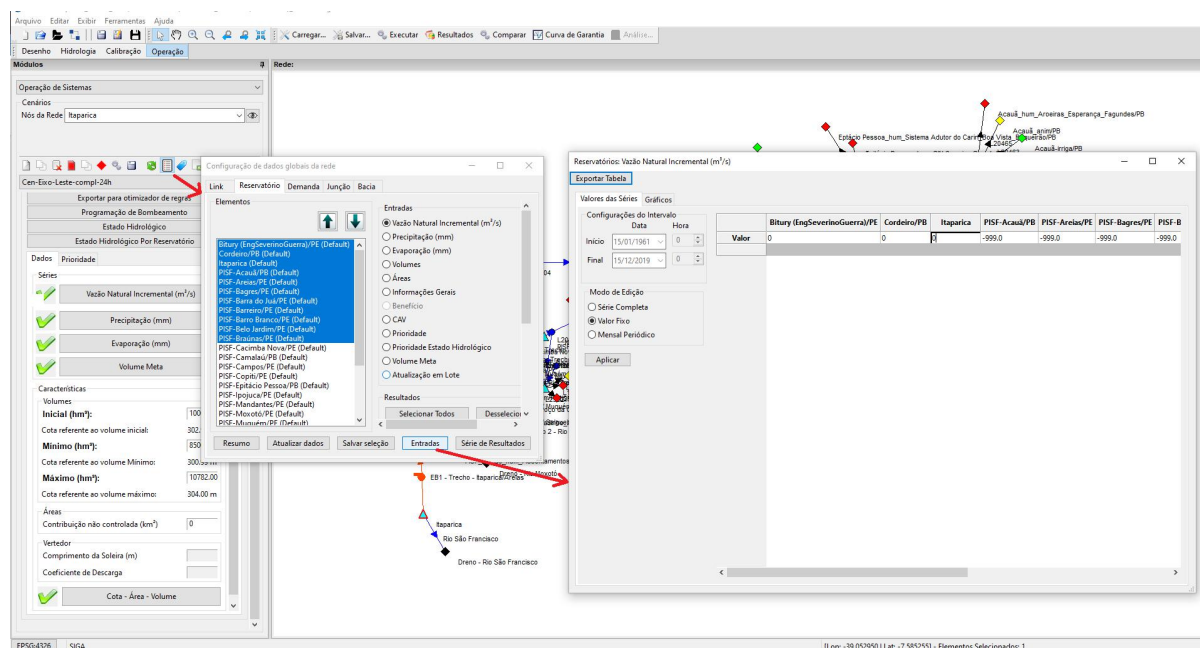


Figura 11.54 - Interface para definição aporte zero via dados globais.

11.2.2.2 Estado Hidrológico do Sistema (EHS)

Esta função permite que sejam estabelecidas prioridades de acordo com o estado hidrológico do sistema. O estado hidrológico do sistema é definido como o somatório do volume inicial (V_i) com a vazão afluente em volume (A_i) do conjunto de reservatórios R , conforme a equação 11.1.

$$EH = \sum_{i \in R} (V_i + A_i) \quad (11.1)$$

Ao clicar na função **Estado Hidrológico** será aberta uma aba de acordo com a Figura 11.55. Nesta parte é possível habilitar os estados hidrológicos, clicando em **Habilitar**, onde o passo seguinte é determinar a quantidade de estados , que podem variar entre 2-10. Ao clicar em **Configurar** pode-se configurar os parâmetros das faixas dos estados hidrológicos, o somatório desses parâmetros devem estar entre 0 e 1, e o número de parâmetros é equivalente a quantidade de estados menos 1. Na lista de reservatórios serão selecionados os reservatórios que serão utilizados como base para os parâmetros (Figura 11.55).

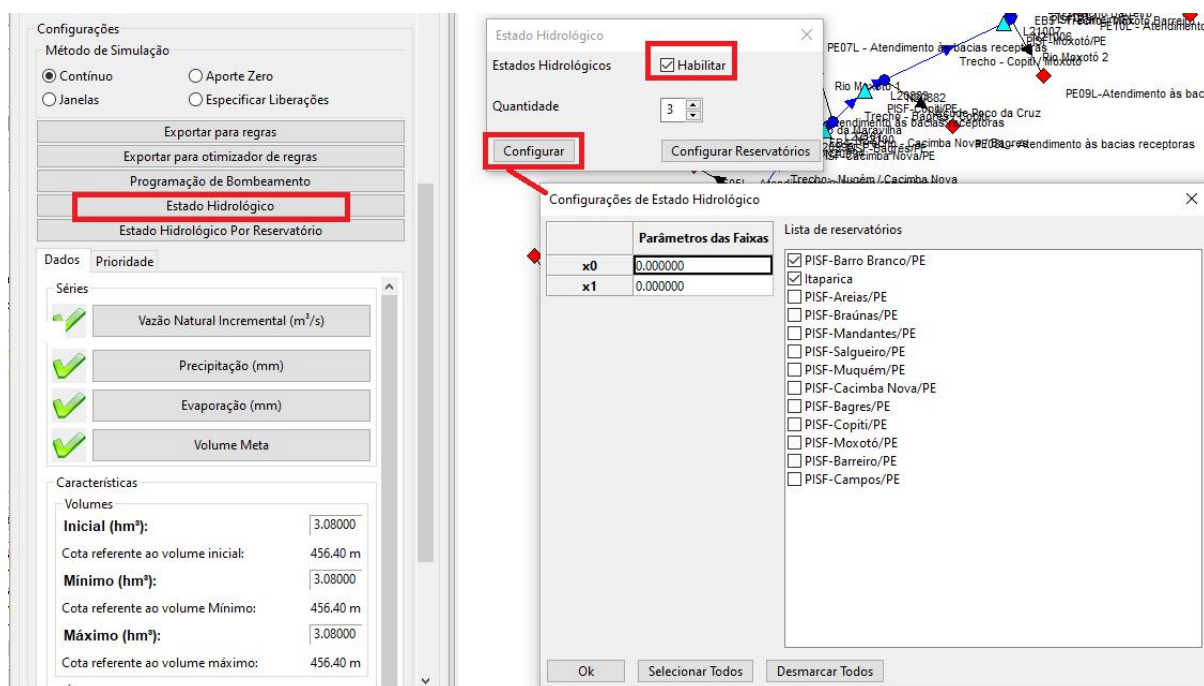


Figura 11.55 - Interface para definição dos parâmetros das faixas do estado hidrológico.

Ao clicar em **Configurar**, primeiro delimitando a quantidade de faixas que serão adicionadas para os reservatórios, uma janela contendo os **Parâmetros das Faixas** a serem preenchidas. Inicialmente, como não foram adicionados os valores às faixas, elas são preenchidas com **Zero**. Ao lado aparecerá uma lista de reservatórios, ao qual devem ser selecionados de acordo com decisão do usuário, podendo ser selecionados um a um, ou todos ao mesmo tempo. Os reservatórios selecionados comporão o conjunto R do estado hidrológico.

Após configuração das faixas dos reservatórios, é preciso realizar a configuração das **prioridades** de cada **faixa do estado hidrológico**, assim como as séries de **volume meta** de cada reservatório, para isso deve-se clicar em **Configurar Reservatórios**, ao qual aparecerá a tela para as configurações. Inicialmente, todas as prioridades são configuradas com o valor padrão, ou seja, 99 (Figura 11.56).

Estado Hidrológico

Estados Hidrológicos Habilitar

Quantidade 4

Configurar Configurar Reservatórios

Configurações de Estado Hidrológico para Reservatórios

Lista de reservatórios PISF-Castanhão/CE

	Prioridade	Série de Volume Meta
EH0	99	Abrir
EH1	99	Abrir
EH2	99	Abrir
EH3	99	Abrir

Copiar prioridades Preencher séries de volume meta com valor padrão

Figura 11.56 - Configuração das prioridades com valores padrão.

Portanto, o usuário pode adicionar as prioridades manualmente para cada reservatório, ou, caso deseje manter as prioridades já configuradas no sistema, basta clicar em **Copiar prioridades**. Essa opção carregará todas as prioridades para cada reservatório, anteriormente configurada. Como exemplo, o reservatório Castanhão, no projeto está configurado com prioridade 95 (Figura 11.57).

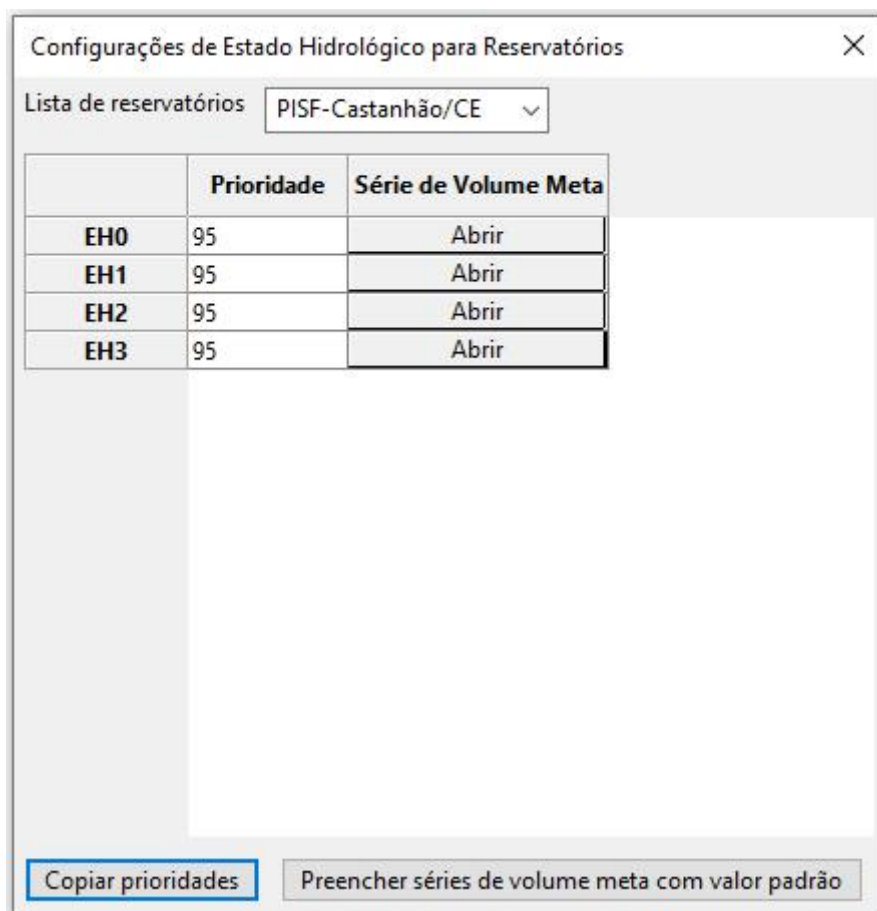


Figura 11.57 - Configuração das prioridades com valores configurados no projeto.

Após o processo, concluído uma mensagem será exibida (Figura 11.58).

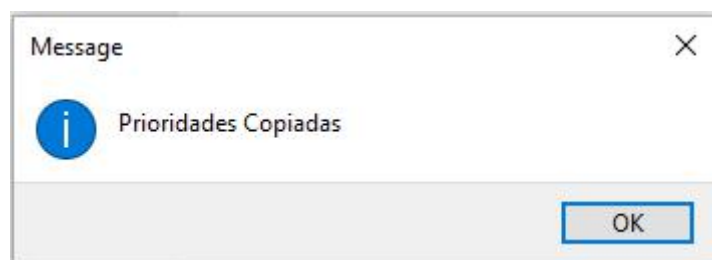


Figura 11.58 - Mensagem de aviso de prioridades a serem copiadas.

Caso o usuário queira manter a série de volume meta em cada faixa correspondente ao valor padrão, deve-se clicar em **Preencher séries de volume meta com valor padrão**. Ao clicar na função **Abrir**, tem-se a abertura da interface para o preenchimento da série de volume meta do reservatório selecionado (Figura 11.59).

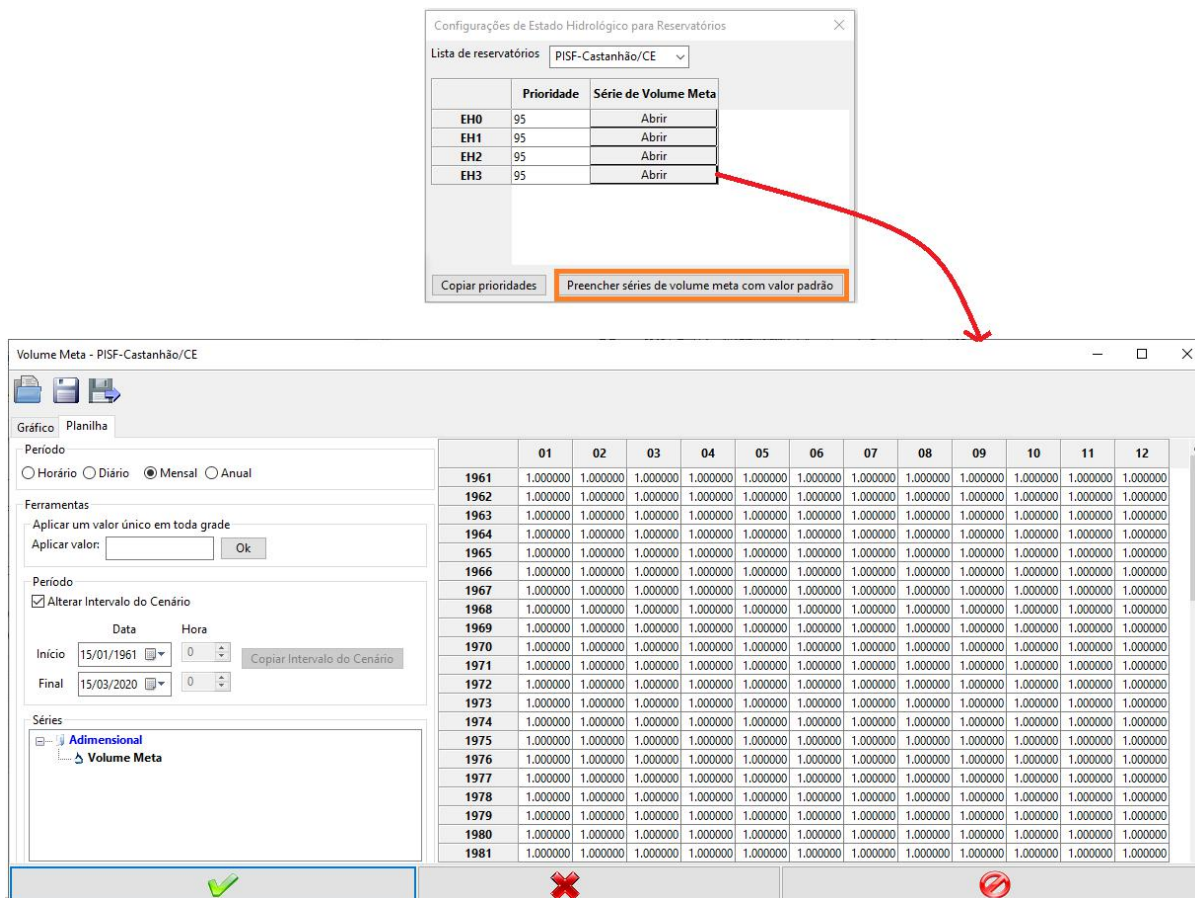


Figura 11.59 - Interface para definição dos Volumes Meta para cada faixa de cada reservatório.

Ao final do processo uma mensagem será exibida (Figura 11.60).



Figura 11.60 - Mensagem de aviso de preenchimento das séries com volume meta padrão.

11.2.2.3 Estado Hidrológico por Reservatório (EHR)

O Estado Hidrológico por Reservatório faz com que um conjunto específico de reservatórios mude sua prioridade no atendimento de seu volume meta, conforme seu volume atual e a vazão natural incremental, através de faixas de prioridades. Para configurar essa funcionalidade basta clicar no botão "Estado Hidrológico por Reservatório" presente no método de operação Otimizador (Prioridades), Figura 11.61.

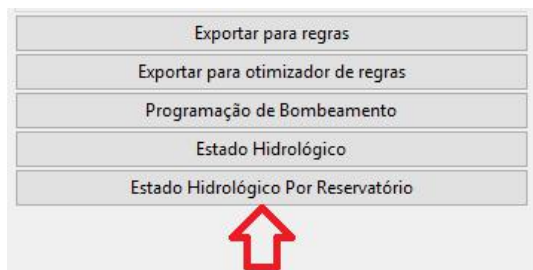


Figura 11.61 - Botão de configuração de Estado Hidrológico por Reservatório

Com isso, será aberta a janela de configuração dos estados hidrológicos, conforme mostrado abaixo:

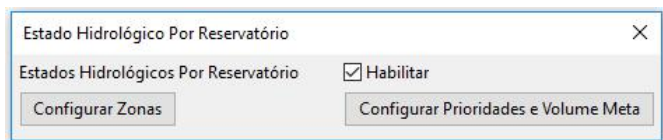


Figura 11.62 - Janela de configuração de Estado Hidrológico por Reservatórios

Na janela exibida na Figura 11.62, existem as opções de **Configurar Zonas** e **Configurar Prioridades e Volume Meta**. Na primeira opção **Configurar Zonas** o usuário poderá criar no máximo dez faixas de volume do reservatório (**quadro vermelho**) e na segunda o usuário poderá especificar as prioridades relacionadas às faixas criadas anteriormente para cada reservatório (**quadro verde**), como visto na Figura 11.63:

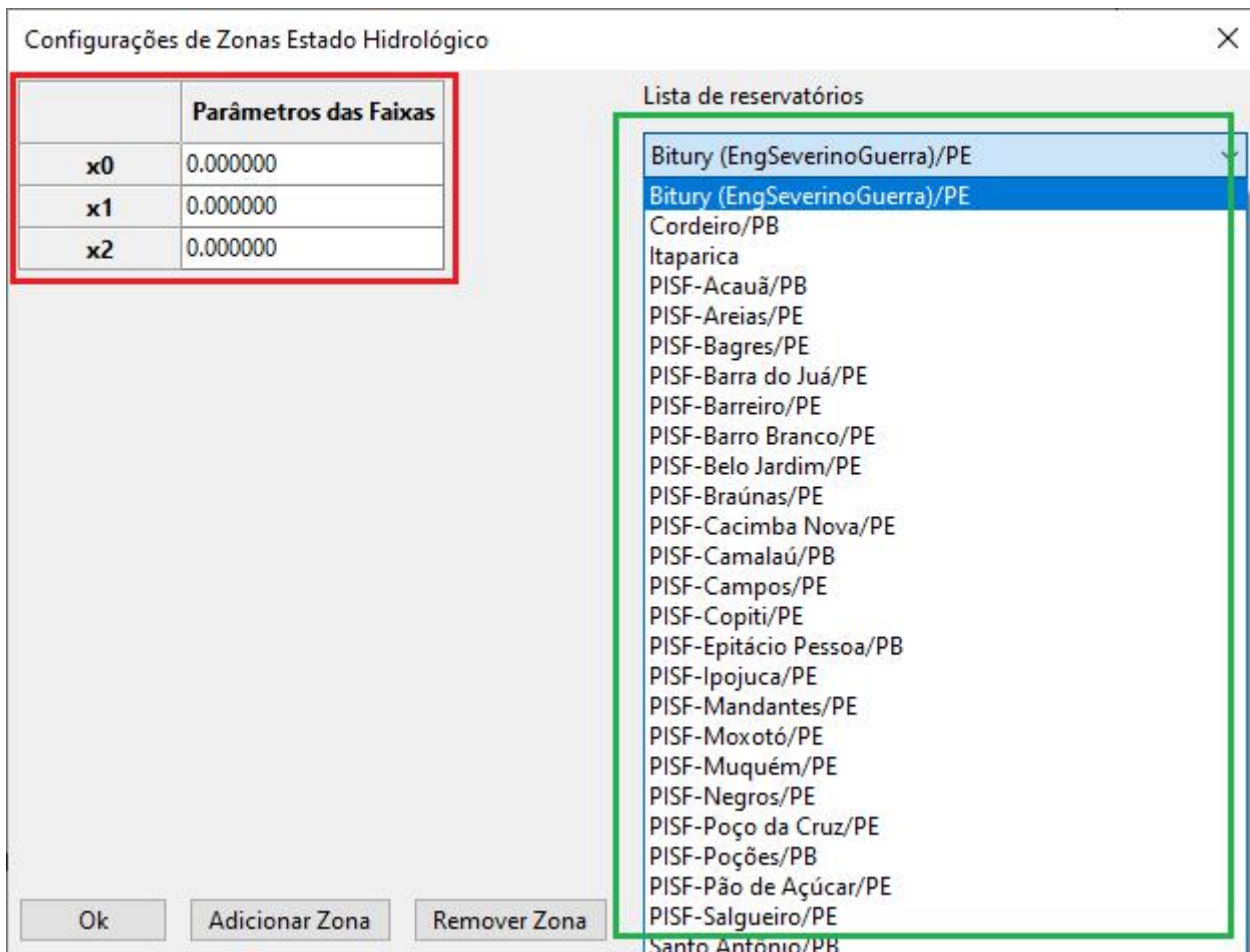


Figura 11.63 - Janelade configuração das zonas de prioridade

Nessa janela, clicando em **Adicionar Zona** uma nova zona é adicionada ao reservatório em questão. Para exemplificar, considere um cenário com dois reservatórios **R1** e **R2** que são configurados conforme mostrado abaixo (Figura 11.64):

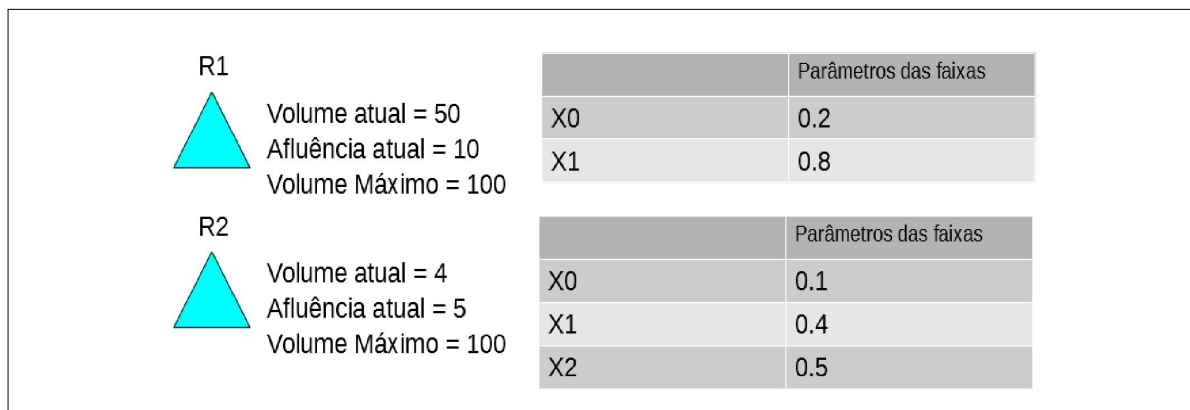


Figura 11.64 - Exemplo de configuração das zonas de prioridade

O reservatório **R1** possui dois estados hidrológicos (**EH0** e **EH1**) com faixas configuradas da seguinte maneira (Tabela 11.1 e Figura 11.64):

Tabela 11.1 - Estados hidrológicos do R1

$\text{Volume_Atual_R1} + \text{Afluência_Atual_R1} \leq 20\% \text{ do VolumeMáximo}$	EH0
$20\% \text{ do VolumeMáximo} < \text{Volume_Atual_R1} + \text{Afluência_Atual_R1} \leq 100\% \text{ do VolumeMáximo}$	EH1

Se ocorrer um valor acima de 100% do volume máximo, o reservatório é considerado no seu último estado hidrológico, no caso de **R1** estará em **EH1**.

O comportamento de **R2** segue abaixo (Tabela 11.2 e Figura 11.64):

Tabela 11.2 - Estados hidrológicos do R2

$\text{Volume_Atual_R2} + \text{Afluência_Atual_R2} \leq 10\% \text{ do Volume_Máximo}$	EH0
$10\% \text{ do Volume_Máximo} < \text{Volume_Atual_R2} + \text{Afluência_Atual_R2} \leq 50\% \text{ do Volume_Máximo}$	EH1
$50\% \text{ do Volume_Máximo} < \text{Volume_Atual_R2} + \text{Afluência_Atual_R2} \leq 100\% \text{ do Volume_Máximo}$	EH2

Considerando os valores atuais dos reservatórios **R1** e **R2**, nota-se que **R1** está em **EH1** e que **R2** está em **EH0**.

Caso o usuário configure uma faixa com valor, onde a soma, supere 1 ou 100%, uma mensagem de aviso será exibida informando ao usuário para que seja feita a correção (Figura 11.65).

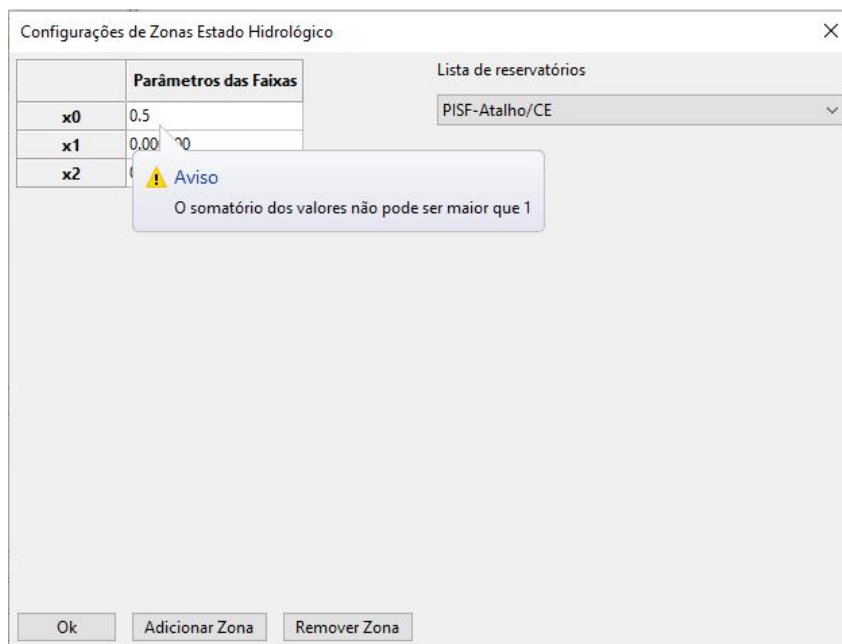


Figura 11.65 - Janela de configuração das zonas de prioridade de R1.

Clicando no botão **Configurar Prioridades e Volume Meta** (Figura 11.62), o usuário poderá configurar as prioridades de cada estado hidrológico assim como a série de volumes meta (Figura 11.66 e 11.67).

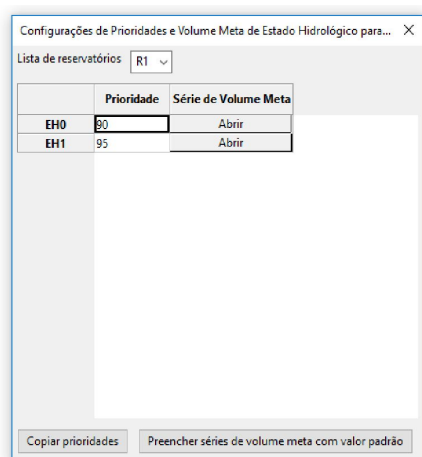


Figura 11.66 - Janela de configuração das zonas de prioridade de R1

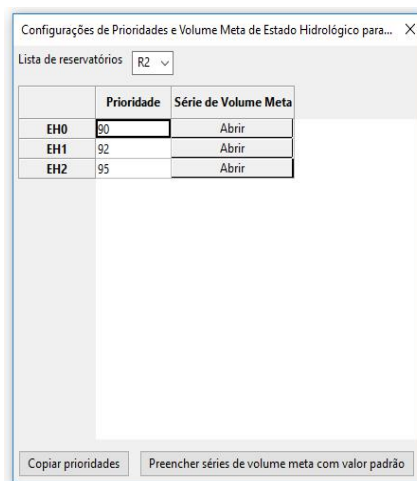


Figura 11.67 - Janela de configuração das zonas de prioridade de R2

Nessas janelas são configuradas as prioridades vinculadas a cada estado hidrológico dos reservatórios. Considerando-se que na data atual o reservatório **R1** está no estado hidrológico **EH1**, sua prioridade de atendimento do volume meta será de **95**. Já o

reservatório **R2**, estado hidrológico **EH1**, possuirá prioridade igual a **92**. Nesse contexto, existe a opção de copiar as prioridades configuradas na tela principal para copiar as séries de prioridades **Copiar prioridades**. Ele segue o mesmo comportamento das séries do EHS (citado anteriormente), as séries de prioridades do reservatório em questão, serão copiadas para a tela **Prioridades**, após o processo, concluído uma mensagem será exibida (Figura 11.68).

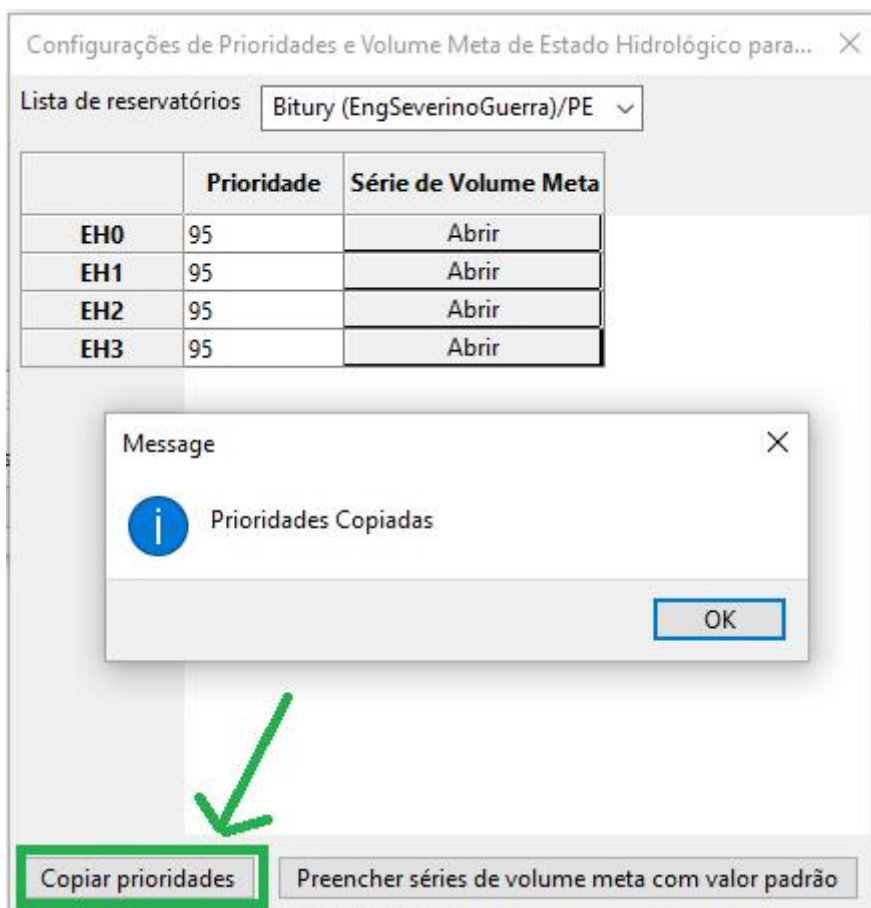


Figura 11.68 - Mensagem informando Prioridades copiadas.

Caso o usuário queira manter a série de volume meta em cada faixa correspondente ao valor padrão (1.0), deve-se clicar em **Preencher séries de volume meta com valor padrão**, seguindo mesmo procedimento como citado anteriormente para o EHS, ao final uma mensagem será exibida (Figura 11.69).

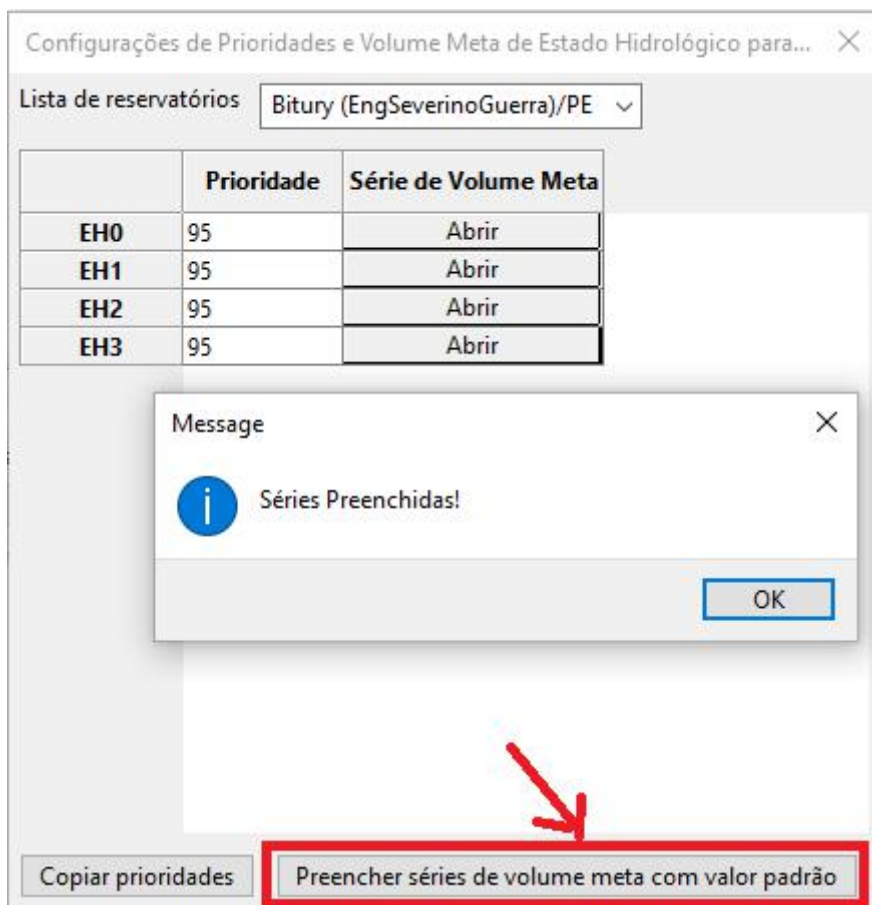


Figura 11.69 - Preenchimento da série de volume meta com valor padrão, no caso “1” ou 100%.

Diante do exposto, na execução da otimização por prioridades o volume de cada reservatório muda conforme a variabilidade da precipitação, vazão natural incremental etc, assim o estado hidrológico dos reservatórios mudará, conseqüentemente as prioridades também mudarão, o que forçará o reservatório a utilizar diferentes estratégias para atendimento de suas demandas locais e/ou de jusante.

11.2.2.4 Programação de bombeamento

Ao clicar em programação de bombeamento, será aberta uma janela assim como a Figura 11.70. Em quantidades de bombas é feito a determinação da quantidade de bombas por estação de bombeamento. Em configuração das bombas são inseridas a quantidade de horas que cada bomba funciona por dia, a média por bomba e de bombeamento por mês. Em vazão das bombas, são inseridas as vazões para cada bomba. Após a configuração, clicar em salvar (círculo azul).

Ao clicar em Avaliar (círculo vermelho), será feito uma avaliação de como o bombeamento está acontecendo após as configurações, o mesmo vale após inserir valores de custo. Esse procedimento deve ser feito, em qualquer aba, quando o usuário necessitar a avaliação das informações (resultados).

Todas informações, tanto de entrada, quanto saída, podem ser exportadas para formato CSV **Exportar para CSV**.

Programação de bombeamento

Programação das Bombas

Quantidade de bombas:

Configuração das bombas:

	Bomba 1 (horas/dia)	Bomba 2 (horas/dia)	Média por bomba (horas/dia)	Média bombeamento por mês (horas)
EB1 - T1 Sistema Construído	10	10	10.000000	300.000000
EB2 - T4 Sistema Construído	10	10	10.000000	300.000000
EB3 - T7 Sistema Construído	10	10	10.000000	300.000000

Vazão das bombas:

	Vazão da Bomba 1 (m ³ /s)	Vazão da Bomba 2 (m ³ /s)
EB1 - T1 Sistema Construído	10	10
EB2 - T4 Sistema Construído	10	10
EB3 - T7 Sistema Construído	8	8

Figura 11.70 - Interface da configuração de bombeamento.

Na aba de custo de volumes (Figura 11.71), o usuário determina um valor de custo para um determinado volume em m³.

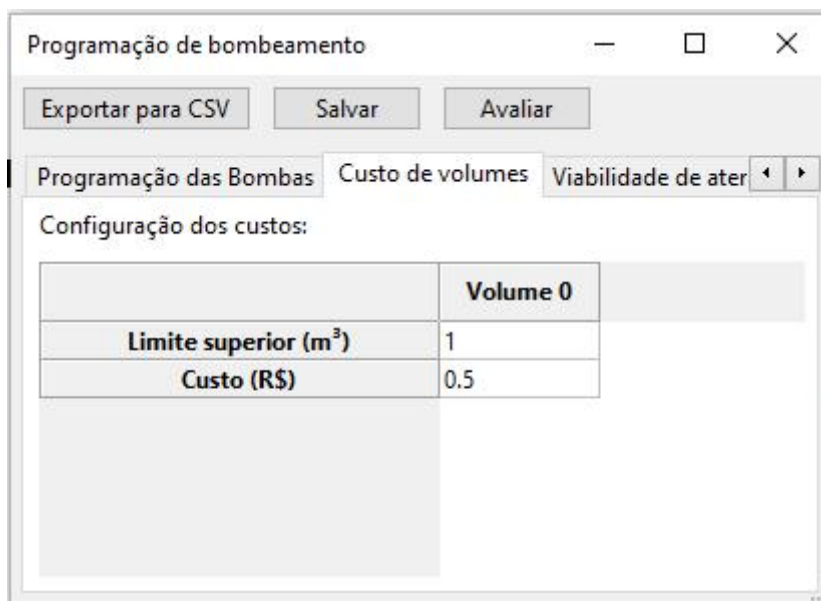


Figura 11.71 - Interface da configuração do custo do volume referente a 1 m³.

Na Figura 11.72, é mostrado a viabilidade de atendimento das bombas, mostrando para cada mês quando o bombeamento atende o que é necessário para o sistema.

	EB1 - T1 Sistema Construído	EB2 - T4 Sistema Construído	EB3 - T7 Sistema Construído
01/2019	Não Atende	Não Atende	Atende
02/2019	Não Atende	Não Atende	Atende
03/2019	Não Atende	Não Atende	Atende
04/2019	Não Atende	Não Atende	Atende
05/2019	Não Atende	Não Atende	Atende
06/2019	Não Atende	Não Atende	Atende
07/2019	Não Atende	Não Atende	Atende
08/2019	Não Atende	Não Atende	Atende
09/2019	Não Atende	Não Atende	Atende
10/2019	Não Atende	Não Atende	Atende
11/2019	Não Atende	Não Atende	Atende
12/2019	Não Atende	Não Atende	Atende

Figura 11.72 - Interface mostrando a viabilidade do bombeamento.

Na Figura 11.73, é mostrado a vazão média mensal fornecida pelas bombas. Essas são as vazões que as bombas disponibilizam de acordo com as configurações feitas anteriormente.

Programação de bombeamento

Exportar para CSV Salvar Avaliar

Custo de volumes Viabilidade de atendimento das bombas Vazão média mensal fornecível pelas bombas (m³/s) Vazão rec

	EB1 - T1 Sistema Construído	EB2 - T4 Sistema Construído	EB3 - T7 Sistema Construído
01/2019	8.333333	8.333333	6.666667
02/2019	8.333333	8.333333	6.666667
03/2019	8.333333	8.333333	6.666667
04/2019	8.333333	8.333333	6.666667
05/2019	8.333333	8.333333	6.666667
06/2019	8.333333	8.333333	6.666667
07/2019	8.333333	8.333333	6.666667
08/2019	8.333333	8.333333	6.666667
09/2019	8.333333	8.333333	6.666667
10/2019	8.333333	8.333333	6.666667
11/2019	8.333333	8.333333	6.666667
12/2019	8.333333	8.333333	6.666667

Figura 11.73 - Vazão média fornecida pelas estações de bombeamento em (m³/s).

A vazão requerida pela simulação, é mostrada na Figura 11.74, nessa aba encontram-se as vazões necessárias para o funcionamento de acordo com a simulação do SIGA. A verificação da vazão necessária simulada e da vazão de bombeamento permite que seja buscado configurações de bombeamento que aproxime esses dois fatores.

Programação de bombeamento

Exportar para CSV Salvar Avaliar

Vazão média mensal fornecível pelas bombas (m³/s) Vazão requerida pela simulação (m³/s) Preços estimados de bombeam

	EB1 - T1 Sistema Construído	EB2 - T4 Sistema Construído	EB3 - T7 Sistema Construído
01/2019	24.750000	20.249500	5.942340
02/2019	24.750000	20.290300	6.023430
03/2019	24.750000	20.322000	6.086500
04/2019	24.750000	20.335600	6.113530
05/2019	24.750000	20.326500	6.095510
06/2019	24.750000	20.326500	6.095510
07/2019	24.750000	20.303900	6.050460
08/2019	24.750000	20.281200	6.005410
09/2019	24.750000	20.254100	5.951350
10/2019	24.750000	20.240500	5.924320
11/2019	24.750000	20.231400	5.906300
12/2019	24.750000	20.231400	5.906300

Figura 11.74 - Vazão requerida pela simulação por estação de bombeamento em (m³/s).

O usuário obterá também os preços estimados de bombeamento (Figura 11.75) de acordo com as vazões de bombeamento calculadas após as configurações (Figura 11.71) e os

preços estimados de simulação, valores que são determinados a partir de vazões que a simulação do sistema considerou necessária, basta clicar em **Avaliar**.

	EB1 - T1 Sistema Construído	EB2 - T4 Sistema Construído	EB3 - T7 Sistema Construído
01/2019	11160000.000000	11160000.000000	8928000.000000
02/2019	10080000.000000	10080000.000000	8064000.000000
03/2019	11160000.000000	11160000.000000	8928000.000000
04/2019	10800000.000000	10800000.000000	8640000.000000
05/2019	11160000.000000	11160000.000000	8928000.000000
06/2019	10800000.000000	10800000.000000	8640000.000000
07/2019	11160000.000000	11160000.000000	8928000.000000
08/2019	11160000.000000	11160000.000000	8928000.000000
09/2019	10800000.000000	10800000.000000	8640000.000000
10/2019	11160000.000000	11160000.000000	8928000.000000
11/2019	10800000.000000	10800000.000000	8640000.000000
12/2019	11160000.000000	11160000.000000	8928000.000000

Figura 11.75 - Valores estimados do bombeamento em função do preço do m³ configurado, referente ao que pode ser atendido em (R\$).

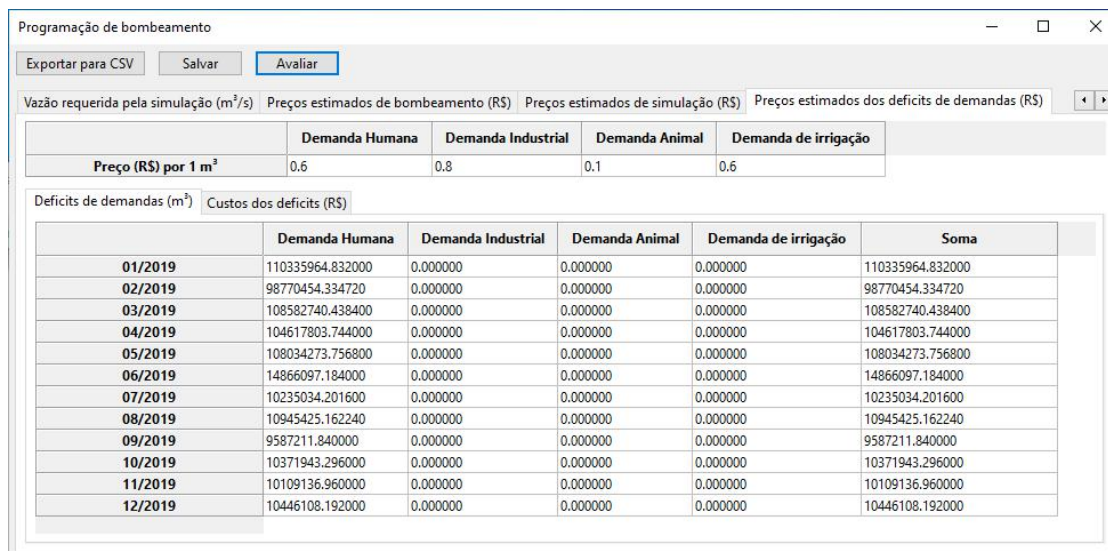
Na aba da Figura 11.76 é possível verificar o preço estimado da simulação, pelo que é demandado pelo sistema. Assim, esse valor apresentado corresponde total demandado pelas demandas alocadas no sistema.

	EB1 - T1 Sistema Construído	EB2 - T4 Sistema Construído	EB3 - T7 Sistema Construído
01/2019	33145200.000000	27118130.400000	7957981.728000
02/2019	29937600.000000	24543146.880000	7285940.928000
03/2019	33145200.000000	27215222.400000	8151040.800000
04/2019	32076000.000000	26354937.600000	7923134.880000
05/2019	33145200.000000	27221248.800000	8163106.992000
06/2019	32076000.000000	26343144.000000	7899780.960000
07/2019	33145200.000000	27190982.880000	8102776.032000
08/2019	33145200.000000	27160583.040000	8042445.072000
09/2019	32076000.000000	26249313.600000	7712949.600000
10/2019	33145200.000000	27106077.600000	7933849.344000
11/2019	32076000.000000	26219894.400000	7654564.800000
12/2019	33145200.000000	27093890.880000	7909716.960000

Figura 11.76 - Valores estimados do bombeamento em função do preço do m³ configurado referente a vazão total demandada em (R\$).

Na aba de preços estimados de demandas (Figura 11.77) são definidos um preço por m³ para cada demanda, como mostrado abaixo.

Após clicar em **Avaliar**, serão exibidos os déficits nas demandas (m³), caso tenham ocorrido (Figura 11.78), além dos custos dos déficits (Figura 11.77).

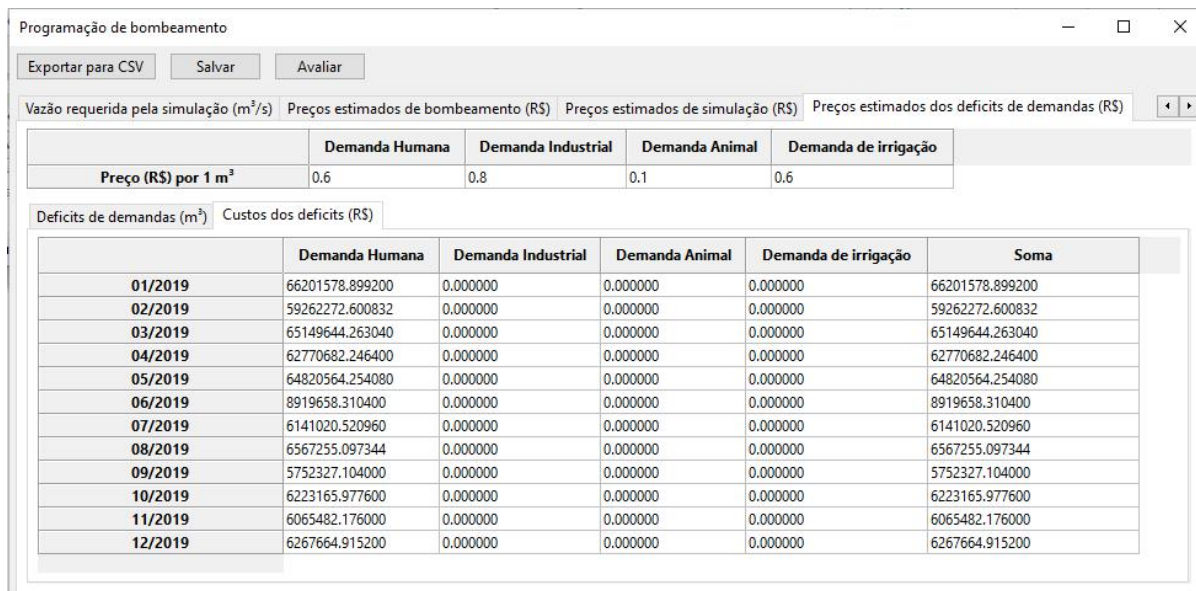


	Demanda Humana	Demanda Industrial	Demanda Animal	Demanda de irrigação
Preço (R\$) por 1 m³	0,6	0,8	0,1	0,6

	Demanda Humana	Demanda Industrial	Demanda Animal	Demanda de irrigação	Soma
01/2019	110335964.832000	0.000000	0.000000	0.000000	110335964.832000
02/2019	98770454.334720	0.000000	0.000000	0.000000	98770454.334720
03/2019	108582740.438400	0.000000	0.000000	0.000000	108582740.438400
04/2019	104617803.744000	0.000000	0.000000	0.000000	104617803.744000
05/2019	108034273.756800	0.000000	0.000000	0.000000	108034273.756800
06/2019	14866097.184000	0.000000	0.000000	0.000000	14866097.184000
07/2019	10235034.201600	0.000000	0.000000	0.000000	10235034.201600
08/2019	10945425.162240	0.000000	0.000000	0.000000	10945425.162240
09/2019	9587211.840000	0.000000	0.000000	0.000000	9587211.840000
10/2019	10371943.296000	0.000000	0.000000	0.000000	10371943.296000
11/2019	10109136.960000	0.000000	0.000000	0.000000	10109136.960000
12/2019	10446108.192000	0.000000	0.000000	0.000000	10446108.192000

Figura 11.77 - Volume de déficits por tipo de demanda em (m³).


No momento em que uma demanda não é atendida, são calculados os custos que essa falha ocasionará, ou seja, custos dos déficits (Figura 11.78).



	Demanda Humana	Demanda Industrial	Demanda Animal	Demanda de irrigação
Preço (R\$) por 1 m³	0,6	0,8	0,1	0,6

	Demanda Humana	Demanda Industrial	Demanda Animal	Demanda de irrigação	Soma
01/2019	66201578.899200	0.000000	0.000000	0.000000	66201578.899200
02/2019	59262272.600832	0.000000	0.000000	0.000000	59262272.600832
03/2019	65149644.263040	0.000000	0.000000	0.000000	65149644.263040
04/2019	62770682.246400	0.000000	0.000000	0.000000	62770682.246400
05/2019	64820564.254080	0.000000	0.000000	0.000000	64820564.254080
06/2019	8919658.310400	0.000000	0.000000	0.000000	8919658.310400
07/2019	6141020.520960	0.000000	0.000000	0.000000	6141020.520960
08/2019	6567255.097344	0.000000	0.000000	0.000000	6567255.097344
09/2019	5752327.104000	0.000000	0.000000	0.000000	5752327.104000
10/2019	6223165.977600	0.000000	0.000000	0.000000	6223165.977600
11/2019	6065482.176000	0.000000	0.000000	0.000000	6065482.176000
12/2019	6267664.915200	0.000000	0.000000	0.000000	6267664.915200

Figura 11.78 - Custo de déficits por tipo de demanda (R\$).

Outra forma de calcular o custo de bombeamento, primeiramente clica no elemento bombeamento  L3, onde através da opção **Configurar Custo** na tela principal do SIGA, preenche-se valor do m³/s, e o quanto deve ser cobrado mensalmente. Sendo assim,

é possível calcular o quanto custará o bombeamento ao longo do ano, como mostrado na Figura 11.79.

Nota: Devem ser preenchidas pelo menos duas linhas, para o modelo possa interpolar os valores, para assim gerar os custos para qualquer valor de vazão na simulação.

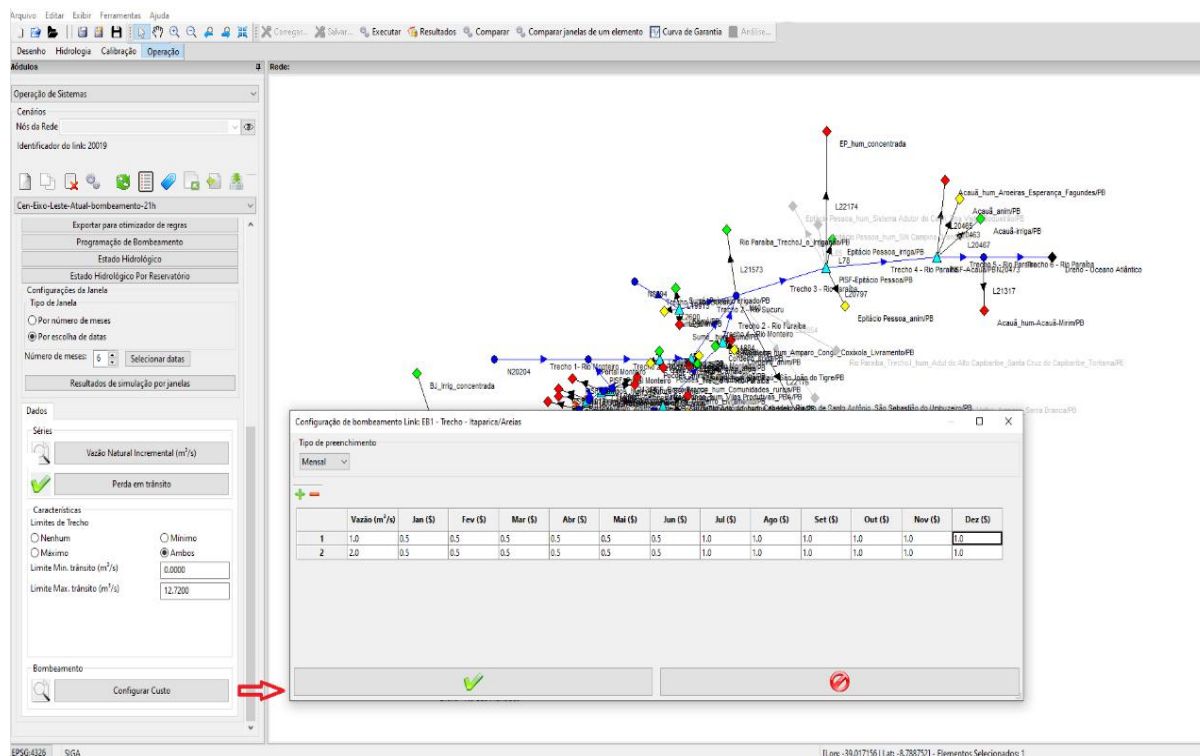


Figura 11.79 - Custo de bombeamento (R\$).

11.2.2.5 Visualização dos resultados

11.2.2.5.1 Resultados obtidos pela Simulação do Otimizador (Prioridades) – Método de Simulação Contínuo

Para visualizar os resultados (Figura 11.80), após execução do cenário, o usuário pode verificar através dos **dados globais** ou de forma **individual** para cada elemento da rede. De forma individual, primeiro deve-se selecionar o elemento desejado e depois pode-se clicar em resultados na barra de ferramentas ou clicar **duas vezes** com o botão esquerdo sobre o elemento.

Na janela de resultados será apresentada uma planilha com todos os resultados, como por exemplo, volume inicial e final, vazões controladas e não controladas a montante, liberações, vertimentos, dentre outros. Nessa mesma tela é possível acessar informações via gráfico, além do resumo estatístico (ao clicar em **Mais Dados**), ao qual serão apresentados logo adiante. O mesmo procedimento pode ser feito para os outros elementos, como a demanda, junção e trecho.

As imagens a seguir têm como objetivo demonstrar como são exibidos os resultados de cada elemento associada no desenho de rede ao modelo de execução selecionado. Como

podemos ver na Figura 11.80, é possível que o resultado de cada nó seja exibido de três formas possíveis.

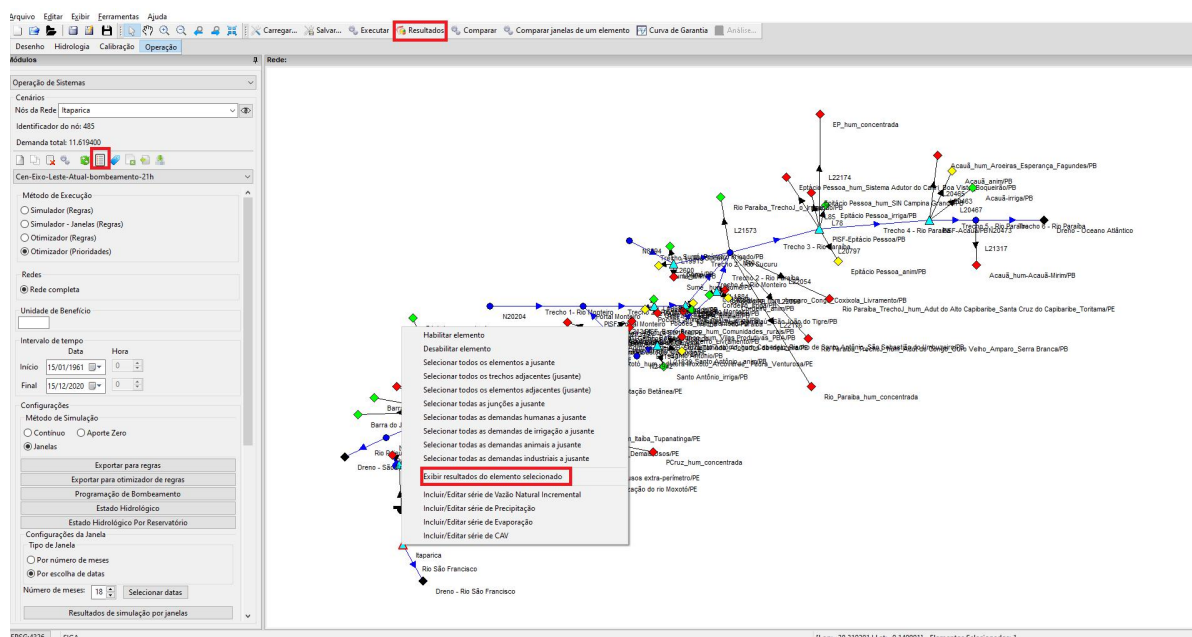



Figura 11.80 - Formas de acessar os resultados da simulação.

Resultados via dados globais

A primeira forma de observar os resultados é através da utilização do ícone  chamado de **Configuração de Dados Globais da Rede**, onde é possível selecionar através de uma lista, o nó desejado e observar as informações incluídas para aquele nó ou trecho e até mesmo o resultado gerado pela simulação (Figura 11.81).

- O quadro em vermelho mostra as abas que dão acesso a todos os tipos de elementos que compõem o desenho de rede;
- O quadro azul apresenta a lista de elementos nos quais queremos ver as informações características da simulação;
- O quadro amarelo exhibe os principais resultados de cada elemento. Nesse campo é possível marcar a quantidade de elementos que se pretende exibir os resultados, ou caso necessário, pode utilizar a opção **Selecionar Todos**;
- No quadro verde é possível acessar a tabela/gráfico que possuem os resultados dos nós selecionados no quadro azul (em todas as abas).

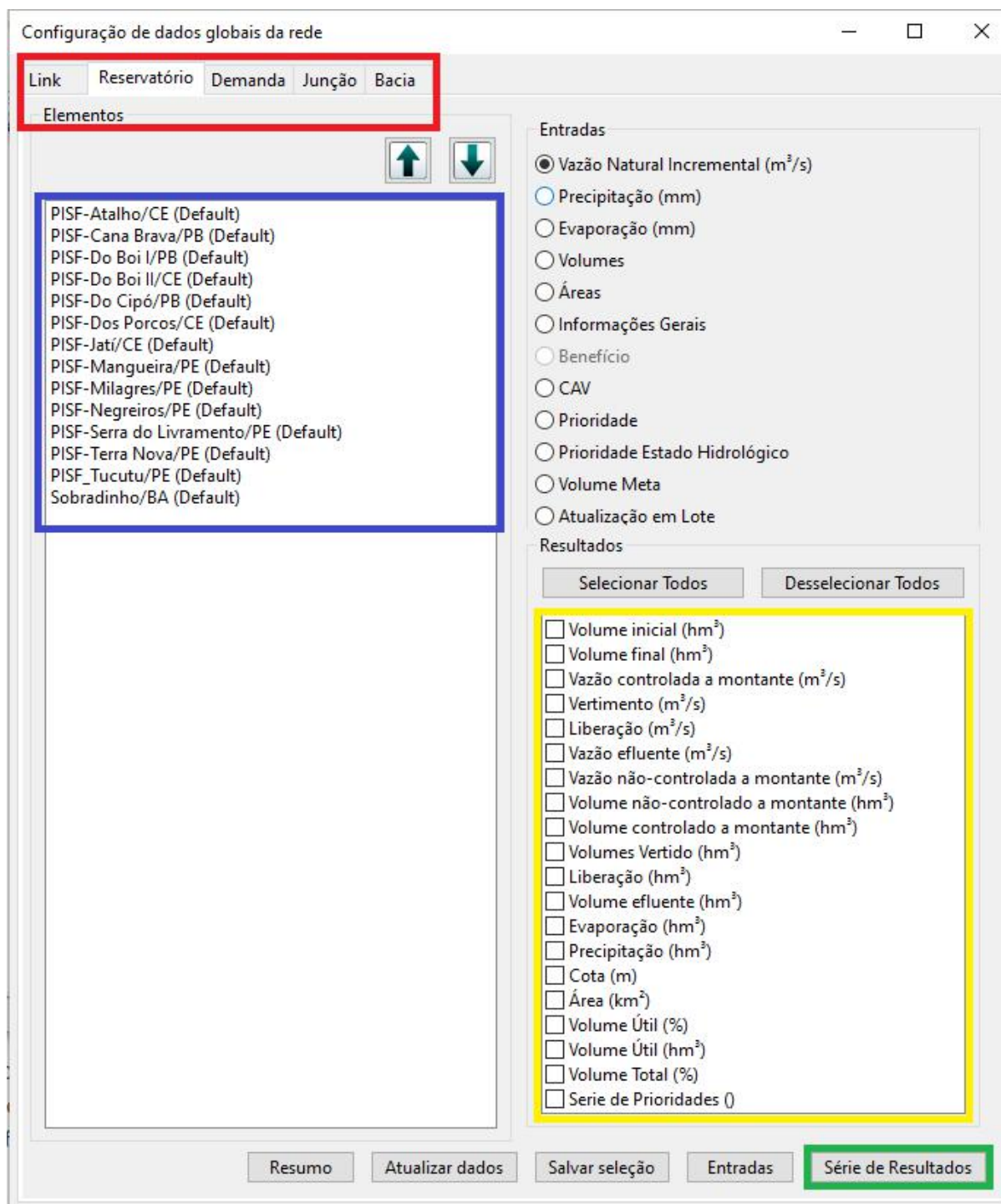


Figura 11.81 - Interface para exibição dos resultados, assim como dados de entrada.

Abaixo, as Figuras 11.82 e 11.83 ilustram como serão exibidos os resultados de um ou mais elementos selecionados, exemplo, volumes iniciais.

Resultados

Exportar Tabela

Valores das Séries Gráficos

Configurações do Intervalo
Data Hora
Início 15/01/2000 0
Final 15/12/2001 0
Modo de Edição
 Série Completa
Aplicar

	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Volume inicial hm ³	Cordeiro/PB Volume inicial hm ³	PISF-Areias/PE Volume inicial hm ³	PISF-Bagres/PE Volume inicial hm ³	PISF-Barra do Juá/PE Volume inicial hm ³	PISF-Barreiro/PE Volume inicial hm ³
01/2000	0.130	1.530	7.736	2.250	30.000	4.900
02/2000	0.130	1.530	7.736	2.250	28.013	4.900
03/2000	0.115	1.530	7.736	2.250	27.130	4.900
04/2000	0.130	1.530	7.736	2.250	26.426	4.900
05/2000	0.130	3.928	7.736	2.250	30.059	4.900
06/2000	0.130	2.169	7.736	2.250	31.739	4.900
07/2000	0.182	1.530	7.736	2.250	30.264	4.900
08/2000	1.466	1.530	7.736	2.250	28.444	4.900
09/2000	4.660	1.530	7.736	2.250	26.427	4.900
10/2000	4.505	1.530	7.736	2.250	24.292	4.900
11/2000	3.486	1.530	7.736	2.250	21.962	4.900
12/2000	2.511	1.530	7.736	2.250	19.834	4.900
01/2001	1.656	8.943	7.736	2.250	18.018	4.900
02/2001	0.725	6.177	7.736	2.250	15.998	4.900
03/2001	0.130	3.620	7.736	2.250	14.348	4.900
04/2001	0.130	6.950	7.736	2.250	16.096	4.900
05/2001	0.130	6.379	7.736	2.250	15.663	4.900
06/2001	0.130	3.631	7.736	2.250	14.078	4.900
07/2001	0.266	8.701	7.736	2.250	12.693	4.900
08/2001	0.722	12.946	7.736	2.250	11.248	4.900
09/2001	0.802	10.047	7.523	2.157	9.686	4.743
10/2001	0.130	7.265	7.252	2.034	8.103	4.574
11/2001	0.130	8.110	7.031	1.929	6.511	4.429
12/2001	0.110	5.252	6.739	1.799	5.009	4.253

Figura 11.82 - Resultados tabular das séries de volume inicial dos reservatórios.

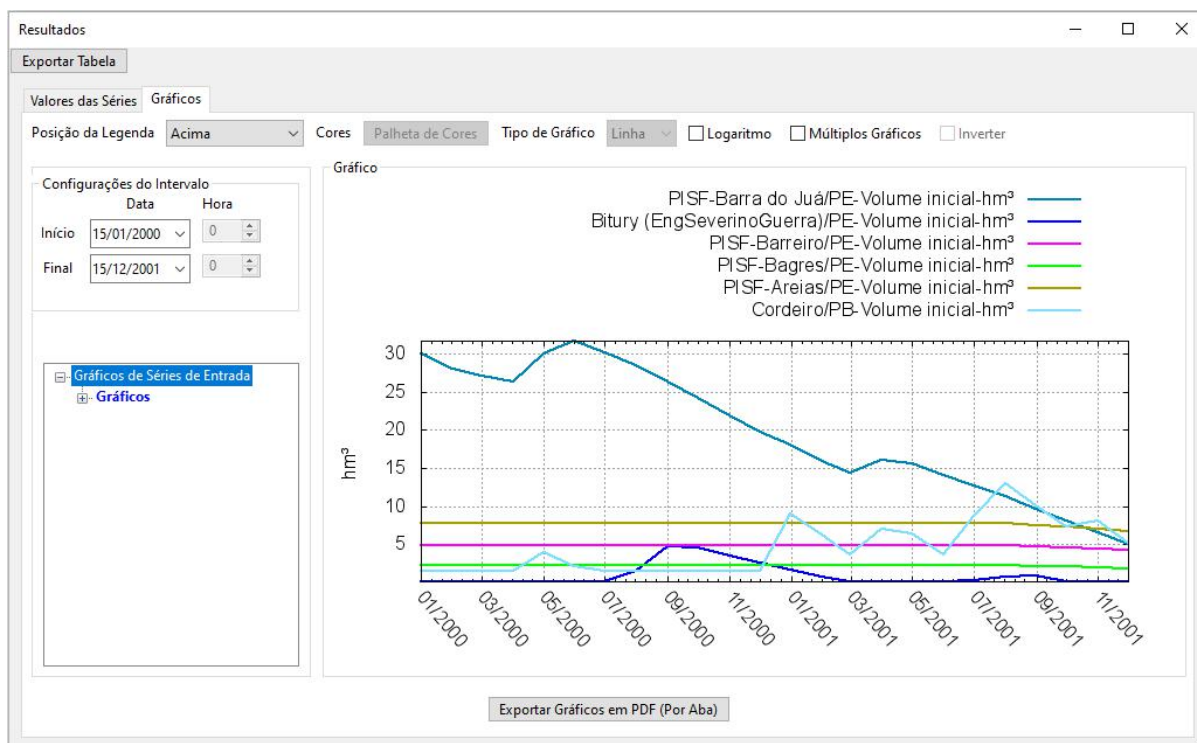


Figura 11.83 - Resultados gráficos das séries de volume inicial dos reservatórios.

Ainda na aba de gráfico, na janela de exibição, é possível que os resultados sejam selecionados e exibidos em conjunto ou separadamente, por exemplo, com séries

apresentando unidades diferentes (hm^3 e m^3/s , km^2 , m), para isso basta clicar em **Múltiplos Gráficos** (Figura 11.84). Ao final, os gráficos podem ser exportados em arquivos de formato *.PDF*, basta clicar em **Exportar Gráficos em PDF (Por Aba)**. Caso haja necessidade de exportar no formato CSV todas as informações contidas nas planilhas de resultados, basta clicar em **Exportar Tabela**.

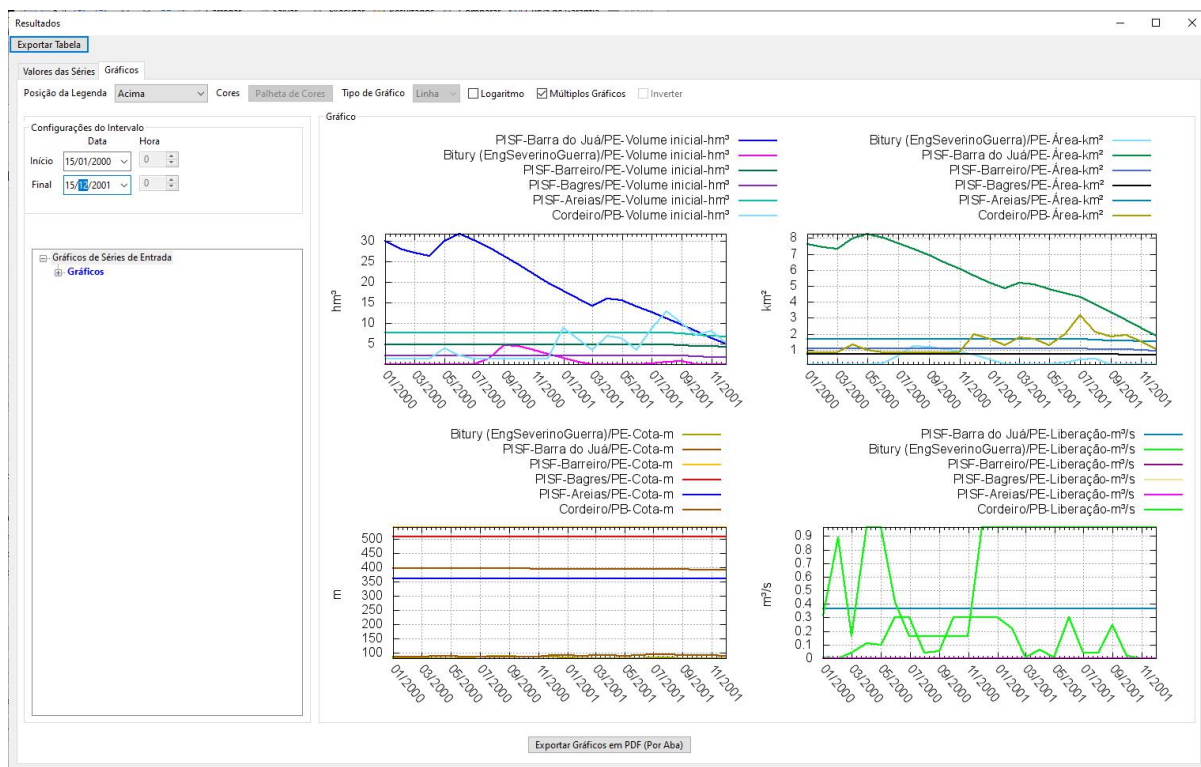


Figura 11.84 - Resultados com exibição de múltiplos gráficos (diferentes unidades).

Caso não seja possível a visualização de alguma informação no eixo vertical (eixo y), existe a opção de exibição na escala logarítmica (Figura 11.85).

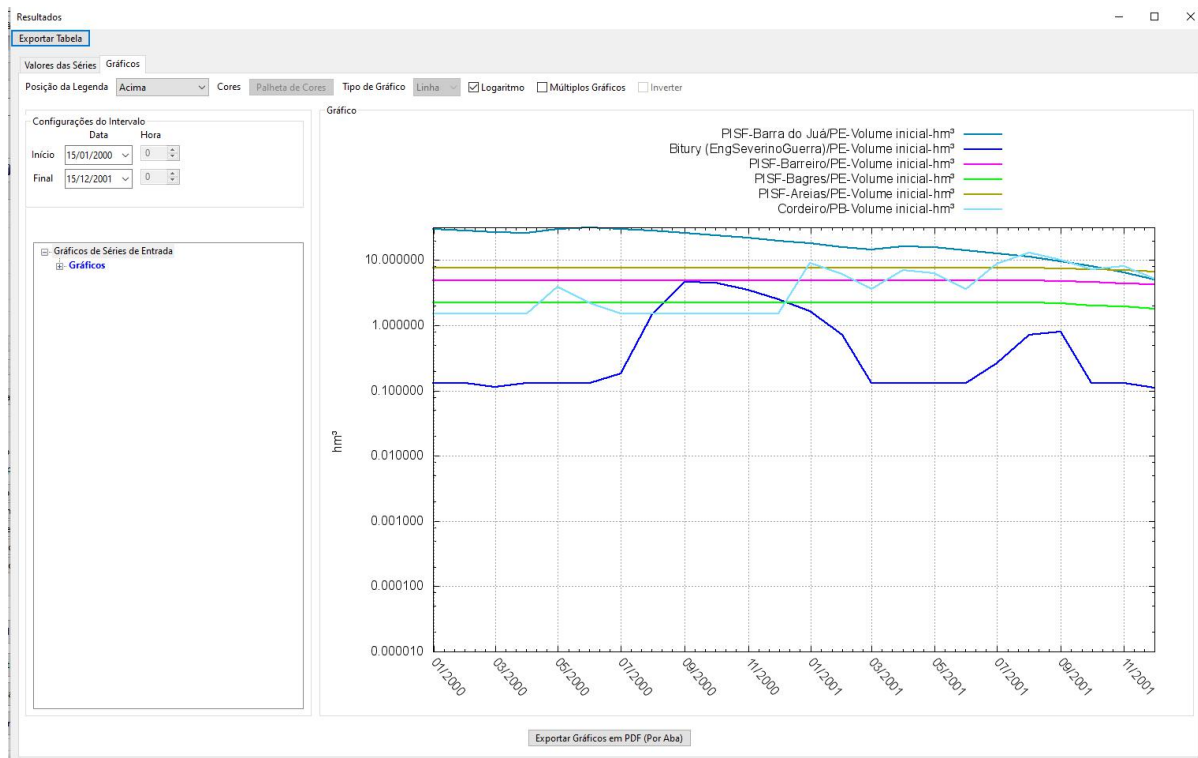


Figura 11.85 - Resultados com exibição na escala logarítmica.

Caso o usuário necessite alterar alguma configuração de exibição no gráfico, tais como: mudar a posição da legenda, a cor do elemento, a forma de exibição do elemento, mudança de intervalo (**quadro verde**). No **quadro vermelho** é exibida uma lista de série de resultados do elemento da rede. Tal lista pode ser ativada ou desativada com um duplo clique, isto fará com que o gráfico correspondente seja exibido ou ocultado, como visto na Figura 11.86.

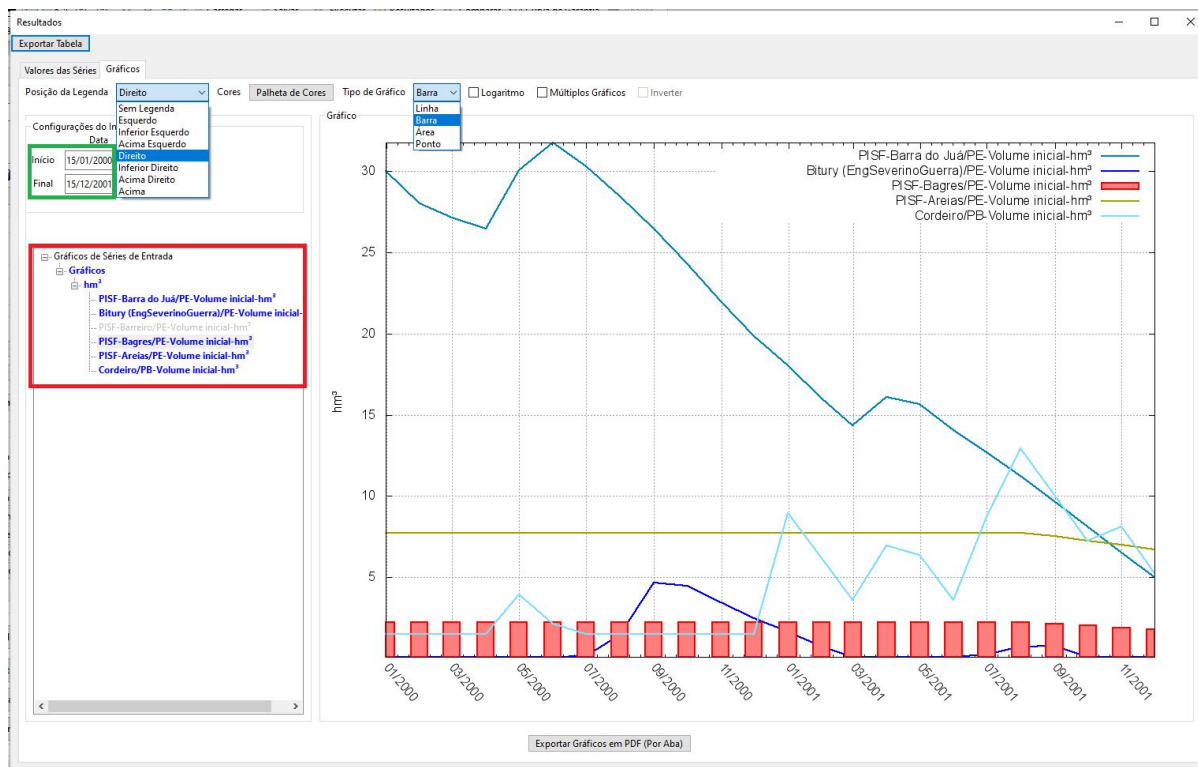


Figura 11.86 - Configuração de mudança na exibição das informações no gráfico.

Estatísticas dos elementos (reservatórios, junções, trechos e demandas)

O acesso dos resultados através dos dados globais permite que mais elementos da rede sejam selecionados e assim, de posse dessa seleção, é possível ter acesso a um quadro de estatísticas que é calculado através dos seguintes passos:

- Acessar os dados globais, selecionar os elementos e os resultados que se deseja, então clicar em série de resultados;
- Selecionar os elementos de uma coluna, linha ou toda a planilha. Então, após clicar com o **botão direito**, aparecerá o nome **Estatísticas** e ao clicar aparecerá os dados de acordo com o(s) elemento(s), como mostrado a seguir. Por exemplo, a estatística das Demandas, para os **dados em colunas** (Figura 11.87) e para os **dados em linhas** (Figura 11.88).

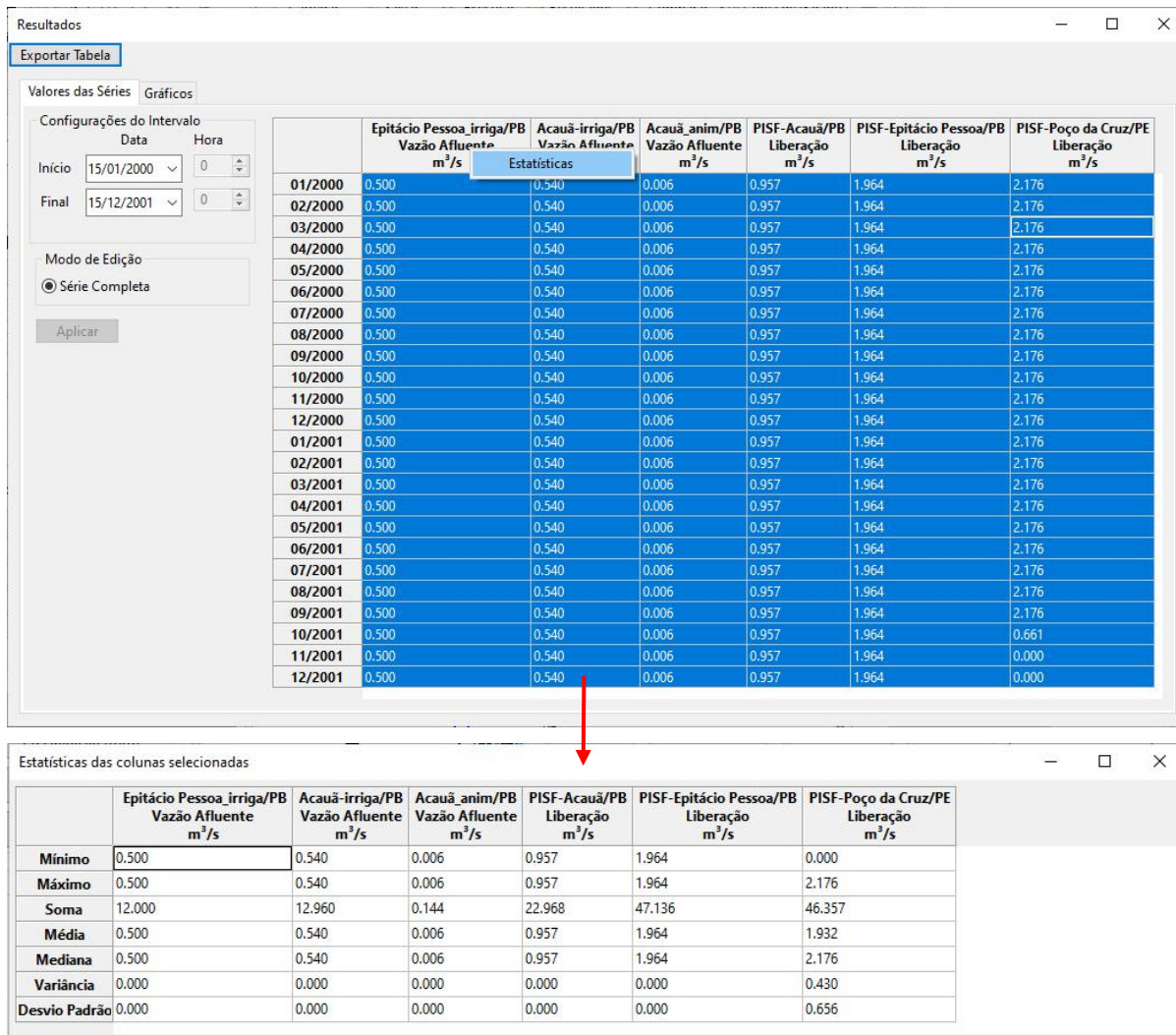


Figura 11.87 - Estatística das demandas, informações em colunas.

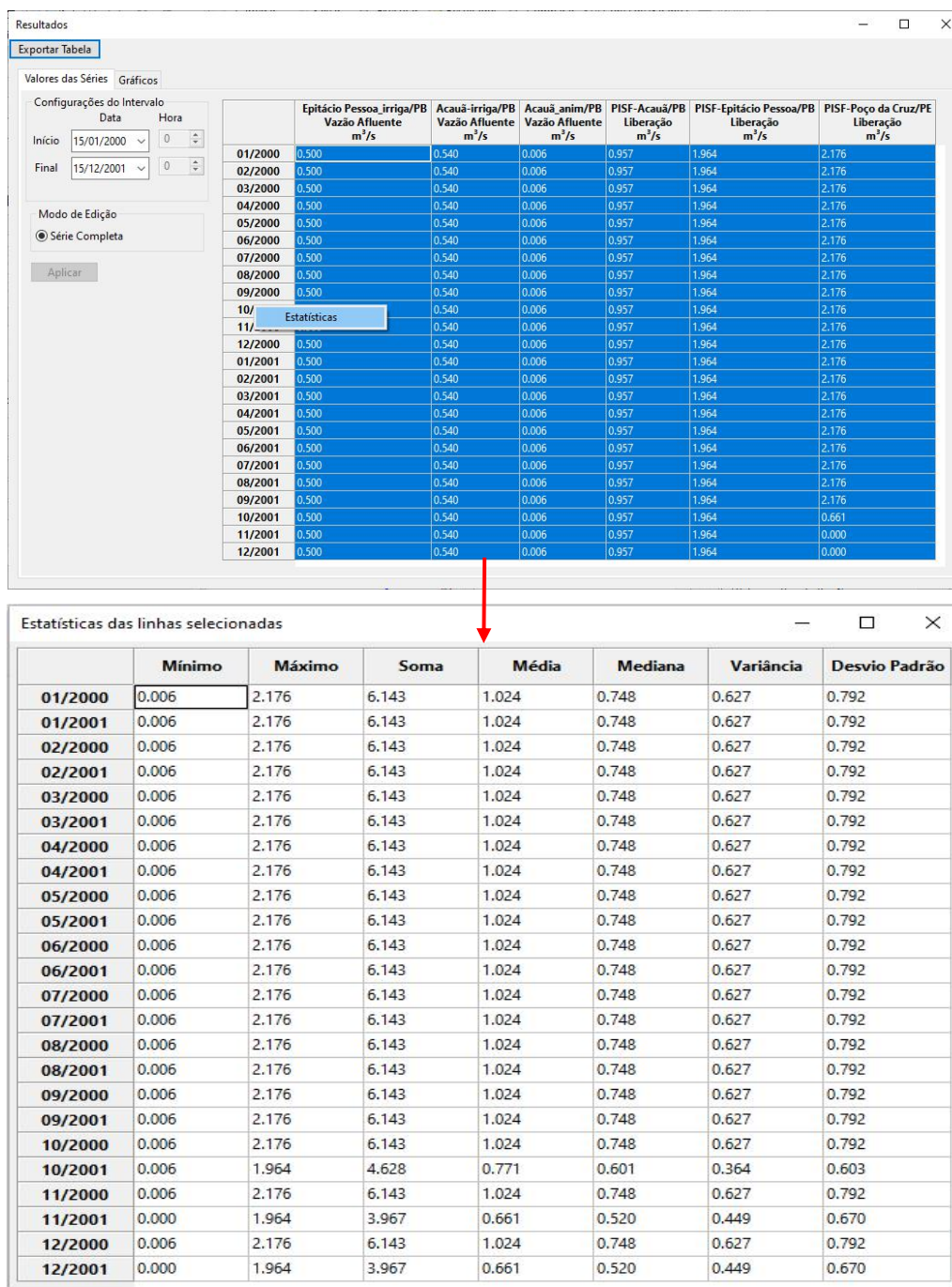


Figura 11.88 - Estatística das demandas, informações em linhas.

A segunda forma de exibirmos os resultados é clicando com o botão direito do mouse em cima do nó desejado no módulo Operação de Sistemas, como no exemplo apresentado na seguinte imagem (Figura 11.89).

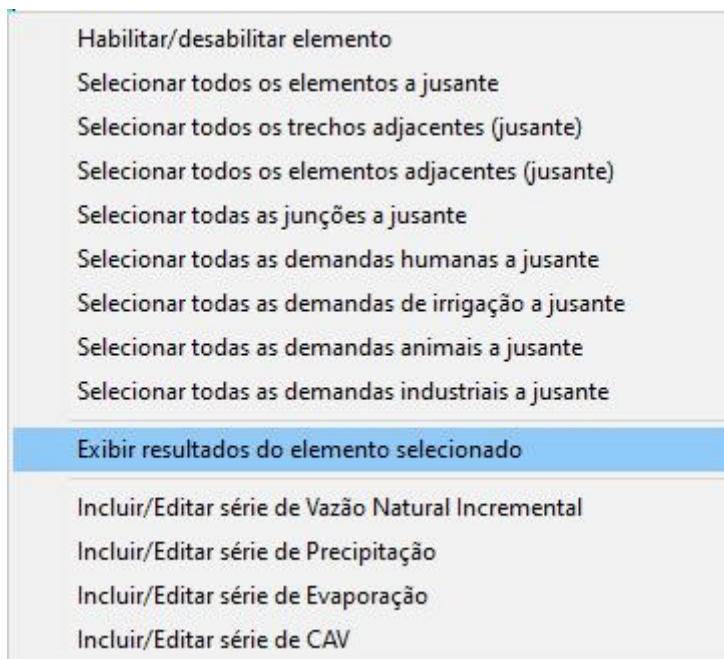


Figura 11.89 - Forma de exibir os resultados usando o botão direito do mouse.

Resultados via duplo clique no elemento ou com o botão direito do mouse

➤ Quando o elemento for Reservatório

Os resultados serão exibidos seguindo a sequência como mostrado abaixo (Figura 11.90).

Operação de Reservatório/Simulação/PISF-Barro Branco/PE

Gráfico Planilha Mais Dados

Período
 Horário Diário Mensal Anual

Ferramentas
 Aplicar um valor único em toda grade
 Aplicar valor: Ok

Período
 Data Hora
 Início 15/01/2010 0 0 Copiar Intervalo do Cenário
 Final 15/12/2019 0 0

Séries
 hm³
 Volume inicial
 Volume final
 Volume não-controlado a montante
 Volume controlado a montante
 Vertimento
 Liberação
 Volume efluente
 Evaporação
 Precipitação
 Volume Útil

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Volume inicial hm ³	Volume final hm ³	Vazão não-controlada a montante m ³ /s	Vazão controlada a montante m ³ /s	Vertimento m ³ /s	Liberação m ³ /s	Vazão efluente m ³ /s	Precipitação mm	Evaporação mm	Volume não-controlado a montante hm ³	Volume controlado a montante hm ³
01/2010	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.936753744	5.933463533	0.000000000	5.933463533	103.1	173.6	0.000000000	15.901001228
02/2010	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.548970642	5.545999618	0.000000000	5.545999618	76.9	134.4	0.000000000	13.424069777
03/2010	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.695275963	5.690926351	0.000000000	5.690926351	24.6	117.8	0.000000000	15.254227139
04/2010	0.504999999	0.504999999	0.010000000	4.691307836	4.706294333	0.000000000	4.706294333	217.4	114.0	0.025920000	12.159869912
05/2010	0.504999999	0.504999999	0.010000000	5.201485309	5.206421652	0.000000000	5.206421652	0.0	108.5	0.026784000	13.931658252
06/2010	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.176047997	5.175011152	0.000000000	5.175011152	86.5	108.0	0.000000000	13.416316407
07/2010	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.041193841	5.035803496	0.000000000	5.035803496	5.4	120.9	0.000000000	13.502333584
08/2010	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.308409874	5.301610105	0.000000000	5.301610105	0.0	145.7	0.000000000	14.218045005
09/2010	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.568972121	5.561304297	0.000000000	5.561304297	0.0	159.0	0.000000000	14.434775738
10/2010	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.501170317	5.495929315	0.000000000	5.495929315	64.4	176.7	0.000000000	14.734335478
11/2010	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.664287138	5.655895935	0.000000000	5.655895935	0.0	174.0	0.000000000	14.681832263
12/2010	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.610640666	5.604522274	0.000000000	5.604522274	51.8	182.9	0.000000000	15.027539959
01/2011	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.375680181	5.374308093	0.000000000	5.374308093	144.2	173.6	0.000000000	14.398221797
02/2011	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.295660412	5.290539917	0.000000000	5.290539917	35.3	134.4	0.000000000	15.074245120
03/2011	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.493721510	5.490986668	0.000000000	5.490986668	59.2	117.8	0.000000000	14.714383692
04/2011	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.438214200	5.437504869	0.000000000	5.437504869	86.7	114.0	0.000000000	14.097425120
05/2011	0.504999999	0.504999999	0.010000000	4.881629040	4.892431758	0.000000000	4.892431758	125.7	108.5	0.026784000	13.074958252
06/2011	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.160871163	5.155662829	0.000000000	5.155662829	0.0	108.0	0.000000000	13.076978054
07/2011	0.504999999	0.504999999	0.000000000	5.483054370	5.477916041	0.000000000	5.477916041	10.8	120.9	0.000000000	14.685812825
08/2011	0.504999999	0.486787495	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.0	145.7	0.000000000	0.000000000
09/2011	0.486787495	0.467526845	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.0	159.0	0.000000000	0.000000000
10/2011	0.467526845	0.448014617	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	10.0	176.7	0.000000000	0.000000000

Operação de Reservatório/Simulação/PISF-Barro Branco/PE

Gráfico Planilha Mais Dados

Período
 Horário Diário Mensal Anual

Ferramentas
 Aplicar um valor único em toda grade
 Aplicar valor: Ok

Período
 Data Hora
 Início 15/01/2010 0 0 Copiar Intervalo do Cenário
 Final 15/12/2019 0 0

Séries
 hm³
 Volume inicial
 Volume final
 Volume não-controlado a montante
 Volume controlado a montante
 Vertimento
 Liberação
 Volume efluente
 Evaporação
 Precipitação
 Volume Útil

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	Vertimento hm ³	Liberação hm ³	Volume efluente hm ³	Evaporação hm ³	Área km ²	Precipitação hm ³	Cota m	Volume Útil hm ³	Volume Útil %	Volume Total %	Prioridades
01/2010	15.892188728	0.000000000	15.892188728	0.021700000	0.125000000	0.012887500	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
02/2010	13.416882277	0.000000000	13.416882277	0.016800000	0.125000000	0.009612500	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
03/2010	15.242577139	0.000000000	15.242577139	0.014725000	0.125000000	0.003075000	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
04/2010	12.198714912	0.000000000	12.198714912	0.014250000	0.125000000	0.027175000	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
05/2010	13.944879752	0.000000000	13.944879752	0.013562500	0.125000000	0.000000000	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
06/2010	13.413628907	0.000000000	13.413628907	0.013500000	0.125000000	0.010812500	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
07/2010	13.487896084	0.000000000	13.487896084	0.015112500	0.125000000	0.000675000	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
08/2010	14.199832505	0.000000000	14.199832505	0.018212500	0.125000000	0.000000000	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
09/2010	14.414900738	0.000000000	14.414900738	0.019875000	0.125000000	0.000000000	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
10/2010	14.720297078	0.000000000	14.720297078	0.022087500	0.125000000	0.008050000	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
11/2010	14.660082263	0.000000000	14.660082263	0.021750000	0.125000000	0.000000000	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
12/2010	15.011152459	0.000000000	15.011152459	0.022862500	0.125000000	0.006475000	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
01/2011	14.394546797	0.000000000	14.394546797	0.021700000	0.125000000	0.018025000	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
02/2011	12.798874168	0.000000000	12.798874168	0.016800000	0.125000000	0.004412500	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
03/2011	14.707058692	0.000000000	14.707058692	0.012500000	0.125000000	0.007400000	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
04/2011	14.094012620	0.000000000	14.094012620	0.014250000	0.125000000	0.010837500	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
05/2011	13.103889220	0.000000000	13.103889220	0.013562500	0.125000000	0.015712500	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
06/2011	13.363478054	0.000000000	13.363478054	0.013500000	0.125000000	0.000000000	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
07/2011	14.672050325	0.000000000	14.672050325	0.015112500	0.125000000	0.001350000	600.000000000	0.000000000	100.000000000	100.000000000	95.000000000
08/2011	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.018212500	0.121361640	0.000000000	599.848441312	0.000000000	100.000000000	96.393564322	95.000000000
09/2011	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.019260650	0.117049959	0.000000000	599.688160249	0.000000000	100.000000000	92.579574183	95.000000000
10/2011	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.020687738	0.117010387	0.001170500	599.537856337	0.000000000	100.000000000	88.717665684	95.000000000

Figura 11.90 - Tela de resultados no modo de simulações por prioridades para Reservatórios.

Segue a lista descrevendo cada série que será exibida nos resultados.

- 1. Volume Final (hm³)** – Exibe volumes finais em detrimento ao balanço hídrico do reservatório;
- 2. Volume Inicial (hm³)** – Exibe os volumes iniciais no passo da simulação, sendo, *volume inicial = volume final do mês anterior*;
- 3. Vazão não-controlada a montante (m³/s)** – Exibe as vazões afluentes não controladas, ou seja, as vazões naturais geradas pela precipitação na bacia hidrográfica do reservatório;
- 4. Vazão controlada a montante (m³/s)** – Exibe a vazões afluentes controladas pelos reservatórios de montante;
- 5. Vertimento (m³/s)** – Exibe a série de vertimento do reservatório(s);
- 6. Liberação (m³/s)** – Exibe a série de liberações dos reservatórios para atendimento às demandas;
- 7. Vazão efluente (m³/s)** – Exibe a série de liberações dos reservatórios para atendimento às demandas somados com o valor de vertimento;
- 8. Precipitação (mm)** – Exibe os valores de precipitação inseridas no projeto;
- 9. Evaporação (mm)** – Exibe os valores de evapotranspiração inseridas no projeto;
- 10. Volume não-controlado a montante (hm³)** – Exibe o volume gerado pelas vazões naturais incrementais da bacia hidrográfica;

11. **Volume controlado a montante (hm³)** – Exibe o volume gerado pelas vazões controladas pelos reservatórios de montante;
12. **Vertimento (hm³)** – Exibe o volume gerado pelo vertimento;
13. **Liberação (hm³)** – Exibe o volume gerado pelas liberações;
14. **Volume efluente (hm³)** – Exibe o volume gerado pelas liberações somados ao vertimento;
15. **Evaporação (hm³)** – Exibe o volume evaporado do reservatório;
16. **Área (km²)** – Exibe a área referente ao volume armazenado no mês em questão;
17. **Precipitação (hm³)** – Exibe o volume gerado pela precipitação na área do reservatório;
18. **Cota (m)** – Exibe a cota referente ao volume armazenado no mês em questão;
19. **Volume útil (hm³)** – Exibe volume útil ao final do mês corrente ($V_{util} = V_{final} - V_{morto}$, valor mínimo = 0);
20. **Volume útil (%)** – Exibe o percentual do volume útil referente ao final do mês em questão;
21. **Volume total (%)** – Exibe o percentual do volume total referente ao final do mês em questão;
22. **Prioridades** – Exibe o valor das prioridades configuradas na tela principal do projeto de rede de fluxo. Esse valor pode ter variações durante a simulação quando for utilizado estado hidrológico do sistema ou estado hidrológico por reservatório.

➤ **Quando o elemento for Trechos em geral (rio, riacho ou canal, adutora, etc).**

Os resultados serão exibidos seguindo sequência como mostrado abaixo (Figura 11.91).

	1	2	3	4
	Vazão Afluente m ³ /s	Vazão Efluente m ³ /s	Perda em Trânsito m ³ /s	Limite Máximo de Trecho Attingido
01/2010	5.523463533	5.516835377	0.006628156	0.000000000
02/2010	5.135999618	5.129836419	0.006163200	0.000000000
03/2010	5.280926351	5.274589240	0.006337112	0.000000000
04/2010	4.296294333	4.291138780	0.005155553	0.000000000
05/2010	4.796421652	4.790665946	0.005755706	0.000000000
06/2010	4.765011152	4.759293139	0.005718013	0.000000000
07/2010	4.625803496	4.620252532	0.005550964	0.000000000
08/2010	4.891610105	4.885740173	0.005869932	0.000000000
09/2010	5.151304297	5.145122732	0.006181565	0.000000000
10/2010	5.085929315	5.079826200	0.006103115	0.000000000
11/2010	5.245895935	5.239600860	0.006295075	0.000000000
12/2010	5.194522274	5.188288848	0.006233427	0.000000000
01/2011	4.964308093	4.958350923	0.005957170	0.000000000
02/2011	4.880539917	4.874683269	0.005856648	0.000000000
03/2011	5.080986668	5.074889484	0.006097184	0.000000000
04/2011	5.027504869	5.021471863	0.006033006	0.000000000
05/2011	4.482431758	4.477052839	0.005378918	0.000000000
06/2011	4.745662829	4.739968034	0.005694795	0.000000000
07/2011	5.067916041	5.061834542	0.006081499	0.000000000
08/2011	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
09/2011	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
10/2011	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
11/2011	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000

Figura 11.91 - Tela de resultados no método de simulação contínuo para Trechos em geral(rio, riacho ou canal, adutora, etc).

Segue a lista descrevendo cada série que será exibida nos resultados.

1. **Vazão afluente (m^3/s)** – Exibe a série de vazões afluentes ao trecho que será aduzida para atendimento às demandas, volume meta e volume morto dos elementos de jusante;
2. **Vazão efluente (m^3/s)** – Exibe a série de vazões efluentes ao trecho que será aduzida para atendimento às demandas, volume meta e volume morto dos elementos de jusante. Sendo deduzidas (quando houver) as perdas em trânsito;
3. **Perda em trânsito (m^3/s)** – Exibe a quantidade da vazão que foi perdida;
4. **Limite máximo no trecho atingido** – Exibe se o limite máximo foi alcançado no trecho. 1 indica que foi alcançado, 0 caso contrário.

➤ **Quando o elemento for Demanda**

Os resultados serão exibidos na sequência, conforme mostrado abaixo (Figura 11.92).

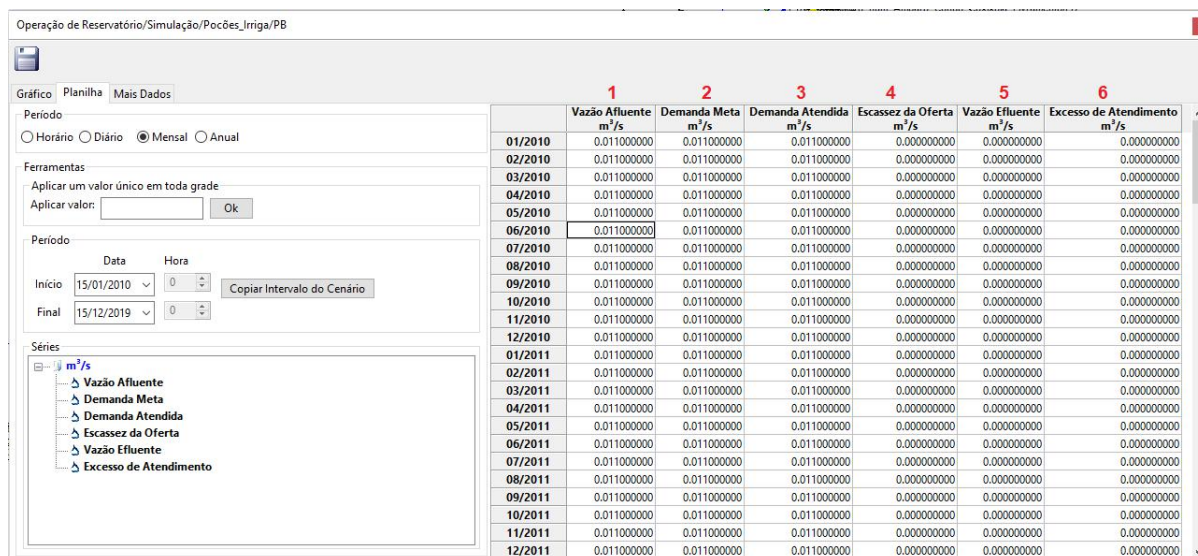


Figura 11.92 - Tela de resultados no método de simulação contínuo para Demanda.

Segue a lista descrevendo cada série que será exibida nos resultados.

1. **Vazão afluente (m^3/s)** – Exibe a série de vazões afluentes para atendimento à demanda;
2. **Vazão efluente (m^3/s)** – Exibe a série de vazões efluentes, caso a demanda necessite repassar água. Quando não ocorre $Vazão\ efluente = 0$;
3. **Demanda Meta (m^3/s)** – Exibe a série de demanda meta, ou seja, a quantidade de água requerida a cada mês;
4. **Demanda Atendida (m^3/s)** – Exibe a série que indica a quantidade de demanda que foi atendida;
5. **Escassez de Oferta (m^3/s)** – Exibe a série que indica a quantidade de água que faltou para que a demanda seja plenamente atendida;
6. **Excesso de Atendimento (m^3/s)** – Exibe a quantidade de água que foi atendida além do que foi pedido na demanda meta ($demanda_atendida - demanda\ meta$, valor mínimo = 0).

Além da forma de planilha, os resultados de todos os elementos simulados podem ser expressos na forma gráfica (Figura 11.93).

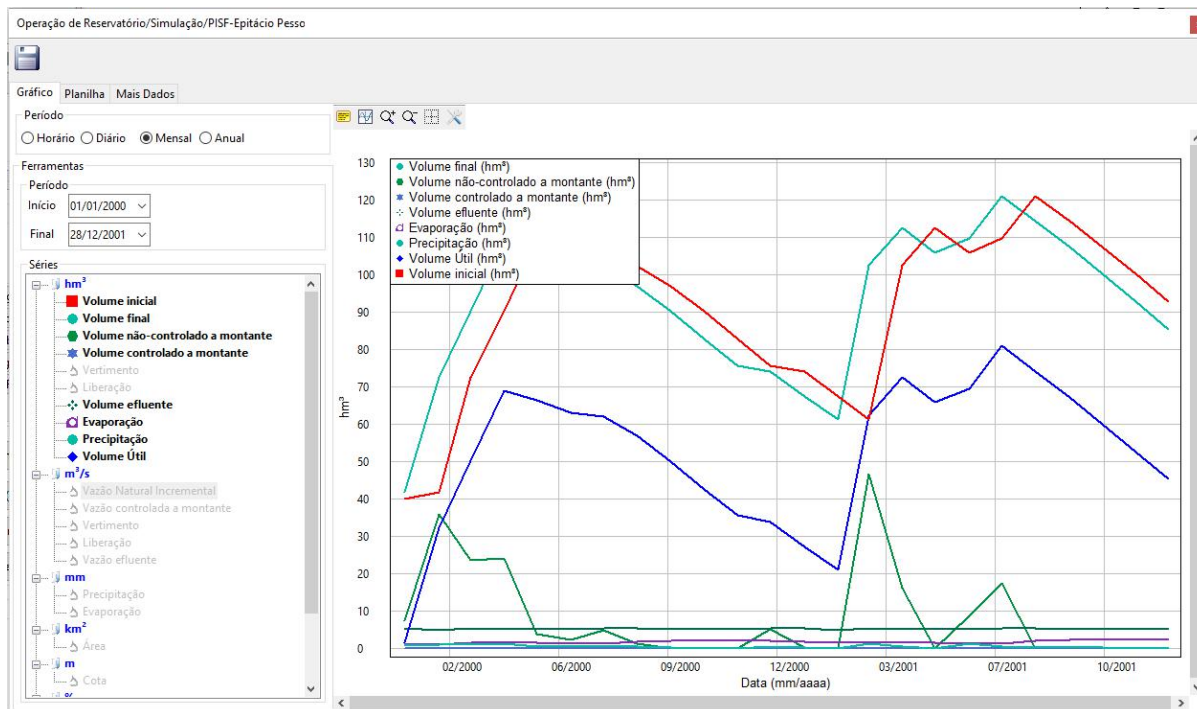









Figura 11.93 – Resultados gráficos obtidos pelo método de simulação contínuo.

Algumas funções podem ser aplicadas aos gráficos, tais como: Esconder a legenda , reajustar a figura logo após aplicação do zoom , aplicação de zoom (aumento) , aplicação de zoom (diminuição) , remoção/adição das linhas de grade , exibe o seletor de cor e de símbolo , caso deseje realizar alguma mudança (Figura 11.94). Ao clicar em salvar , para o caso da planilha salva um arquivo com extensão (.srs), ao qual pode ser aberto em qualquer editor de texto. No caso de gráfico, ao clicar em salvar, salva em arquivo imagem (PNG).

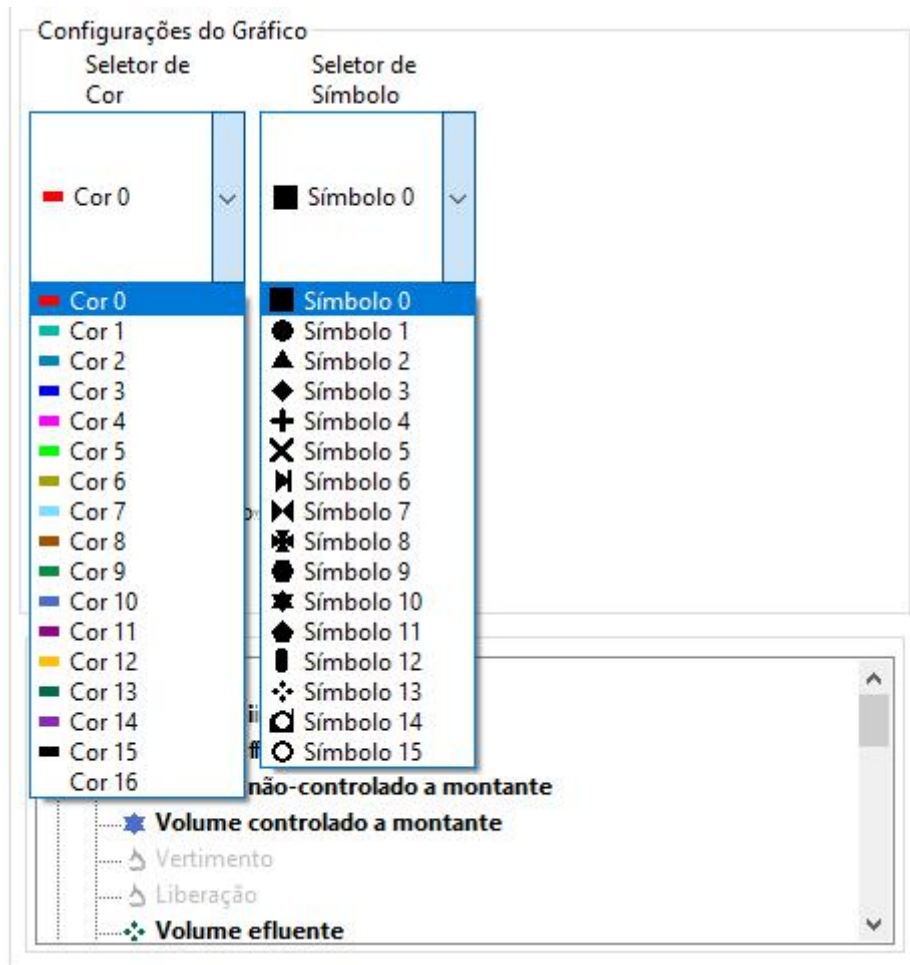


Figura 11.94 – Ferramenta para ajustes de cor e símbolo nos gráficos.

Ao final, caso o usuário necessite de informações mais gerais, basta clicar na opção **Mais Dados** (Figura 11.95).

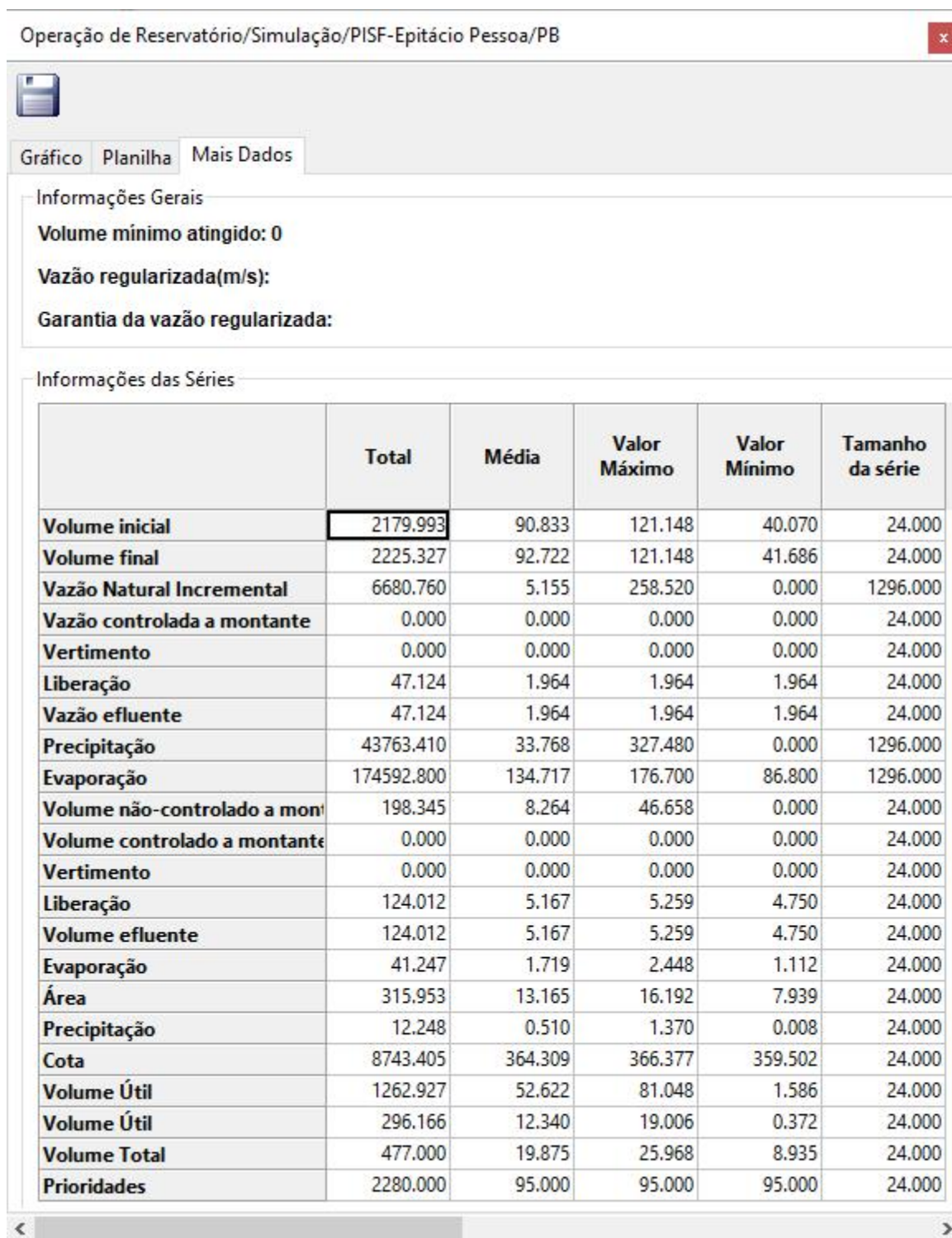



Figura 11.95 – Estatística dos resultados (informações gerais).

11.2.2.6 Explorando Resultados via Dados globais I (Resumo de métricas)

Após a execução da simulação o usuário pode verificar algumas métricas de rede que são calculadas pelo sistema. Para acessar essas informações referentes aos reservatórios, o usuário deve clicar em dados globais , selecionar os reservatórios e clicar em resumo (Figura 11.96).

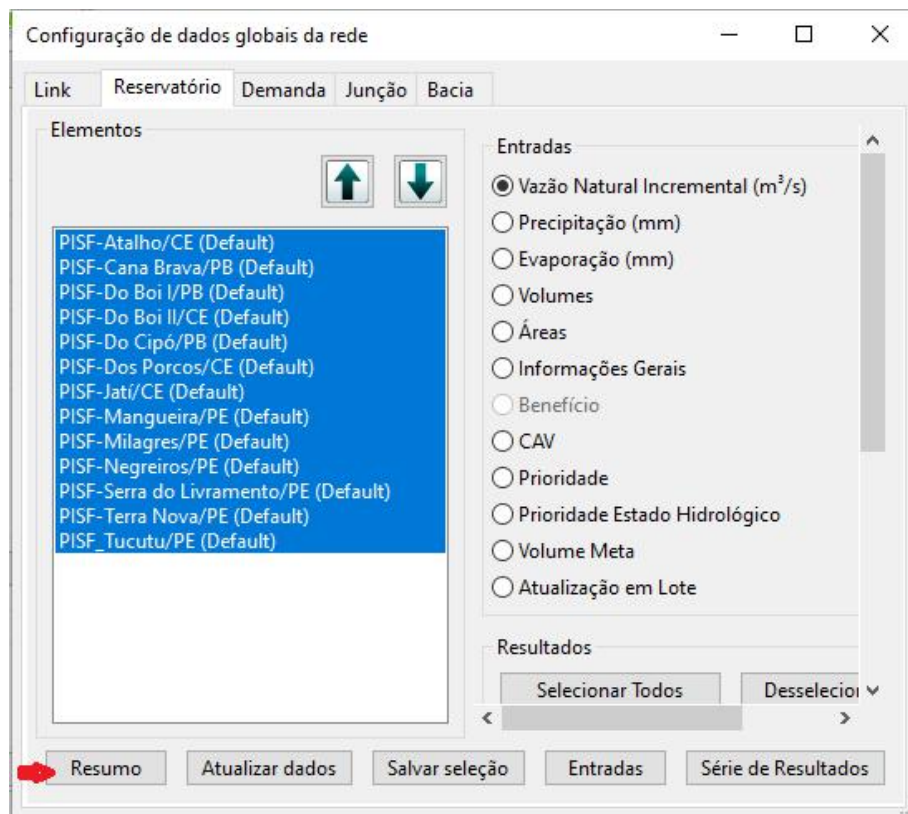



Figura 11.96 - Janela dados globais, indicando o resumo de algumas informações de resultados geradas pelo sistema.

Ao acessar o **Resumo** de resultados de reservatórios, o usuário encontrará as métricas de acordo como é mostrado na Figura 11.97.

Caso, a simulação esteja em otimização de prioridades com janelas, o usuário deverá escolher qual ano ele quer exibir o resumo.

Nota: Quando aparecer  nos resultados de resumo, indica que houve divisão por zero no cálculo da métrica.

Resumo de resultados de Reservatórios

	1	2	3	4	5	6	7
	Tempo máximo abaixo do volume meta em meses	Frequência abaixo do volume meta %	Frequência de vertimento %	Tempo máximo de esvaziamento em meses	Frequência de esvaziamento %	Confiabilidade para demandas %	Confiabilidade para reservatórios %
PISF-Atalho/CE	12	100.000000	0.000000	12	100.000000	0.000000	0.000000
PISF-Cana Brava/PB	12	100.000000	0.000000	12	100.000000	0.000000	0.000000
PISF-Do Boi I/PB	12	100.000000	0.000000	12	100.000000	0.000000	0.000000
PISF-Do Boi II/CE	12	100.000000	0.000000	12	100.000000	0.000000	100.000000
PISF-Do Cipó/PB	12	100.000000	0.000000	12	100.000000	0.000000	0.000000
PISF-Dos Porcos/CE	12	100.000000	0.000000	12	100.000000	0.000000	0.000000
PISF-Jati/CE	12	100.000000	0.000000	12	100.000000	0.000000	0.000000
PISF-Mangueira/PE	12	100.000000	0.000000	12	100.000000	0.000000	0.000000
PISF-Milagres/PE	12	100.000000	0.000000	12	100.000000	0.000000	0.000000
PISF-Negreiros/PE	12	100.000000	0.000000	12	100.000000	0.000000	0.000000
PISF-Serra do Livramento/PE	12	100.000000	0.000000	12	100.000000	0.000000	0.000000
PISF-Terra Nova/PE	12	100.000000	0.000000	12	100.000000	0.000000	0.000000
PISF_Tucutu/PE	12	100.000000	0.000000	12	100.000000	0.000000	0.000000

Resumo de resultados de Reservatórios

	8	9	10	11	12	13	14	15
	Confiabilidade para reservatórios e demandas %	Resiliência tipo 1	Resiliência tipo 2	Vulnerabilidade %	Índice de eficiência NVr	Índice de eficiência NE	Índice de eficiência NVp	Índice de eficiência Nu
PISF-Atalho/CE	0.000000	--	0.000000	100.000000	0.000000	0.294790	0.000000	0.705210
PISF-Cana Brava/PB	0.000000	--	0.000000	100.000000	0.000000	0.174659	0.000000	0.825341
PISF-Do Boi I/PB	0.000000	--	0.000000	100.000000	0.000000	0.500000	0.000000	0.500000
PISF-Do Boi II/CE	0.000000	--	0.000000	100.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000
PISF-Do Cipó/PB	0.000000	--	0.000000	100.000000	0.000000	0.143912	0.000000	0.856088
PISF-Dos Porcos/CE	0.000000	--	0.000000	100.000000	0.000000	0.640954	0.000000	0.359046
PISF-Jati/CE	0.000000	--	0.000000	100.000000	0.000000	0.046396	0.000000	0.953604
PISF-Mangueira/PE	0.000000	--	0.000000	48.809524	0.000000	0.006751	0.000000	0.993249
PISF-Milagres/PE	0.000000	--	0.000000	85.416667	0.000000	0.124304	0.000000	0.875696
PISF-Negreiros/PE	0.000000	--	0.000000	68.333333	0.000000	0.016726	0.000000	0.983274
PISF-Serra do Livramento/PE	0.000000	--	0.000000	42.708333	0.000000	0.003672	0.000000	0.996328
PISF-Terra Nova/PE	0.000000	--	0.000000	37.962963	0.000000	0.003229	0.000000	0.996771
PISF_Tucutu/PE	0.000000	--	0.000000	34.166667	0.000000	0.005138	0.000000	0.994862

Figura 11.97 - Métricas dos resultados para os reservatórios.

A descrição das métricas para os reservatórios, seguem de acordo com a ordem exibida logo abaixo:

1. **Tempo máximo abaixo do volume meta (mês(es))** – Contar quantas vezes no período de simulação o reservatório ficou com volume final abaixo do volume meta;
2. **Frequência abaixo do volume meta (%)** – O resultado da métrica anterior em termos percentuais (percentual do tempo);
3. **Frequência com que houve vertimento (%)** – Verifica o percentual do tempo em que o reservatório verteu;
4. **Tempo máximo de esvaziamento (mês(es))** – Verifica a maior sequência que o reservatório ficou seco;
5. **Frequência de esvaziamento (%)** – Verifica o percentual do tempo em que o reservatório esvaziou (chegou ao volume morto);
6. **Confiabilidade para demandas (%)** – É a porcentagem de tempo em que todas as demandas associadas a esse reservatório (local e jusante) foram plenamente atendidas. O percentual varia de 0% a 100%, onde 100% indica que não houve falha;
7. **Confiabilidade para reservatórios (%)** – É a porcentagem de tempo em que todos os reservatórios a jusantes atingiram o volume meta. O percentual varia de 0% a 100%, onde 100% indica que não houve falha no atendimento;
8. **Confiabilidade para reservatórios e demandas (%)** – É a porcentagem de tempo em que todos os reservatórios a jusantes e demandas (locais e jusantes) foram plenamente atendidas. O percentual varia de 0% a 100%, onde 100% indica que não houve falha no atendimento;
9. **Resiliência ou elasticidade tipo 1** – A resiliência (res) serve para avaliar a média de quão rapidamente o sistema retorna de um estado de falha para um estado satisfatório de atendimento a demanda. A resiliência do reservatório é a probabilidade de ocorrer um estado satisfatório no período t+1 dado um valor insatisfatório no período t;

10. **Resiliência ou elasticidade tipo 2** – Número de vezes que o reservatório sai de uma falha dividido pelo número total de falhas;

11. **Vulnerabilidade (%)** – A vulnerabilidade indica o quão severo é a magnitude das falhas que o sistema está sujeito, caso ela tenha ocorrido. Ela pode ser definida como a média do percentual de déficits hídricos das demandas associadas aquele reservatório;

12. **Índices de Eficiência Nvr** – Relação entre a variabilidade volumétrica do reservatório e o volume total afluente anual. Este índice indica a variabilidade intra-anual do volume do reservatório (Equação 11.2)

$$\eta_{vr} = \frac{Vr_{final} - Vr_{inicial}}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (11.2)$$

Onde $Vr_{inicial}$ e Vr_{final} são o volume inicial e o volume final do reservatório respectivamente. Qa_t e P_t são respectivamente os volumes mensais afluentes e precipitado na bacia hidrográfica. Valores negativos indicam depleção do reservatório (e.g.: anos de seca) e positivos o acúmulo/ganho de água no reservatório;

13. **Índices de Eficiência NE** – É a relação entre o volume evaporado (E_t) (superfície do reservatório) e o volume afluente (Equação 11.3):

$$\eta_E = \frac{\sum E_t}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (11.3)$$

Esse índice tem como características:

- Estabelecer a eficiência quanto ao armazenamento da água;
- Pode indicar que o reservatório tenha baixa profundidade e grande área do espelho líquido;
- Pode ser usado no estabelecimento de quão rápido a água tenha que ser usada para minorar as perdas evaporativas;
- O Nordeste tem índices que variam de 5% até valores acima de 30%;

14. **Índices de Eficiência NVp** – É a Relação entre a precipitação direta sobre a bacia hidráulica do reservatório (superfície do reservatório) e o volume afluente. Esse índice indica o percentual de precipitação direta sobre a bacia hidráulica do reservatório (Equação 11.4):

$$\eta_P = \frac{\sum P_t}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (11.4)$$

Este índice tem como características: Pode indicar que o reservatório tenha baixa profundidade e grande área do espelho líquido; Altos índices indicam que a bacia de contribuição é pequena;

15. **ÍNDICES DE EFICIÊNCIA Nu** – Relação entre o volume de água utilizado (Qu_t) (descarregadores, tomadas d'água) e o volume afluente. (RENDIMENTO HÍDRICO Equação 11.5):

$$\eta_u = \frac{\sum Qu_t}{\sum Qa_t + \sum P_t} \quad (11.5)$$

Esse índice tem como características:

- Estabelecer a eficiência quanto ao uso da água;
- Altos índices indicam que existem poucos desperdícios.
- O Nordeste tem índice médio na faixa de 25%.

Para acessar as informações para as demandas, segue o mesmo procedimento anterior, porém selecionando as demandas que se deseja analisar. Após clicar em **Resumo**, o usuário visualizará uma janela igual da Figura 11.113, onde seleciona-se qual tipo de demanda irá ser verificada e depois clica-se em **Exibir** (Figura 11.98).

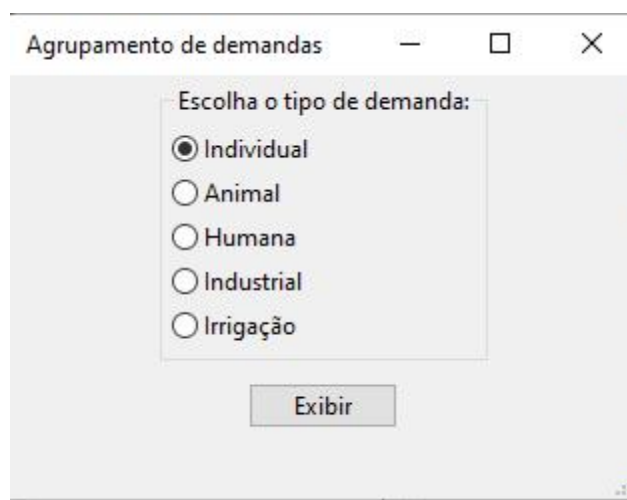


Figura 11.98 - Seleção de demandas para verificação dos resultados.

Os resultados acima podem ser feitos para a demanda individual como também por tipo de demanda (agricultura, urbano, indústria etc.). Com isso, após clicar em exibir, uma aba com o resumo de resultados de demandas será exibida com as métricas, conforme é mostrado na Figura 11.99.

Resumo de resultados de Demandas					
Exportar Tabela					
	1	2	3	4	5
	Tempo TOTAL abaixo da demanda necessária em meses	Tempo MÁXIMO abaixo da demanda necessária em meses	Frequencia abaixo da demanda necessária %	Volume acumulado dos déficits - hm ³	Demanda média necessária - m ³ /s
PE01N	0	0	0.000000	0.000000	2.000000
PE02N	0	0	0.000000	0.000000	2.000000
PE03N	0	0	0.000000	0.000000	2.000000
PE04N	0	0	0.000000	0.000000	10.000000
PE05N	0	0	0.000000	0.000000	2.000000
PE06N	0	0	0.000000	0.000000	2.000000
PE07N	5	4	41.666667	5.414991	2.000000
CE01N	12	12	100.000000	308.917811	10.033333
CE02N	12	12	100.000000	229.582080	7.323333
Piancó	12	12	100.000000	62.987328	2.006667

Resumo de resultados de Demandas					
Exportar Tabela					
	6	7	8	9	
	Vazão média fornecida - m ³ /s	Vazão média fornecida (% da demanda média necessária)	Vazão média fornecida quando ocorrem falhas - m ³ /s	Vazão mínima fornecida - m ³ /s	
PE01N	2.000000	100.000000	--	2.000000	
PE02N	2.000000	100.000000	--	2.000000	
PE03N	2.000000	100.000000	--	2.000000	
PE04N	10.000000	100.000000	--	10.000000	
PE05N	2.000000	100.000000	--	2.000000	
PE06N	2.000000	100.000000	--	2.000000	
PE07N	1.829483	91.474138	1.590759	1.519867	
CE01N	0.177640	1.770496	0.177640	0.000000	
CE02N	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
Piancó	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	

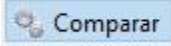
Figura 11.99 - Métricas dos resultados para as demandas.

A descrição das métricas para análise das demandas, seguem de acordo com a ordem exibida logo abaixo:

1. **Tempo TOTAL abaixo da demanda necessária (mês(es))** – Número de meses no qual a demanda não foi atendida plenamente;
2. **Tempo máximo abaixo da demanda necessária (mês(es))** – Número de meses máximo em sequência no qual a demanda não foi atendida plenamente;
3. **Frequência abaixo da demanda necessária (%)** – Percentual do tempo em que a demanda não foi atendida plenamente;
4. **Volume acumulado dos déficits (hm³)** – Exibe a quantidade de volume que não foi atendida na demanda;
5. **Demanda média necessária (m³/s)** – Exibe o valor médio de demanda meta durante o período da simulação;
6. **Vazão média fornecida (m³/s)** – Exibe o valor médio de demanda que foi atendida no período da simulação;

7. **Vazão média fornecida (% da demanda média necessária)** – Exibe em porcentagem o valor médio de demanda que foi atendida no período da simulação;
8. **Vazão média fornecida quando ocorrem falhas (m³/s)** – Exibe a vazão que pode ser atendida em detrimento das falhas;
9. **Vazão mínima fornecida (m³/s)** – O menor valor de vazão fornecido em determinado mês considerando todo o período da simulação.

11.2.2.7 Explorando Resultados via Janela Comparar (Método de Simulação Contínuo)

Quando se trabalha com diferentes cenários dentro do mesmo projeto, torna-se possível a comparação dos resultados envolvendo uma mesma série (entre cenários), ou diferentes séries dentro do mesmo cenário, para isso, basta clicar no botão  (Figura 11.100).

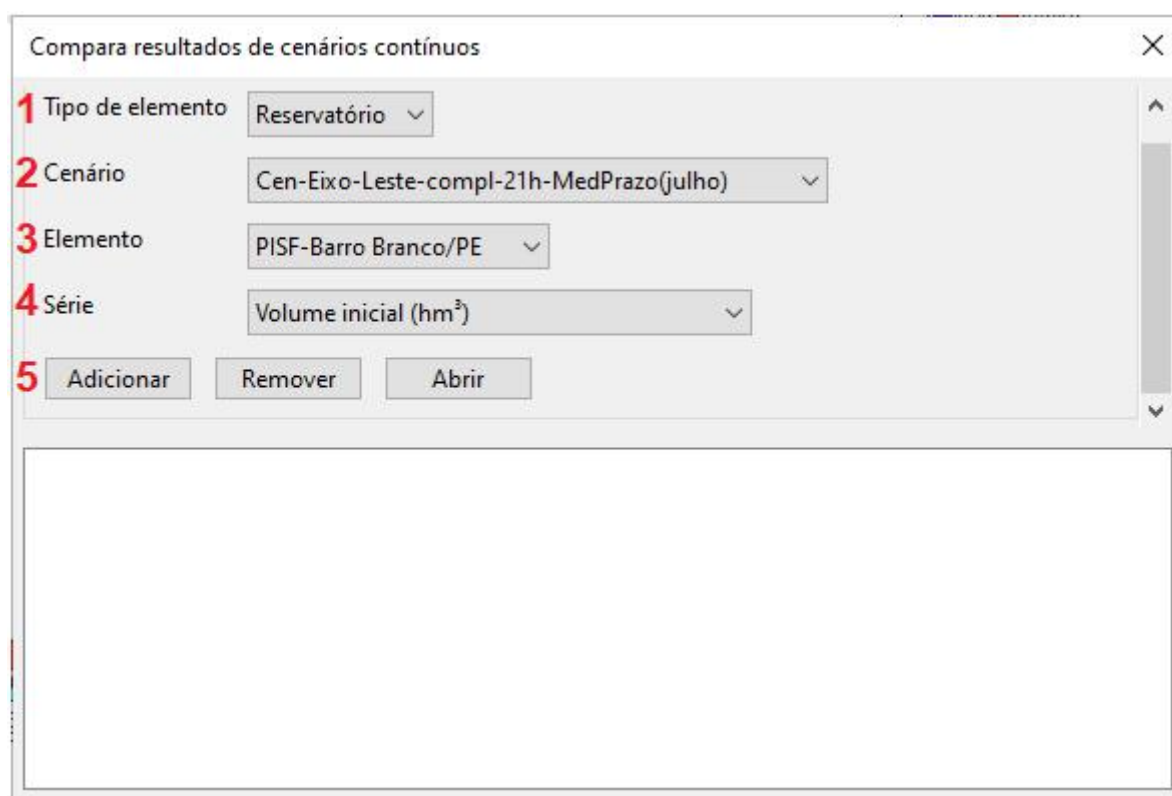


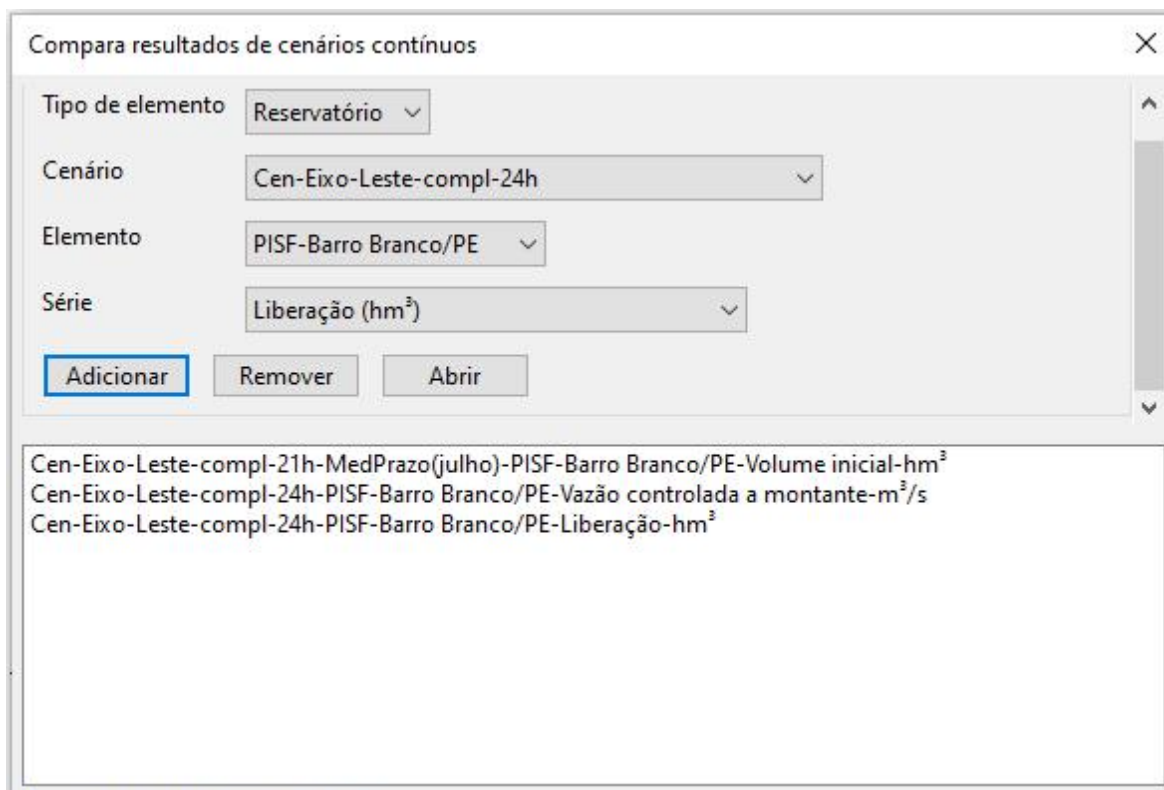
Figura 11.100 - Interface para seleção do(s) elemento(s) para comparação dos resultados (Método de Simulação Contínuo)

A descrição das funcionalidades, seguem de acordo com a ordem exibida logo abaixo:

1. **Tipo de elemento** – Escolha do tipo de elemento que se pretende analisar (demanda, junção, reservatório, trecho);
2. **Cenário** – Nessa opção o usuário escolhe qual cenário deve ser analisado;
3. **Elemento** – Essa opção exibe a lista de elementos referentes ao escolhido na opção 1 (Tipo de elemento);
4. **Série** – Essa opção exibe a lista de séries que poderão ser escolhidas para análise;

5. **Adicionar – Remover – Abrir** – Após selecionadas as opções para análise (1, 2, 3 e 4), para adicioná-los basta clicar em **Adicionar**, na sequência **Abrir**, caso queira remover a última série da lista, basta clicar na opção **Remover**, como visto nos exemplos a seguir:

Exemplo 01: Exibir resultados de um único cenário da simulação. A cada série selecionada (opção 4), clica-se em **Adicionar**. Para exibição dos resultados, basta seja clicado o botão **Abrir** (Figura 11.101). Os resultados serão exibidos sob a forma tabular (Figura 11.102) ou gráfica (Figura 11.103).



Compara resultados de cenários contínuos

Tipo de elemento: Reservatório

Cenário: Cen-Eixo-Leste-compl-24h

Elemento: PISF-Barro Branco/PE

Série: Liberação (hm³)

Adicionar Remover Abrir

Cen-Eixo-Leste-compl-21h-MedPrazo(julho)-PISF-Barro Branco/PE-Volume inicial-hm³
 Cen-Eixo-Leste-compl-24h-PISF-Barro Branco/PE-Vazão controlada a montante-m³/s
 Cen-Eixo-Leste-compl-24h-PISF-Barro Branco/PE-Liberação-hm³

Figura 11.101 - Adição do(s) elementos(s) para comparação dos resultados (Método de Simulação Contínuo)

Na janela da Figura 11.102, além da exibição dos resultados sob a forma de tabela, é possível realizar a exportação da tabela como arquivo .csv.

Comparando resultados de cenários com execução contínuas

Exportar Tabela

Valores das Séries Gráficos

	Cen-Eixo-Leste-compl-21h-MedPrazo(julho)-PISF-Barro Branco/PE-Volume inicial-hm ³	Cen-Eixo-Leste-compl-21h-MedPrazo(julho)-PISF-Barro Branco/PE-Vazão controlada a montante-m ³ /s	Cen-Eixo-Leste-compl-21h-MedPrazo(julho)-PISF-Barro Branco/PE-Liberação-hm ³
01/1961	0.50500	7.66108	0.00000
02/1961	0.50500	7.65464	0.00000
03/1961	0.50500	7.80999	0.00000
04/1961	0.50500	7.75266	0.00000
05/1961	0.50500	7.78696	0.00000
06/1961	0.50500	4.27313	0.00000
07/1961	0.50500	4.27327	0.00000
08/1961	0.50500	2.77588	0.00000
09/1961	0.50500	2.77675	0.00000
10/1961	0.50500	2.77733	0.00000
11/1961	0.50500	2.77747	0.00000
12/1961	0.50500	2.77761	0.00000
01/1962	0.50500	7.58698	0.00000
02/1962	0.50500	7.62346	0.00000
03/1962	0.50500	7.72921	0.00000
04/1962	0.50500	7.63894	0.00000
05/1962	0.50500	7.88812	0.00000
06/1962	0.50500	4.27405	0.00000
07/1962	0.50500	4.27472	0.00000
08/1962	0.50500	2.77588	0.00000
09/1962	0.50500	2.77651	0.00000
10/1962	0.50500	2.77733	0.00000
11/1962	0.50500	2.77722	0.00000
12/1962	0.50500	2.77579	0.00000
01/1963	0.50500	7.61875	0.00000
02/1963	0.50500	7.69097	0.00000
03/1963	0.50500	7.90312	0.00000
04/1963	0.50500	7.80922	0.00000
05/1963	0.50500	7.70527	0.00000
06/1963	0.50500	4.27257	0.00000
07/1963	0.50500	4.27433	0.00000
08/1963	0.50500	2.77588	0.00000
09/1963	0.50500	2.77658	0.00000
10/1963	0.50500	2.77646	0.00000

Figura 11.102 - Tela de exibição na forma tabular do(s) elemento(s) para comparação dos resultados (Método de Simulação Contínuo).

Na janela da Figura 11.103, os resultados são exibidos na forma de gráfico, e podem ser exportado em formato .pdf.

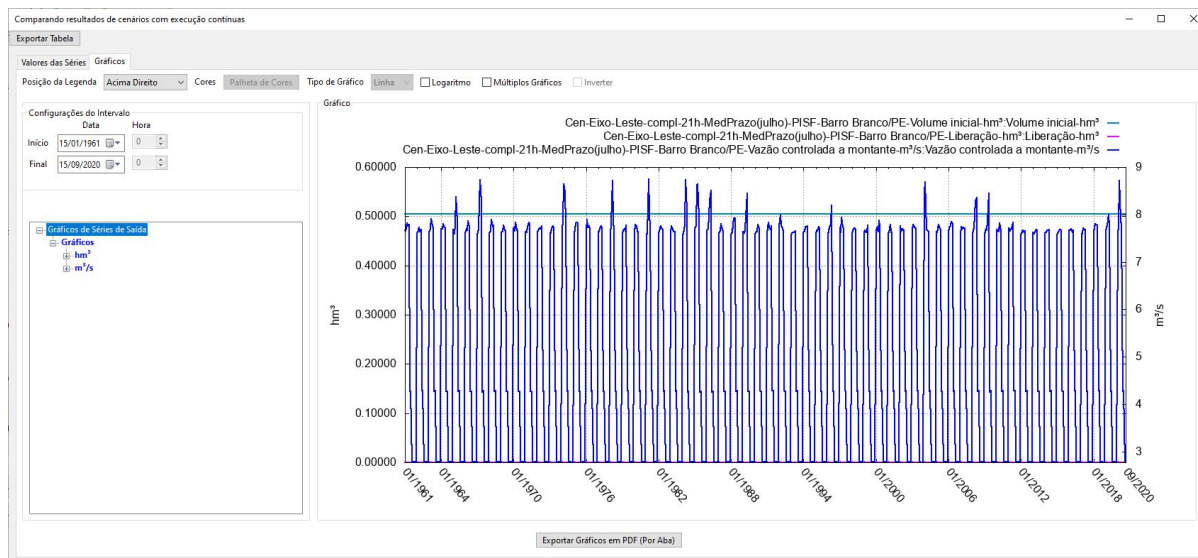


Figura 11.103 - Tela de exibição na forma gráfica do(s) elemento(s) para comparação dos resultados (Método de Simulação Contínuo).

Exemplo 02: Exibir os resultados de vazão afluente para demanda PB01L alocada na Galeria Monteiro em **diferentes cenários** de simulação. Para isso, basta que seja adicionada a série de vazão afluente para a demanda PB01L nos diferentes cenários que foram executados no projeto (Figura 11.104). Após isso, então clica-se no botão **Abrir**, assim serão abertas as janelas da mesma forma das Figuras 11.102 e 11.103 comparando a série de vazão afluente da demanda PB01L nos diferentes cenários.

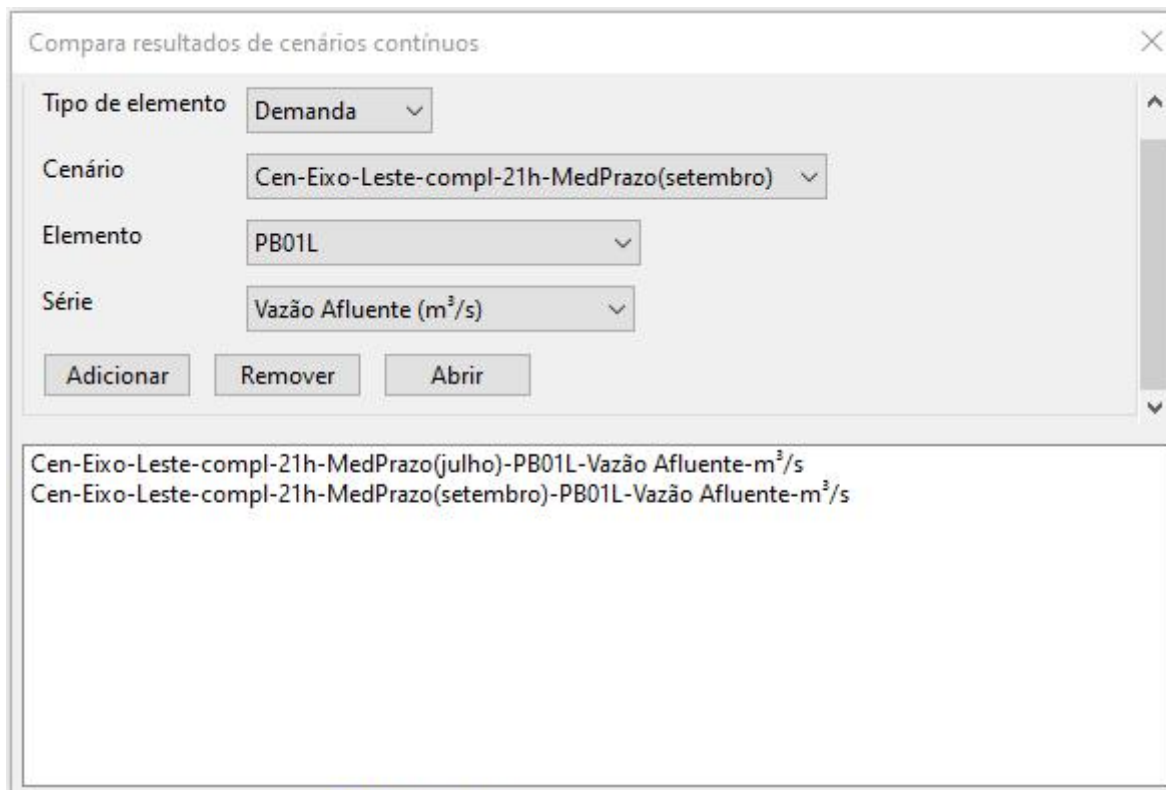


Figura 11.104 - Métricas dos resultados para as demandas.

11.2.3 Resultados de Simulação por Janela na Otimização Por Prioridades

Esse material apresenta a descrição da interface de dados de simulação por janelas. Com essa funcionalidade, podem ser vistas diversas informações dos dados obtidos na simulação por janelas na otimização por prioridades. Para isto, basta clicar no botão **Resultados de simulação por janelas**. Porém, antes de clicar nesse botão, é preciso executar o otimizador por prioridades no modo janelas, conforme mostrado na Figura 11.105. Com isso, os resultados serão gerados. É importante ressaltar que se após a execução, alguma configuração de janela for alterada, os resultados serão apagados. Assim, será necessário realizar uma nova execução de simulação. As modificações que causam isso são:

- > Criar um reservatório;
- > Desativar ou ativar algum reservatório;
- > Alterar o intervalo do cenário;
- > Modificar o tipo de janela;
- > Alterar o número de meses da janela;
- > Clicar no botão selecionar datas.

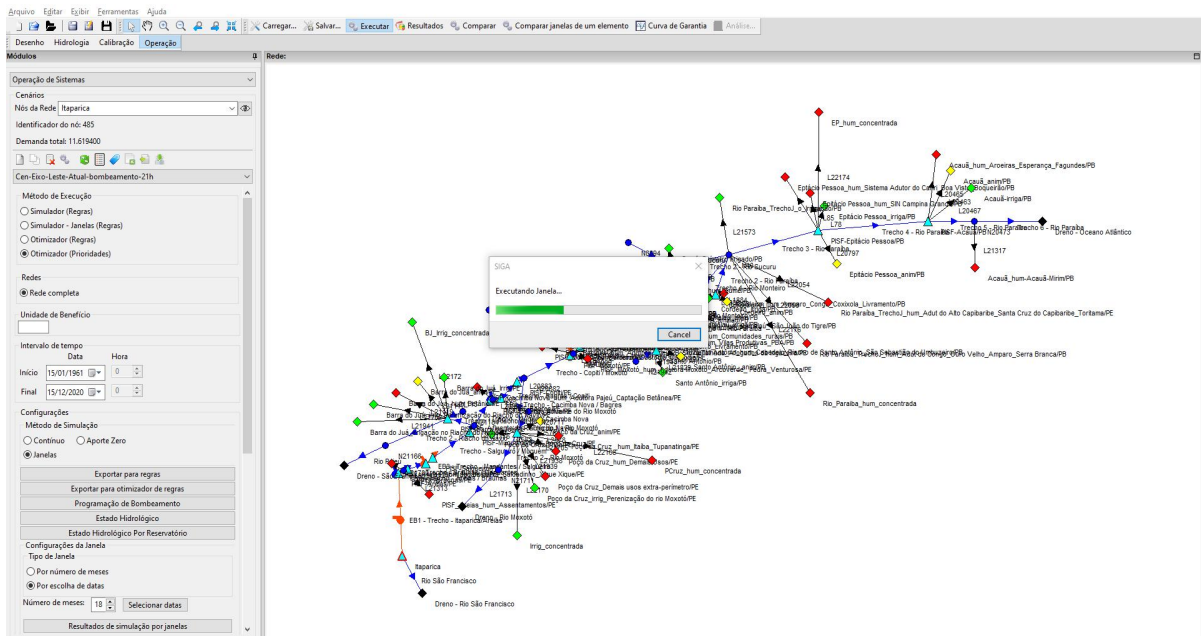


Figura 11.105 – Executando janelas.

➤ Resultados (Geral)

Para exibição dos resultados de forma mais geral (contendo todas as janelas utilizadas), basta clicar em **Resultados de simulação por janelas**. Dessa forma, abrirá uma tela contendo os resultados seguindo a sequência como mostrado abaixo (Figura 11.106). Todos os resultados, independente do elemento podem ser exportados para um arquivo (.csv). Para isso basta clicar em **Exportar para CSV**.

Resultados de simulação de janelas

Vazão efluente - Reservatórios Volume inicial Volume final Volume Evaporado Vazão controlada a montante Vazão afluente - Links Vazão efluente - Links Demanda atendida Falha no atendimento da demanda Demanda atendida por tipo Escassez Percentis de reservatórios Percentis de demandas

Exportar para CSV

Janela 1	PISF-Pocões/PB (m³/s)	PISF-Camalaú/PB (m³/s)	Cordeiro/PB (m³/s)	Sumé/PB (m³/s)	PISF-Eptácio Pessoa/PB (m³/s)	PISF-Barro Branco/PE (m³/s)	PISF-Poco da Cruz/PE (m³/s)	Itaipirica (m³/s)	PISF-Arealas/PE (m³/s)	PISF-Braúmas/PE (m³/s)	PISF-Mandantes/PE (m³/s)	PISF-5
01/2010	0.02840000	0.00780000	0.70533511	0.51520104	1.96350000	5.93296533	2.17560000	8.88521668	8.791591756	8.60169858	8.542727181	8.4621
02/2010	0.02840000	2.34030515	0.44755492	1.281608745	1.96350000	5.54599818	2.17560000	10.516394453	10.42299803	10.227712485	10.171639609	10.0795
03/2010	0.104567374	0.562849376	0.132795002	0.409494539	1.96350000	5.690262651	2.17560000	10.422054347	10.290265002	10.081448975	9.999594601	9.89314
04/2010	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	4.70624333	2.17560000	4.737833570	4.712553548	4.58321729	4.570930331	4.55001
05/2010	0.02840000	0.00780000	0.639330982	0.581952552	1.96350000	5.20642162	2.17560000	7.363330209	7.28967594	7.121816417	7.081002128	7.01284
06/2010	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	5.175011152	2.17560000	7.110237371	7.033454211	6.867280207	6.816122311	6.74944
07/2010	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	5.035803496	2.17560000	7.175454845	7.095386122	6.92290831	6.866678369	6.79816
08/2010	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	5.301810105	2.17560000	7.724036368	7.617216500	7.421647412	7.351492849	7.26545
09/2010	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	5.561924297	2.17560000	10.348246554	10.219372995	9.996312855	9.909900997	9.80102
10/2010	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	5.495292635	2.17560000	10.165605786	10.082738807	9.896952355	9.837266652	9.75192
11/2010	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	5.655895935	2.17560000	11.238829701	11.079904357	10.830141240	10.735634446	10.6081
12/2010	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	5.604522274	2.17560000	11.388212253	11.337931427	11.164001705	11.135070247	11.0684
01/2011	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	5.374380893	2.17560000	9.001797404	8.891373826	8.688461881	8.624765290	8.53125
02/2011	0.677100175	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	5.29039917	2.17560000	7.223117596	7.190128094	7.054103395	7.036359828	6.98832
03/2011	1.451391440	0.00780000	0.160300000	7.607599132	1.96350000	5.490986668	2.17560000	6.473750017	6.63807026	6.591168341	7.060395383	7.19494
04/2011	0.02840000	0.00780000	0.160300000	5.817699993	1.96350000	5.437504869	2.17560000	7.655395853	7.592694637	7.424890007	7.413374503	7.35395
05/2011	4.223346789	0.00780000	0.160300000	5.533147332	1.96350000	4.892481758	2.17560000	6.172787725	6.202236694	6.091649527	6.236407241	6.25282
06/2011	0.943061694	0.00780000	0.485507996	0.743392621	24.898166483	5.155862829	2.17560000	7.254261536	7.171161344	6.996169820	6.950259366	6.87796
07/2011	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	18.048496350	5.477916841	2.17560000	7.670899438	7.588411633	7.412286780	7.35681812	7.28215
08/2011	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	0.000000000	2.17560000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.00000
09/2011	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	0.000000000	2.17560000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.00000
10/2011	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	0.000000000	2.17560000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.00000
11/2011	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	0.000000000	2.17560000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.00000
12/2011	0.02840000	0.00780000	0.966877477	0.238300000	1.96350000	0.000000000	2.17560000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.00000

Janela 2

PISF-Pocões/PB (m³/s) PISF-Camalaú/PB (m³/s) Cordeiro/PB (m³/s) Sumé/PB (m³/s) PISF-Eptácio Pessoa/PB (m³/s) PISF-Barro Branco/PE (m³/s) PISF-Poco da Cruz/PE (m³/s) Itaipirica (m³/s) PISF-Arealas/PE (m³/s) PISF-Braúmas/PE (m³/s) PISF-Mandantes/PE (m³/s) PISF-5

Figura 11.106 - Tela de resultados no modo de simulações janelas.

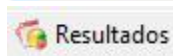
As abas exibidas nessa janela são as seguintes:

1. **Vazão efluente – Reservatórios (m³/s)** – Exibe a vazões efluentes (retiradas) para atendimento às demandas somadas ao vertimento;
2. **Volume Final (hm³)** – Exibe os volumes finais em detrimento ao balanço hídrico do reservatório;
3. **Volume Inicial (hm³)** – Exibe os volumes iniciais no passo da simulação, sendo, *volume inicial = volume final do mês anterior*;
4. **Volume Evaporado (hm³)** – Exibe o volume evaporado no passo da simulação;
5. **Vazão controlada a montante (m³/s)** – Exibe a vazões afluentes controladas pelos reservatórios de montante;
6. **Vazão afluente – Links (m³/s)** – Exibe a vazões afluentes aos links (rios, riachos, trechos de canais);
7. **Vazão efluente – Links (m³/s)** – Exibe a vazões efluentes aos links (rios, riachos, trechos de canais), caso haja das perdas, elas serão deduzidas;
8. **Demanda atendida (m³/s)** – Exibe as demandas que foram atendidas de forma parcial e/ou integral;
9. **Falha no atendimento da demanda (m³/s)** – Exibe as falhas no atendimento às demandas. 1 indica falha e 0 indica não falha;
10. **Demanda atendida por tipo (m³/s)** – Exibe, mês a mês, o atendimento parcial ou integral por tipo de demandas, para isso, realizando o somatório. Logo abaixo de cada janela, apresenta-se o somatório da demanda meta referente a cada tipologia;
11. **Escassez (m³/s)** – Exibe o déficit correspondente ao atendimento;
12. **Percentis dos reservatórios (m³/s)** – Exibe os percentis com relação ao volume e a cota. Podem ser visualizados sob a forma de gráfico e planilha;
13. **Percentis das demandas (m³/s)** – Exibe os percentis com relação às demandas (Número de falhas, Demanda Atendida e Demanda Meta). Podem ser visualizados sob a forma de gráfico e planilha.

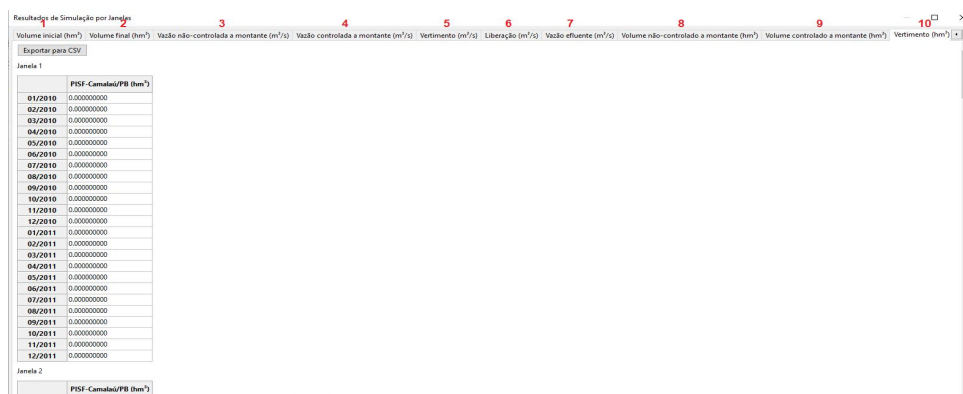
> Resultados por Reservatório

Para exibição dos resultados, para **Reservatório**, basta dar um **duplo clique** no reservatório ou com o botão direito do mouse, clicando em

Exibir resultados do elemento selecionado



. Além disso, também é possível clicando na opção abaixo (Figura 11.107).



Volume inicial (hm ³)	Volume final (hm ³)	Vazão não-controlada a montante (m ³ /s)	Vazão controlada a montante (m ³ /s)	Vertimento (m ³ /s)	Liberção (m ³ /s)	Vazão efluente (m ³ /s)	Volume não-controlado a montante (hm ³)	Volume controlado a montante (hm ³)	Vertimento (hm ³)
01/2010	0,00000000								
02/2010	0,00000000								
03/2010	0,00000000								
04/2010	0,00000000								
05/2010	0,00000000								
06/2010	0,00000000								
07/2010	0,00000000								
08/2010	0,00000000								
09/2010	0,00000000								
10/2010	0,00000000								
11/2010	0,00000000								
12/2010	0,00000000								
01/2011	0,00000000								
02/2011	0,00000000								
03/2011	0,00000000								
04/2011	0,00000000								
05/2011	0,00000000								
06/2011	0,00000000								
07/2011	0,00000000								
08/2011	0,00000000								
09/2011	0,00000000								
10/2011	0,00000000								
11/2011	0,00000000								
12/2011	0,00000000								



Resultados de Simulação por Janelas

11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Liberação (hm³) Volume efluente (hm³) Evaporação (hm³) Área + (km²) Precipitação (hm³) Cota (m) Volume útil (hm³) Volume útil (%) Volume total (%) Prioridades 0

Exportar para CSV

Janela 1

	PISF-Camalaú/PB (hm ³)
01/2010	0.000000000
02/2010	0.000000000
03/2010	0.000000000
04/2010	0.000000000
05/2010	0.000000000
06/2010	0.000000000
07/2010	0.000000000
08/2010	0.000000000
09/2010	0.000000000
10/2010	0.000000000
11/2010	0.000000000
12/2010	0.000000000
01/2011	0.000000000
02/2011	0.000000000
03/2011	0.000000000
04/2011	0.000000000
05/2011	0.000000000
06/2011	0.000000000
07/2011	0.000000000
08/2011	0.000000000
09/2011	0.000000000
10/2011	0.000000000
11/2011	0.000000000
12/2011	0.000000000

Janela 2

PISF-Camalaú/PB (hm³)

Figura 11.107 –Tela de resultados no modo de simulações janelas para Reservatórios.

1. **Volume Final (hm³)** – Exibe volumes finais em detrimento ao balanço hídrico do reservatório;
2. **Volume Inicial (hm³)** – Exibe os volumes iniciais no passo da simulação, sendo, *volume inicial = volume final do mês anterior*;
3. **Vazão não-controlada a montante (m³/s)** – Exibe as vazões afluentes não controladas, ou seja, as vazões naturais geradas pela precipitação na bacia hidrográfica do reservatório;
4. **Vazão controlada a montante (m³/s)** – Exibe a vazões afluentes controladas pelos reservatórios de montante;
5. **Vertimento (m³/s)** – Exibe a série de vertimento do reservatório(s).
6. **Liberação (m³/s)** – Exibe a série de liberações dos reservatórios para atendimento às demandas.
7. **Vazão efluente (m³/s)** – Exibe a série de liberações dos reservatórios para atendimento às demandas somadas ao vertimento;
8. **Volume não-controlado a montante (hm³)** – Exibe o volume gerado pelas vazões naturais incrementais da bacia hidrográfica;
9. **Volume controlado a montante (hm³)** – Exibe o volume gerado pelas vazões controladas pelos reservatórios de montante;
10. **Vertimento (hm³)** – Exibe o volume gerado pelo vertimento;
11. **Liberação (hm³)** – Exibe o volume gerado pelas liberações;
12. **Volume efluente (hm³)** – Exibe o volume gerado pelas liberações somados ao vertimento;
13. **Evaporação (hm³)** – Exibe o volume evaporado no reservatório;
14. **Área (km²)** – Exibe a área referente ao volume armazenado no mês em questão;
15. **Precipitação (hm³)** – Exibe o volume gerado pela precipitação na área do reservatório;
16. **Cota (m)** – Exibe a cota referente ao volume armazenado no mês em questão;
17. **Volume útil (hm³)** – Exibe volume útil ao final do mês corrente ($V_{util} = V_{final} - V_{morto}$, valor mínimo = 0);
18. **Volume útil (%)** – Exibe o percentual do volume útil referente ao final do mês em questão;
19. **Volume total (%)** – Exibe o percentual do volume total referente ao final mês em questão;

20. Prioridades – Exibe o valor das prioridades configuradas na tela principal do projeto de rede de fluxo. Esse valor pode ter variações durante a simulação quando for utilizado estado hidrológico do sistema ou estado hidrológico por reservatório.

> **Resultados por trecho (rio, riacho, trecho de rio, canal)**

Para exibição dos resultados, para **Trecho**, basta dar um **duplo clique** no trecho ou com o botão direito do mouse, clicando em **Exibir resultados do elemento selecionado**.

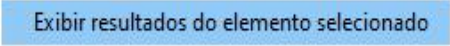
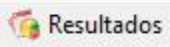
Além disso, também é possível clicando na opção **Resultados**. Os resultados serão exibidos seguindo a sequência, conforme mostrado abaixo (Figura 11.108).

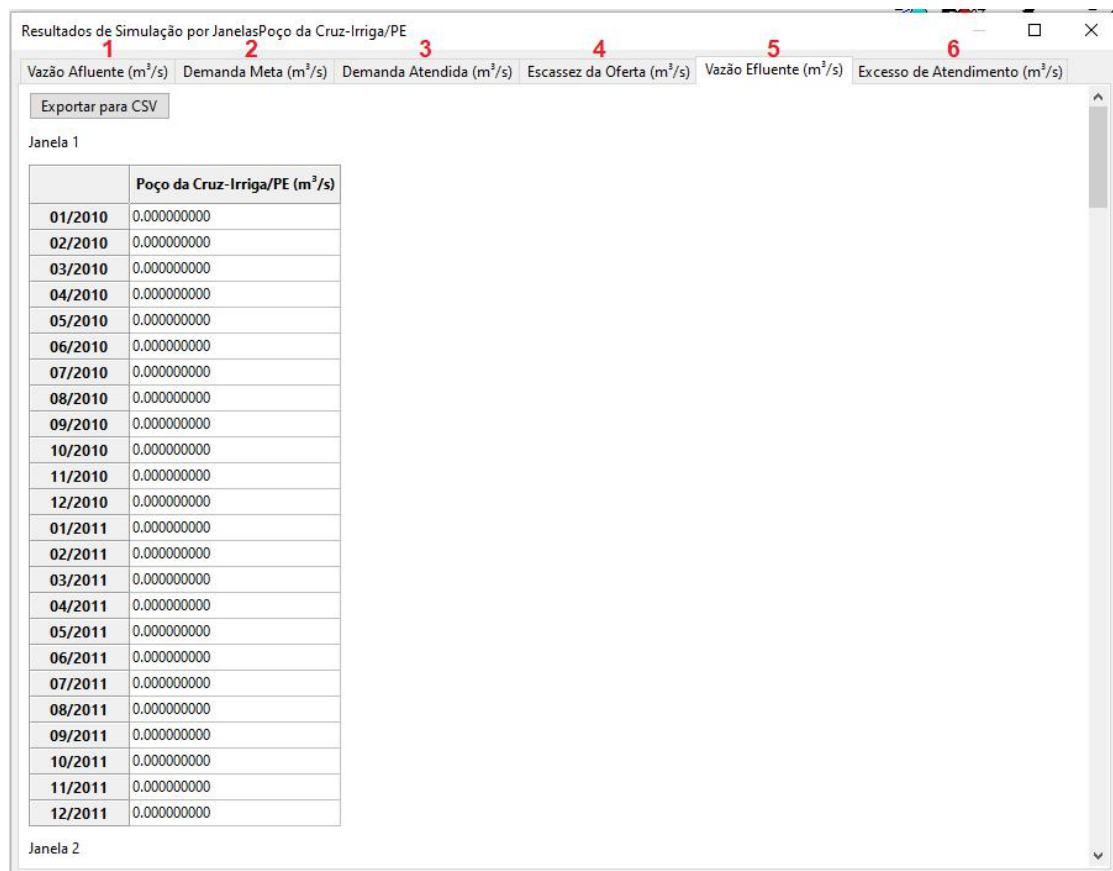
Figura 11.108 - Tela de resultados no modo de simulações janelas para Trechos (rio, riacho ou canal, adutora, etc).

1. **Vazão afluente (m³/s)** – Exibe a série de vazões afluentes ao trecho que será aduzida para atendimento às demandas, volume meta e volume morto dos elementos de jusante;
2. **Vazão efluente (m³/s)** – Exibe a série de vazões efluentes ao trecho que será aduzida para atendimento às demandas, volume meta e volume morto dos elementos de jusante. Sendo deduzidas (quando houver) as perdas em trânsito;
3. **Perda em trânsito (m³/s)** – Exibe a quantidade da vazão que foi perdida no trecho.

4. Limite máximo no trecho atingido – Exibe se o limite máximo foi alcançado no trecho. 1 indica que foi alcançado, 0 caso contrário.

> Resultados por Demanda

Para exibição dos resultados, para **Demanda**, basta dar um **duplo clique** na demanda ou com o botão direito do mouse, clicando em . Além disso, também é possível clicando na opção . Os resultados serão exibidos na sequência, conforme mostrado abaixo (Figura 11.109).



	Poço da Cruz-Irriga/PE (m ³ /s)
01/2010	0.000000000
02/2010	0.000000000
03/2010	0.000000000
04/2010	0.000000000
05/2010	0.000000000
06/2010	0.000000000
07/2010	0.000000000
08/2010	0.000000000
09/2010	0.000000000
10/2010	0.000000000
11/2010	0.000000000
12/2010	0.000000000
01/2011	0.000000000
02/2011	0.000000000
03/2011	0.000000000
04/2011	0.000000000
05/2011	0.000000000
06/2011	0.000000000
07/2011	0.000000000
08/2011	0.000000000
09/2011	0.000000000
10/2011	0.000000000
11/2011	0.000000000
12/2011	0.000000000

Figura 11.109 - Tela de resultados no modo de simulações janelas para Demanda.

- 1. Vazão afluente (m³/s)** – Exibe a série de vazões afluentes para atendimento à demanda;
- 2. Vazão efluente (m³/s)** – Exibe a série de vazões efluentes, caso a demanda necessite repassar água. Quando não ocorre **Vazão efluente = 0**;
- 3. Demanda Meta (m³/s)** – Exibe a série de demanda meta, ou seja, a quantidade de água requerida a cada mês;
- 4. Demanda Atendida (m³/s)** – Exibe a série que indica a quantidade de demanda que foi atendida;
- 5. Escassez de Oferta (m³/s)** – Exibe a série que indica a quantidade de água que faltou para que a demanda seja plenamente atendida;
- 6. Excesso de Atendimento (m³/s)** – Exibe a quantidade de excesso água na demanda;

11.2.3.1 Resultados de Simulação por Janela método via dados globais

➤ Resultados por Reservatório

Para isso basta seguir a ordem, como mostrado na Figura 11.116. Nela, o usuário escolhe as séries dos reservatórios que se deseja obter os resultados. Na região de resultados, marca-se as séries que serão exibidas, clicando em **Série de Resultados**, onde abrirá um caixa de diálogo contendo os anos utilizados na simulação.

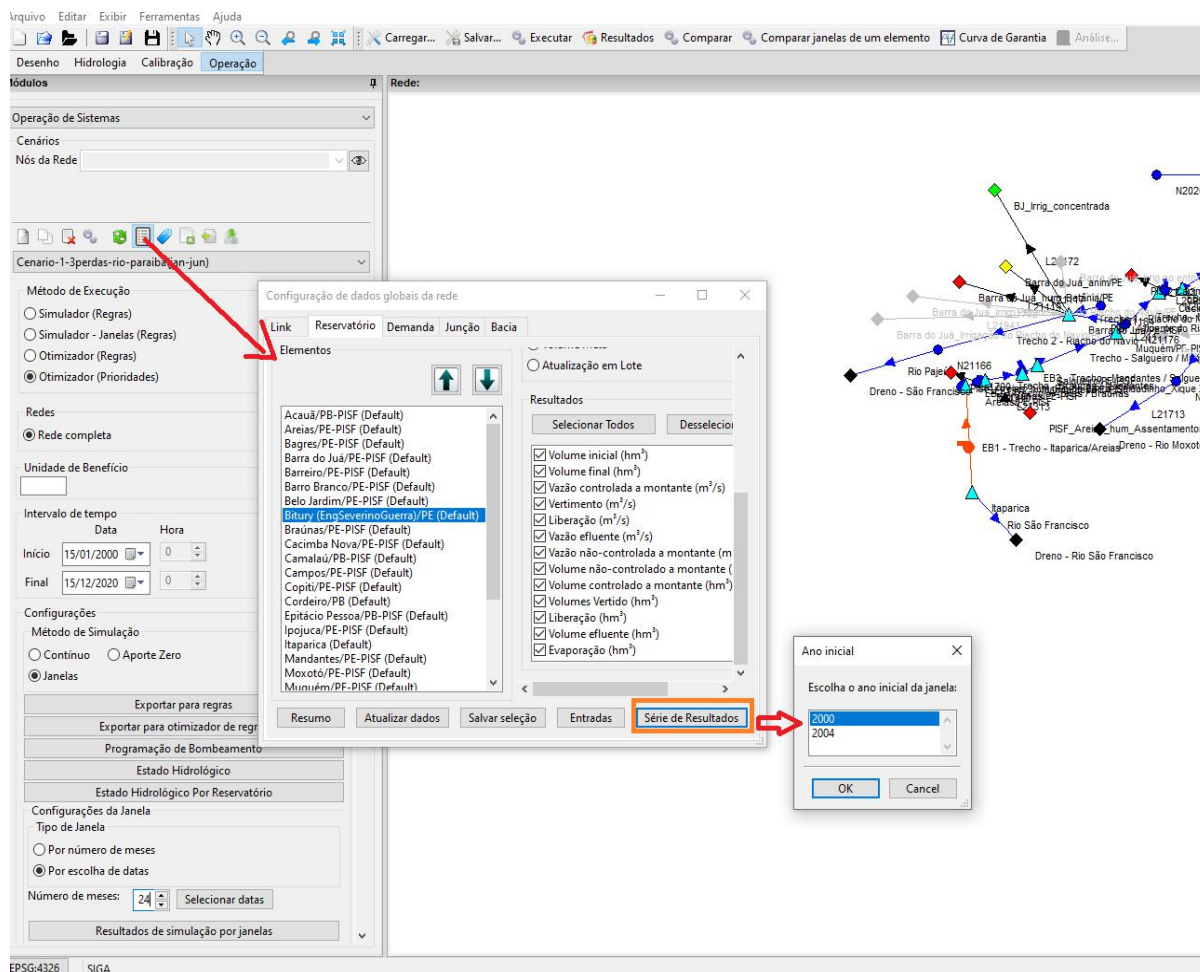


Figura 11.110 - Interface para configuração da tela de resultados no modo de simulações janelas para Reservatórios (Cenário de Clima).

Logo após a escolha do ANO inicial da janela, uma planilha contendo os resultados referentes a janela serão exibidos (Figura 11.111), seguindo a ordem como mostrado a seguir (caso sejam selecionadas todas as séries do reservatório Bitury).

Resultados

Exportar Tabela

Valores das Séries Gráficos

Configurações do Intervalo Data Hora

Início 15/01/2000 0 0

Final 15/12/2001 0 0

Modo de Edição

Série Completa

Aplicar

	1	2	3	4	5	6
	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Volume inicial hm ³	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Volume final hm ³	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Vazão controlada a montante m ³ /s	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Vertimento m ³ /s	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Liberação m ³ /s	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Vazão efluente m ³ /s
01/2000	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
02/2000	0.13	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
03/2000	0.12	0.13	0.00	0.00	0.04	0.04
04/2000	0.13	0.13	0.00	0.00	0.11	0.11
05/2000	0.13	0.13	0.00	0.00	0.10	0.10
06/2000	0.13	0.18	0.00	0.00	0.30	0.30
07/2000	0.18	1.47	0.00	0.00	0.30	0.30
08/2000	1.47	4.66	0.00	0.00	0.04	0.04
09/2000	4.66	4.51	0.00	0.00	0.05	0.05
10/2000	4.51	3.49	0.00	0.00	0.30	0.30
11/2000	3.49	2.51	0.00	0.00	0.30	0.30
12/2000	2.51	1.66	0.00	0.00	0.30	0.30
01/2001	1.66	0.73	0.00	0.00	0.30	0.30
02/2001	0.73	0.13	0.00	0.00	0.22	0.22
03/2001	0.13	0.13	0.00	0.00	0.01	0.01
04/2001	0.13	0.13	0.00	0.00	0.07	0.07
05/2001	0.13	0.13	0.00	0.00	0.01	0.01
06/2001	0.13	0.27	0.00	0.00	0.30	0.30
07/2001	0.27	0.72	0.00	0.00	0.04	0.04
08/2001	0.72	0.80	0.00	0.00	0.04	0.04
09/2001	0.80	0.13	0.00	0.00	0.25	0.25
10/2001	0.13	0.13	0.00	0.00	0.01	0.01
11/2001	0.13	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
12/2001	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00

Resultados

Exportar Tabela

Valores das Séries Gráficos

Configurações do Intervalo Data Hora

Início 15/01/2000 0 0

Final 15/12/2001 0 0

Modo de Edição

Série Completa

Aplicar

	7	8	9	10	11	12	13
	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Vazão não-controlada a montante m ³ /s	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Volume não-controlado a montante hm ³	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Volume controlado a montante hm ³	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Vertimento hm ³	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Liberação hm ³	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Volume efluente hm ³	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Evaporação hm ³
01/2000	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
02/2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
03/2000	0.05	0.13	0.00	0.00	0.12	0.12	0.02
04/2000	0.11	0.29	0.00	0.00	0.28	0.28	0.01
05/2000	0.10	0.27	0.00	0.00	0.26	0.26	0.01
06/2000	0.32	0.83	0.00	0.00	0.78	0.78	0.01
07/2000	0.78	2.09	0.00	0.00	0.81	0.81	0.01
08/2000	1.23	3.29	0.00	0.00	0.10	0.10	0.07
09/2000	0.04	0.10	0.00	0.00	0.14	0.14	0.17
10/2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.81	0.21
11/2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.78	0.19
12/2000	0.02	0.05	0.00	0.00	0.81	0.81	0.16
01/2001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.81	0.12
02/2001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.53	0.06
03/2001	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02
04/2001	0.07	0.18	0.00	0.00	0.17	0.17	0.01
05/2001	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01
06/2001	0.35	0.91	0.00	0.00	0.78	0.78	0.01
07/2001	0.21	0.56	0.00	0.00	0.10	0.10	0.02
08/2001	0.08	0.21	0.00	0.00	0.10	0.10	0.04
09/2001	0.01	0.03	0.00	0.00	0.64	0.64	0.06
10/2001	0.02	0.05	0.00	0.00	0.04	0.04	0.02
11/2001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
12/2001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02

Resultados

Exportar Tabela

Valores das Séries Gráficos

Configurações do Intervalo Data Hora

Início 15/01/2000 0 0

Final 15/12/2001 0 0

Modo de Edição

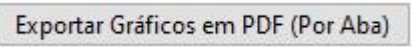
Série Completa

Aplicar

	14	15	16	17	18	19	20
	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Precipitação hm ³	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Cota m	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Área km ²	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Volume Útil %	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Volume Útil hm ³	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Volume Total %	Bitury (EngSeverinoGuerra)/PE Prioridades
01/2000	0.01	81.47	0.12	0.00	0.00	0.82	95.00
02/2000	0.00	81.35	0.11	0.00	0.00	0.72	95.00
03/2000	0.01	81.47	0.12	0.00	0.00	0.82	95.00
04/2000	0.01	81.47	0.12	0.00	0.00	0.82	95.00
05/2000	0.01	81.47	0.12	0.00	0.00	0.82	95.00
06/2000	0.02	81.88	0.14	0.33	0.05	1.14	95.00
07/2000	0.02	85.41	0.64	8.46	1.34	9.21	95.00
08/2000	0.07	88.86	1.24	28.59	4.53	29.27	95.00
09/2000	0.05	88.73	1.21	27.71	4.38	28.30	95.00
10/2000	0.00	87.82	1.03	21.25	3.36	21.89	95.00
11/2000	0.00	86.79	0.87	15.08	2.38	15.78	95.00
12/2000	0.06	85.69	0.69	9.67	1.53	10.40	95.00
01/2001	0.00	84.01	0.41	3.77	0.60	4.55	95.00
02/2001	0.00	81.47	0.12	0.00	0.00	0.82	95.00
03/2001	0.01	81.47	0.12	0.00	0.00	0.82	95.00
04/2001	0.00	81.47	0.12	0.00	0.00	0.82	95.00
05/2001	0.00	81.47	0.12	0.00	0.00	0.82	95.00
06/2001	0.02	82.39	0.18	0.86	0.14	1.67	95.00
07/2001	0.01	84.00	0.41	3.75	0.59	4.54	95.00
08/2001	0.01	84.18	0.44	4.25	0.67	5.04	95.00
09/2001	0.00	81.47	0.12	0.00	0.00	0.82	95.00
10/2001	0.01	81.47	0.12	0.00	0.00	0.82	95.00
11/2001	0.00	81.29	0.10	0.00	0.00	0.69	95.00
12/2001	0.00	81.12	0.09	0.00	0.00	0.59	95.00

Figura 11.111 - Tela de resultados para reservatório pelo método de simulação Janelas (Cenários de Clima).

1. **Volume Final (hm³)** – Exibe volumes finais em detrimento ao balanço hídrico do reservatório;
2. **Volume Inicial (hm³)** – Exibe os volumes iniciais no passo da simulação, sendo, *volume inicial = volume final do mês anterior*;
3. **Vazão não-controlada a montante (m³/s)** – Exibe as vazões afluentes não controladas, ou seja, as vazões naturais geradas pela precipitação na bacia hidrográfica do reservatório;
4. **Vazão controlada a montante (m³/s)** – Exibe a vazões afluentes controladas pelos reservatórios de montante;
5. **Vertimento (m³/s)** – Exibe a série de vertimento do reservatório(s);
6. **Liberação (m³/s)** – Exibe a série de liberações dos reservatórios para atendimento às demandas;
7. **Vazão efluente (m³/s)** – Exibe a série de liberações dos reservatórios para atendimento às demandas somadas ao vertimento;
8. **Volume não-controlado a montante (hm³)** – Exibe o volume gerado pelas vazões naturais incrementais da bacia hidrográfica;
9. **Volume controlado a montante (hm³)** – Exibe o volume gerado pelas vazões controladas pelos reservatórios de montante;
10. **Vertimento (hm³)** – Exibe o volume gerado pelo vertimento;
11. **Liberação (hm³)** – Exibe o volume gerado pelas liberações;
12. **Volume efluente (hm³)** – Exibe o volume gerado pelas liberações somados ao vertimento;
13. **Evaporação (hm³)** – Exibe o volume evaporado do reservatório;
14. **Área (km²)** – Exibe a área referente ao volume armazenado no mês em questão;
15. **Precipitação (hm³)** – Exibe o volume gerado pela precipitação na área do reservatório;
16. **Cota (m)** – Exibe a cota referente ao volume armazenado no mês em questão;
17. **Volume útil (hm³)** – Exibe volume útil ao final do mês corrente ($V_{util} = V_{final} - V_{morto}$, valor mínimo = 0);
18. **Volume útil (%)** – Exibe o percentual do volume útil referente ao final do mês em questão;
19. **Volume total (%)** – Exibe o percentual do volume total referente ao final do mês em questão;
20. **Prioridades** – Exibe o valor das prioridades configuradas na tela principal do projeto de rede de fluxo.

Os resultados podem ser apresentados sob a forma gráfica, sendo apresentado com uma ou mais séries (Figura 11.112). Todos os gráficos podem ser exportados em formato .pdf, para isso basta clicar em .

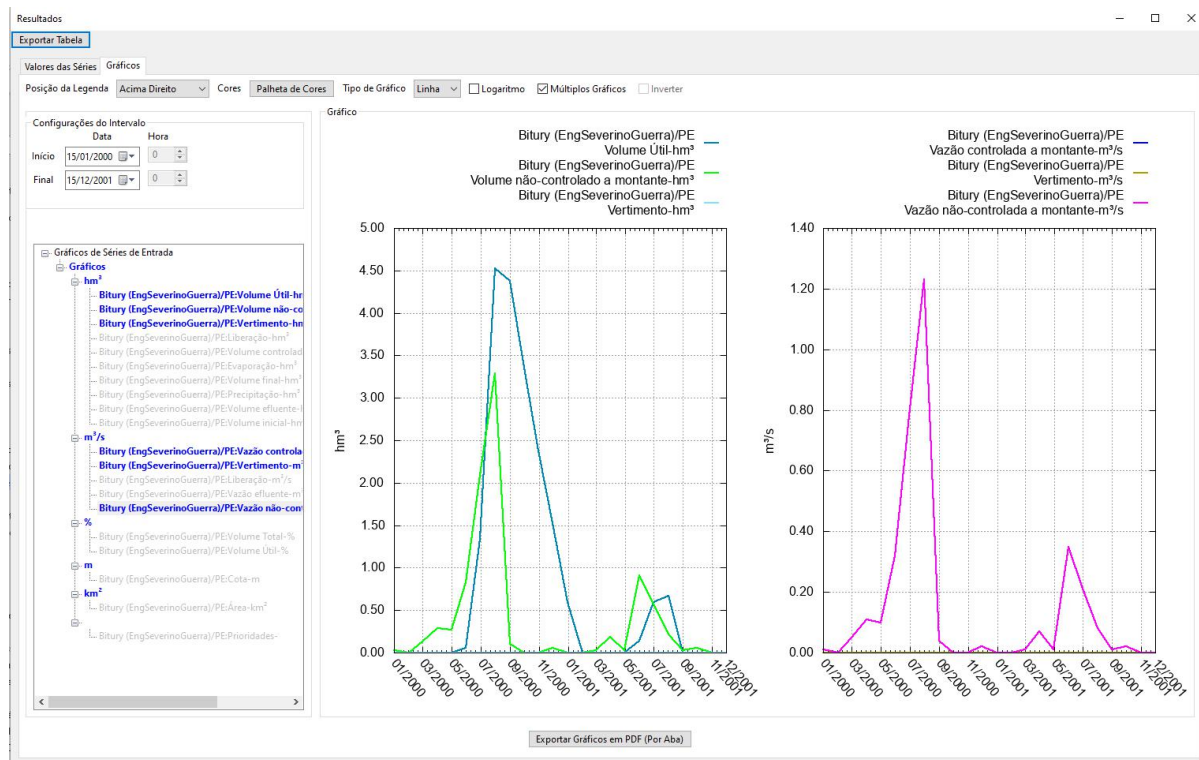


Figura 11.112 - Tela de resultados para reservatório pelo método de simulação Janelas (Cenários de Clima).

➤ **Resultados por Demanda**

Seguindo o mesmo fluxo apresentado na Figura 11.113, sendo para demandas Figura 11.114.

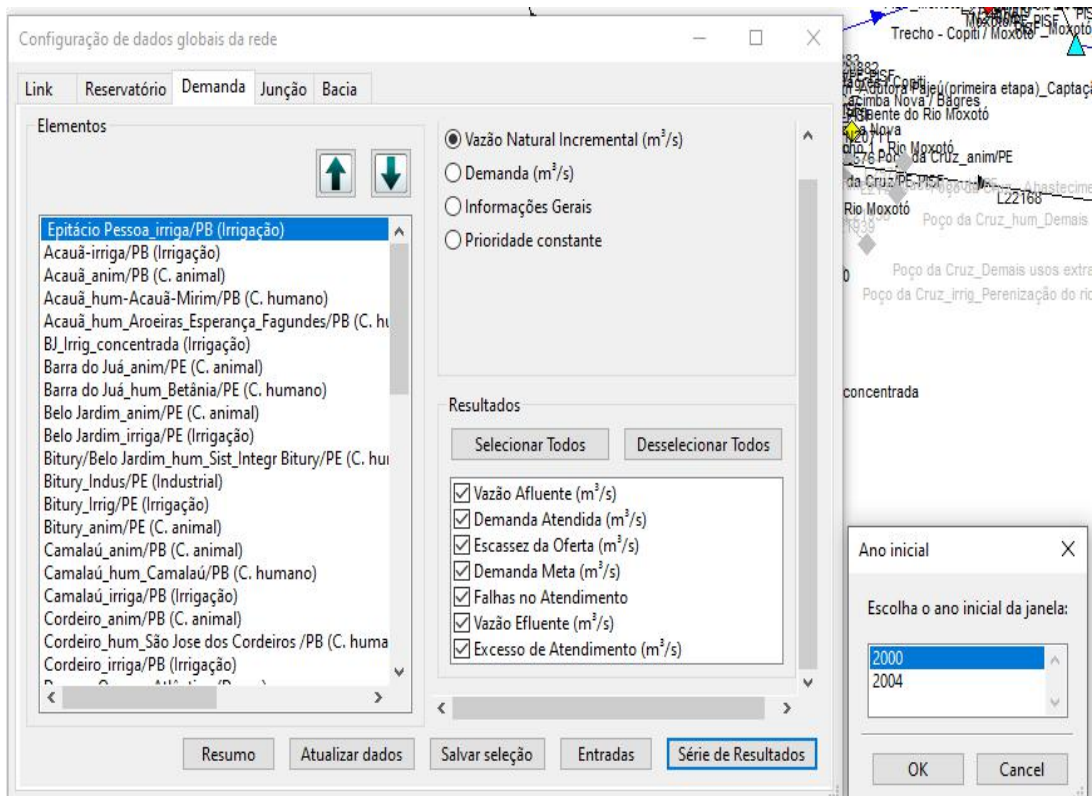


Figura 11.113 - Interface para configuração da tela de resultados no modo de simulações janelas para Demandas (Cenário de Clima).

Os resultados são apresentados seguindo a ordem (considerando que todas as séries foram marcadas), como apresentado na Figura 11.114.

Resultados

Exportar Tabela

Valores das Séries Gráficos

Configurações do Intervalo
 Data Hora
 Início 15/01/2000 0
 Final 15/12/2001 0
 Modo de Edição
 Série Completa
 Aplicar

	1	2	3	4	5	6	7
	Epitácio Pessoa Irriga/PB Vazão Afluente m³/s	Epitácio Pessoa Irriga/PB Demanda Atendida m³/s	Epitácio Pessoa Irriga/PB Escassez da Oferta m³/s	Epitácio Pessoa Irriga/PB Demanda m³/s	Epitácio Pessoa Irriga/PB Falhas no Atendimento	Epitácio Pessoa Irriga/PB Vazão Efluente m³/s	Epitácio Pessoa Irriga/PB Excesso de Atendimento m³/s
01/2000	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
02/2000	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
03/2000	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
04/2000	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
05/2000	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
06/2000	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
07/2000	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
08/2000	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
09/2000	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
10/2000	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
11/2000	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
12/2000	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
01/2001	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
02/2001	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
03/2001	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
04/2001	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
05/2001	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
06/2001	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
07/2001	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
08/2001	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
09/2001	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
10/2001	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
11/2001	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
12/2001	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00

Figura 11.114 - Tela de resultados para demandas pelo método de simulação Janelas (Cenários de Clima).

1. **Vazão afluente (m³/s)** – Exibe a série de vazões afluentes para atendimento à demanda;
2. **Demanda Atendida (m³/s)** – Exibe a série de demanda que pode ser atendida;
3. **Escassez de Oferta (m³/s)** – Exibe a série de demandas que não houve atendimento parcial ou pleno;
4. **Demanda Meta (m³/s)** – Exibe a série de demanda meta, ou série de demanda máxima configurada;
5. **Falhas no Atendimento (m³/s)** – Indica se houve falha no atendimento através da numeração (0 ou 1), se (0) NÃO houve falha, se (1) HOUVE falha;
6. **Vazão efluente (m³/s)** – Exibe a série de vazões efluentes, caso a demanda necessite repassar água. Quando não ocorre **Vazão efluente = 0**;
7. **Excesso de Atendimento (m³/s)** – Exibe a quantidade de água que foi atendida além do que foi pedido na demanda meta (demanda_atendida – demanda meta, valor mínimo = 0).

Os resultados podem ser apresentados sob a forma gráfica, sendo apresentado com uma ou mais variáveis (Figura 11.115).

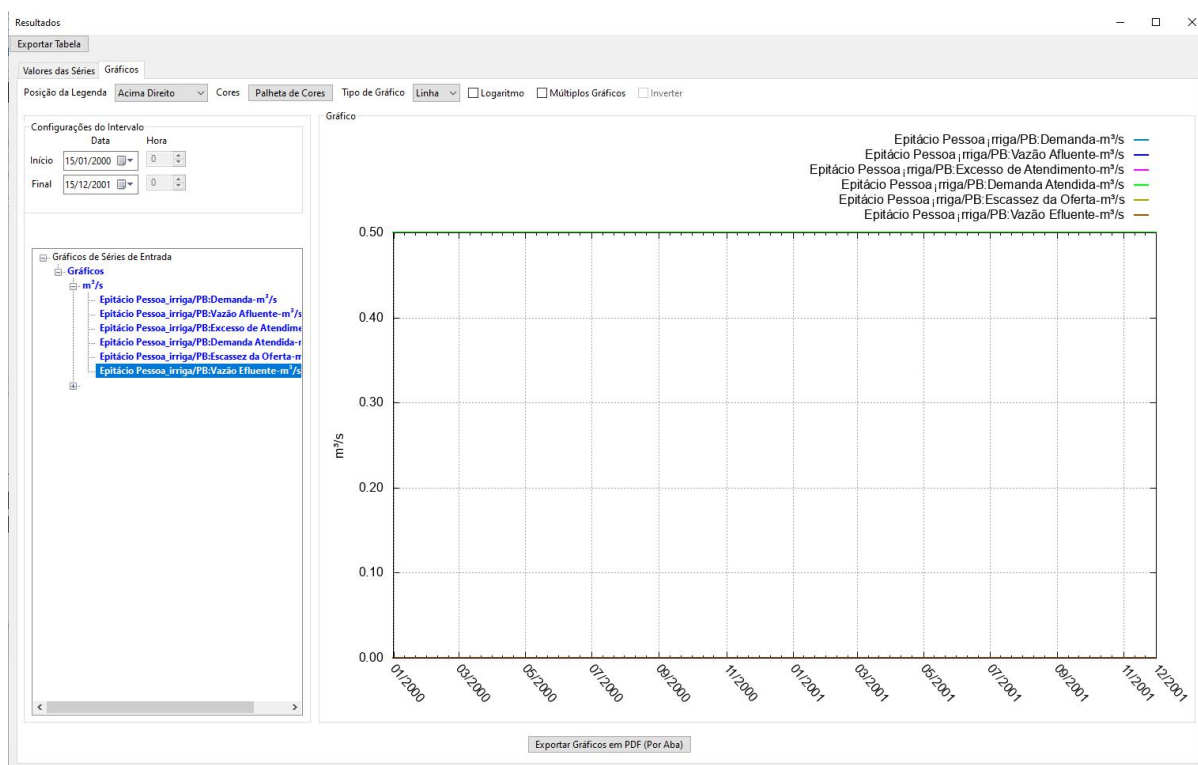


Figura 11.115 - Tela de resultados para demandas pelo método de simulação Janelas (Cenários de Clima).

➤ Resultados por Trecho/Link

Para a apresentação dos resultados, segue a mesma lógica já apresentada anteriormente (Figura 11.113), assim, para exibição dos resultados, conforme mostrado na Figura 11.116.

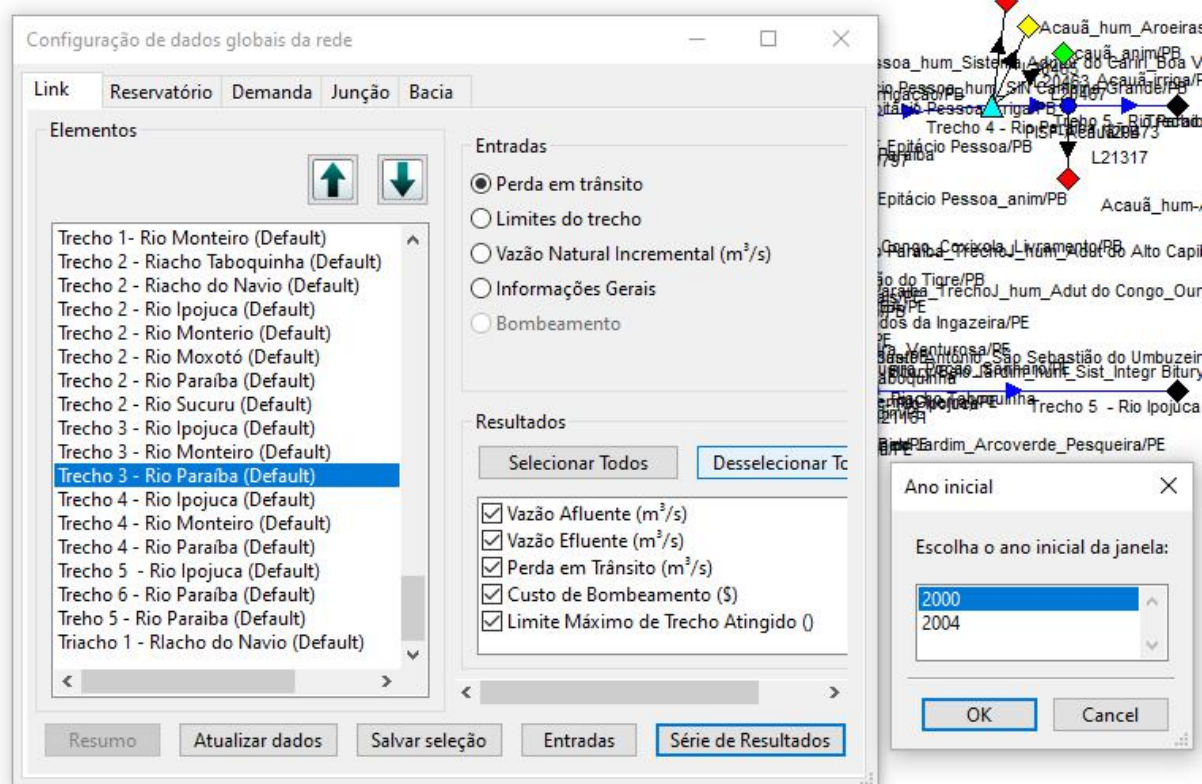


Figura 11.116 - Interface para configuração da tela de resultados no modo de simulações janelas para trecho/link (Cenário de Clima).

Os resultados são apresentados seguindo a ordem (considerando que todas as séries foram marcadas), conforme mostrado na Figura 11.117.

Resultados

Exportar Tabela

Valores das Séries Gráficos

Configurações do Intervalo

Data Hora

Início 15/01/2000 0

Final 15/12/2001 0

Modo de Edição

Série Completa

Aplicar

	1	2	3	4	5
	Trecho 3 - Rio Paraíba Vazão Afluente m ³ /s	Trecho 3 - Rio Paraíba Vazão Efluente m ³ /s	Trecho 3 - Rio Paraíba Perda em Trânsito m ³ /s	Trecho 3 - Rio Paraíba Custo de Bombeamento \$	Trecho 3 - Rio Paraíba Limite Máximo de Trecho Atingido
01/2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02/2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03/2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04/2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05/2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06/2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07/2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08/2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09/2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10/2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11/2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12/2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02/2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03/2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04/2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05/2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06/2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07/2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08/2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09/2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10/2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11/2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12/2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Figura 11.117 - Tela de resultados para trecho de rio, canal, riacho pelo método de simulação Janelas (Cenários de Clima).

1. **Vazão afluente (m³/s)** – Exibe a série de vazões afluentes ao trecho que será aduzida para atendimento às demandas, volume meta e volume morto dos elementos de jusante;
2. **Vazão efluente (m³/s)** – Exibe a série de vazões efluentes ao trecho que será aduzida para atendimento às demandas, volume meta e volume morto dos elementos de jusante. Sendo deduzidas (quando houver) as perdas em trânsito;
3. **Perda em trânsito (m³/s)** – Exibe a quantidade da vazão que foi perdida;
4. **Custo de bombeamento** – Exibe o valor do custo de bombeamento (caso exista);
5. **Limite máximo no trecho atingido** – Exibe se o limite máximo foi alcançado no trecho. 1 indica que foi alcançado, 0 caso contrário.

Os resultados podem ser apresentados sob a forma gráfica, sendo apresentado com uma ou mais variáveis (Figura 11.118).

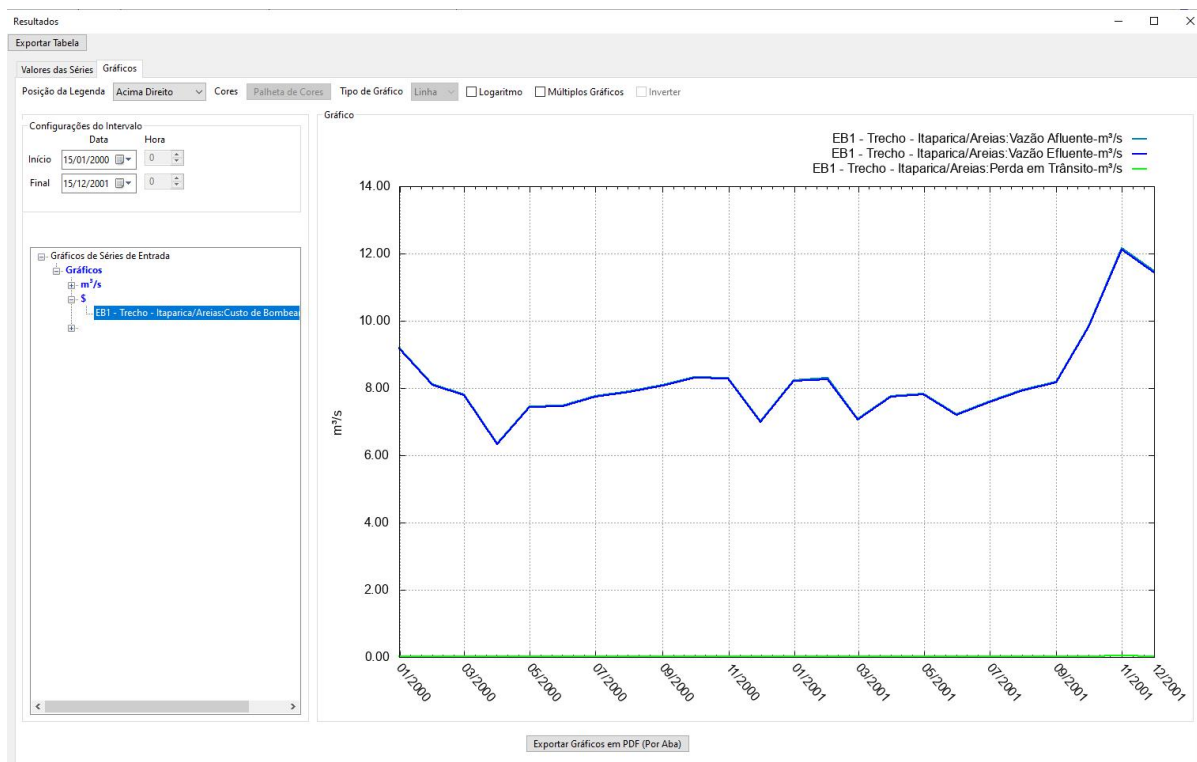



Figura 11.118 - Tela de resultados para reservatório pelo método de simulação Janelas (Cenários de Clima).

11.2.3.2 Explorando Resultados via Comparar Janelas de um Elemento (Método de Simulação Janelas)

Quando se trabalha com diferentes janelas, torna-se possível a comparação dos resultados envolvendo uma mesma série de um elemento (demandas, trechos, reservatórios, etc, para isso, basta clicar em  Comparar janelas de um elemento (Figura 11.119).

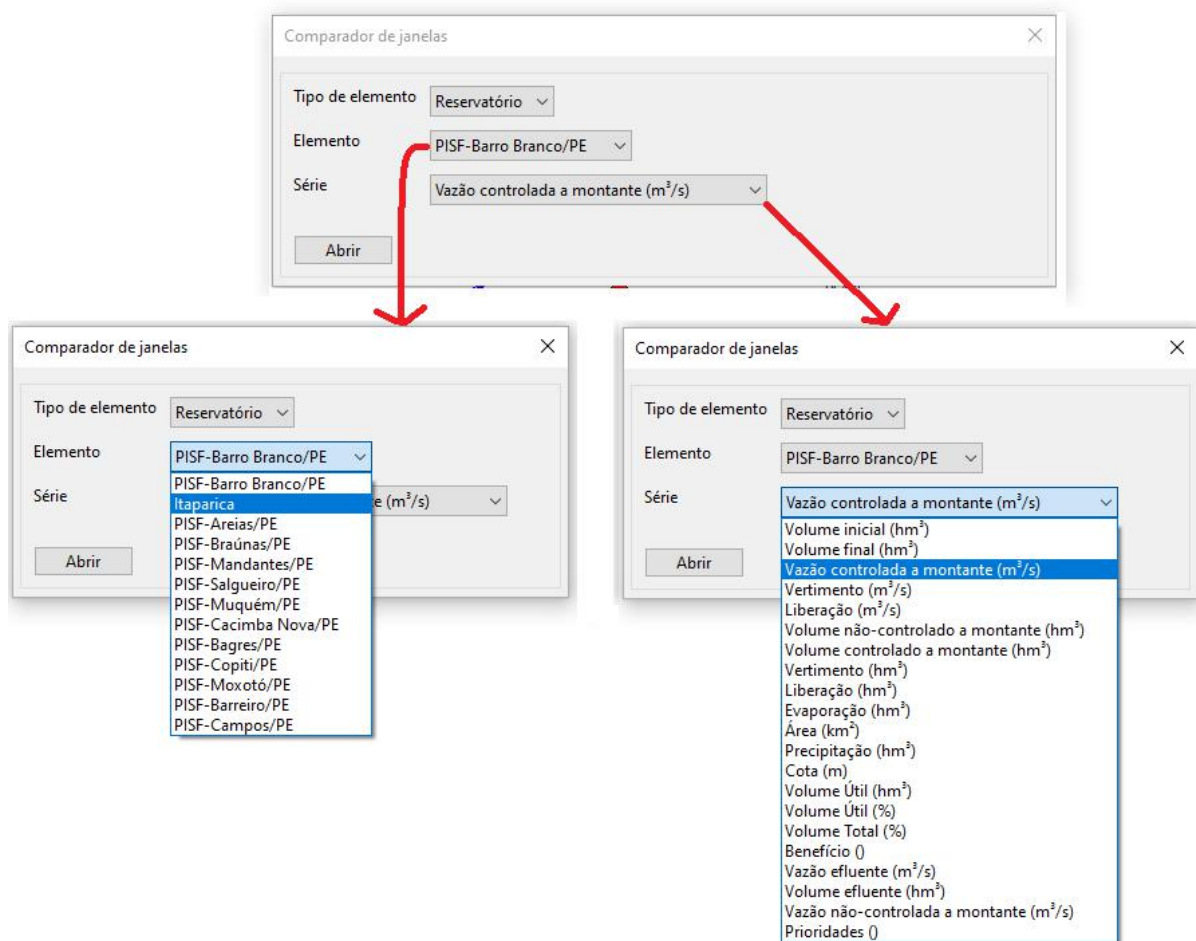



Figura 11.119 - Tela de resultados para reservatório pelo método de simulação Janelas (Cenários de Clima).

Assim, após a escolha da série de interesse basta clicar no botão  , para exibição dos resultados da série em cada janela de simulação. Os resultados podem ser visualizados sob a forma de planilha (Figura 11.120), ou sob a forma gráfica (Figura 11.121).

Comparando janelas

Exportar Tabela

Valores das Séries Gráficos

	PISF-Barro Branco/PE-Vazão controlada a montante-m ³ /s-1961	PISF-Barro Branco/PE-Vazão controlada a montante-m ³ /s-1963	PISF-Barro Branco/PE-Vazão controlada a montante-m ³ /s-1973
1º Mês	4.27327	4.27435	4.27435
2º Mês	2.77588	2.77588	2.77588
3º Mês	2.77675	2.77658	2.77383
4º Mês	2.77733	2.77646	2.77606
5º Mês	2.77747	2.77711	2.77747
6º Mês	2.77761	2.76849	2.77663
7º Mês	7.58698	7.69583	7.65970
8º Mês	7.62346	7.69979	7.89181
9º Mês	7.72921	7.80858	8.63900
10º Mês	7.63894	7.74671	8.45825
11º Mês	7.68812	7.71316	7.77260
12º Mês	4.27405	4.27306	4.26334
13º Mês	4.27472	4.27251	4.27435
14º Mês	2.77588	2.77513	2.77588
15º Mês	2.77651	2.77465	2.77641
16º Mês	2.77733	2.77733	2.77733
17º Mês	2.77722	2.77697	2.77539
18º Mês	2.77579	2.77468	2.77558

Figura 11.120 - Tela de resultados para reservatório (vazão controlada a montante) pelo método de simulação Janelas (Cenários de Clima).

Na forma gráfica, o usuário pode escolher exibir apenas a janela de interesse ou todas as janelas, para isto, basta clicar com o botão direito do mouse sobre a palavra **Gráfico** e clicar em **Selecionar Tudo** (Figura 11.121).

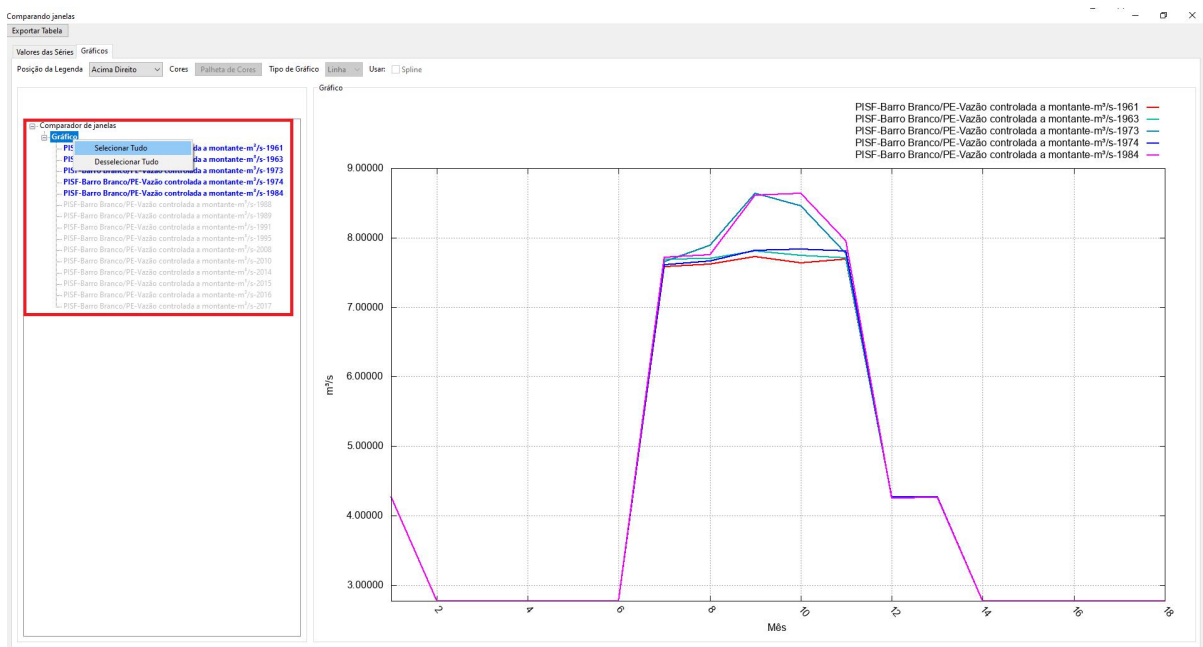


Figura 11.121 - Tela de resultados para reservatório (vazão controlada a montante) pelo método de simulação Janelas (Cenários de Clima).

Resultados de Simulação por Janelas

Vazão afluyente (m³/s) | Vazão efluente (m³/s) | Custo de bombeamento (m³/s) | Perda em trânsito (m³/s) | Limite máximo de trecho atingido ()

Exportar para CSV

Janela 1


	EB5 - Trecho - Moxotó Barreiro (m ³ /s)
07/1961	4.75883
08/1961	3.30384
09/1961	3.32746
10/1961	3.34055
11/1961	3.34382
12/1961	3.34384
01/1962	8.18000
02/1962	8.18000
03/1962	8.18000
04/1962	8.18000
05/1962	8.18000
06/1962	4.76797
07/1962	4.79953
08/1962	3.30782
09/1962	3.32222
10/1962	3.34055
11/1962	3.33615
12/1962	3.30624

Janela 2

	EB5 - Trecho - Moxotó Barreiro (m ³ /s)
07/1963	4.79129
08/1963	3.30782
09/1963	3.32374
10/1963	3.32143
11/1963	3.33421
12/1963	3.11861
01/1964	8.18000
02/1964	8.18000
03/1964	8.18000
04/1964	8.18000
05/1964	8.18000

Figura 11.123 - Tela indicando que o limite máximo no trecho suportado foi atingido, nas janelas de resultados.

11.2.4 Ferramenta Para Executar Todos os Cenários

Quando no projeto existem diferentes cenários é possível a execução de todos os cenários e/ou parte deles, de uma única vez, dependendo do objetivo da simulação. Para isso basta clicar em , onde o usuário escolhe os cenários que farão parte de o processo (Figura 11.124).

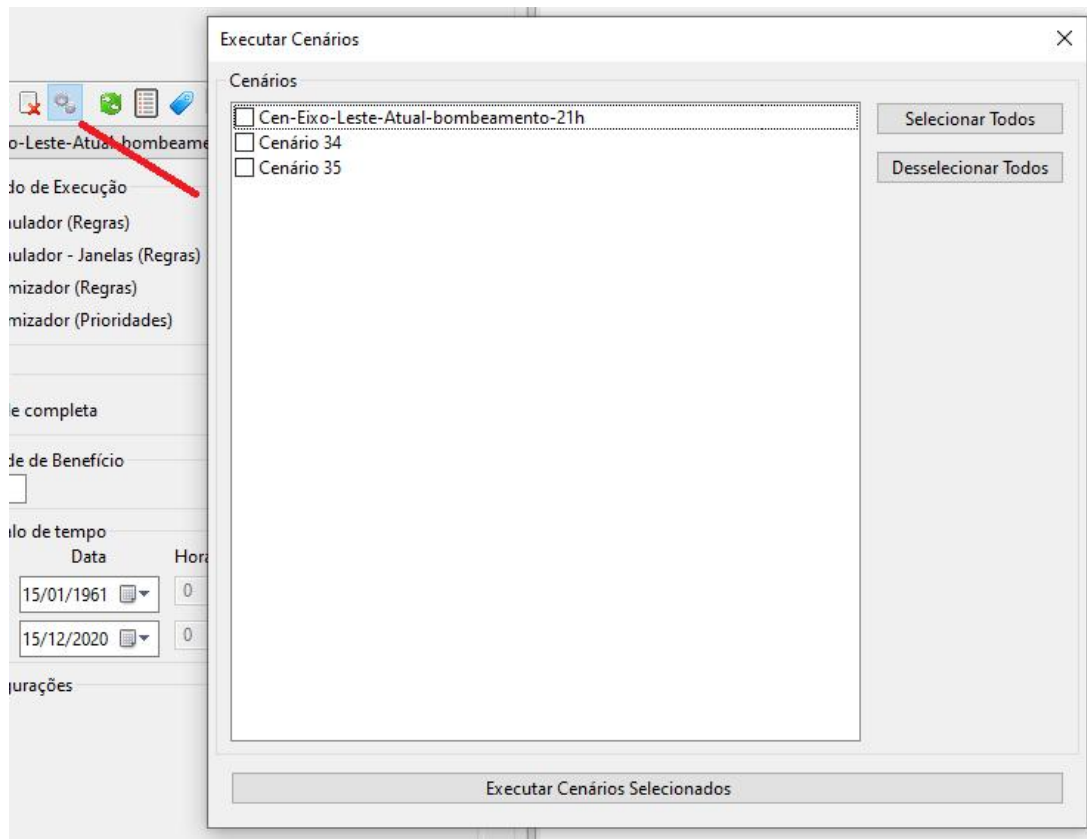


Figura 11.124 - Interface para escolha e execução de diferentes cenários (projetos. siga).

De posse dos cenários selecionados, para executá-los basta clicar em **Executar Cenários Selecionados**, onde aparecerá uma tela mostrando o cenário que está sendo executado (Figura 11.125)

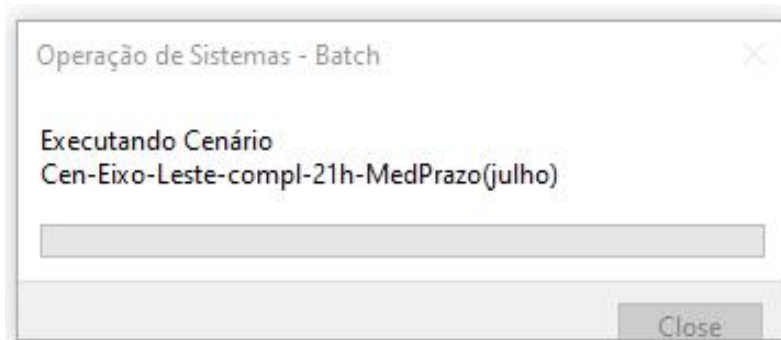


Figura 11.125 – Interface para escolha e execução de diferentes cenários (projetos. SIGA).

Caso alguma informação tenha sido preenchida errada ou incompleta, aparecerá uma tela exibindo as informações de erro para serem corrigidas (Figura 11.126).

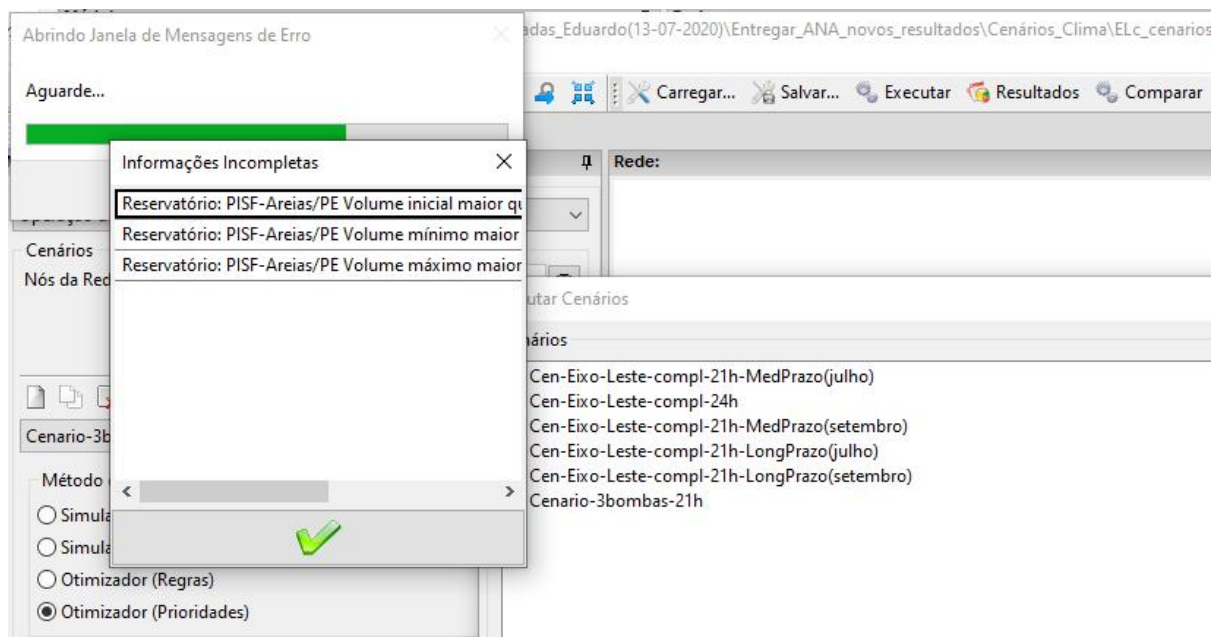


Figura 11.126 - Interface exibindo mensagem de erro.

Independente do Método de Simulação, se **Contínuo** ou **Janelas**, ambos podem fazer uso dessa funcionalidade (Figura 11.127).

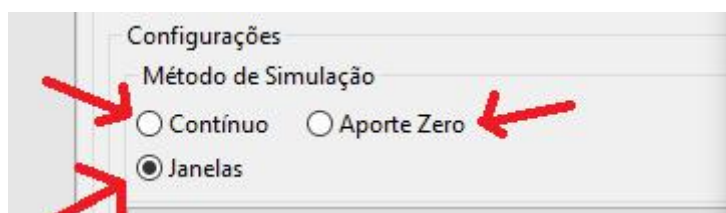


Figura 11.127 - Interface indicando o método de simulação.

OBS: Lembrando que ao marcar o **Aporte Zero**, significa que a simulação será realizada pelo método contínuo, porém considerando as vazões naturais incrementais e precipitações dos reservatórios com valores zerados.

11.3 Otimização de Regras

A busca de soluções ótimas no que se refere à determinação de diretrizes operacionais ótimas para sistemas de reservatórios é de fundamental importância para o gerenciamento e planejamento da operação destes. Dentro do SIGA, esta funcionalidade permite que as regras predefinidas no sistema sejam otimizadas baseadas na minimização ou maximização de funções objetivo predefinidas e disponibilizadas.

A utilização de técnicas baseadas em múltiplos objetivos vai ao encontro da própria natureza de sistemas de reservatórios, que é o atendimento de diversos propósitos diferentes. Portanto, no SIGA é possível realizar otimizações sob o enfoque com objetivo único ou multiobjetivo.

Analogamente à calibração de modelos chuva-vazão, o uso de métodos matemáticos para a busca de soluções ótimas pode também ser direcionado para otimização de regras da operação de reservatórios. No SIGA, os algoritmos evolucionários MOPSO e SMPSO podem ser utilizados para a realização da otimização das regras.

11.3.1 Funções Objetivo

A aplicação de otimização de regras inicia-se com a definição da(s) função(ões) objetivo(s) a ser(em) utilizada(s). Na interface principal do módulo de operação de sistemas, quando feita a seleção de Otimizador de Regras o usuário terá acesso à interface das funções objetivo disponíveis (Figura 11.128). O usuário poderá habilitar uma ou mais funções objetivo a serem consideradas na otimização clicando no *check-box* referente a cada opção de função objetivo. Caso não esteja aparecendo as configurações, basta clicar em um reservatório (▲) qualquer que seja ativado a tela para as configurações.

Selecionado uma função objetivo, será apresentado uma caixa de diálogo para entrada de dados específica para a função objetivo selecionada. As funções disponíveis são: *Perdas por Evaporação*, *Custo de Bombeamento*, *Número de Falhas*, *Garantia de Atendimento*, *Volume não-Atendido*, *Custos de bombeamento periódico*, *Benefício*, *Volume vertido e Volume meta*.

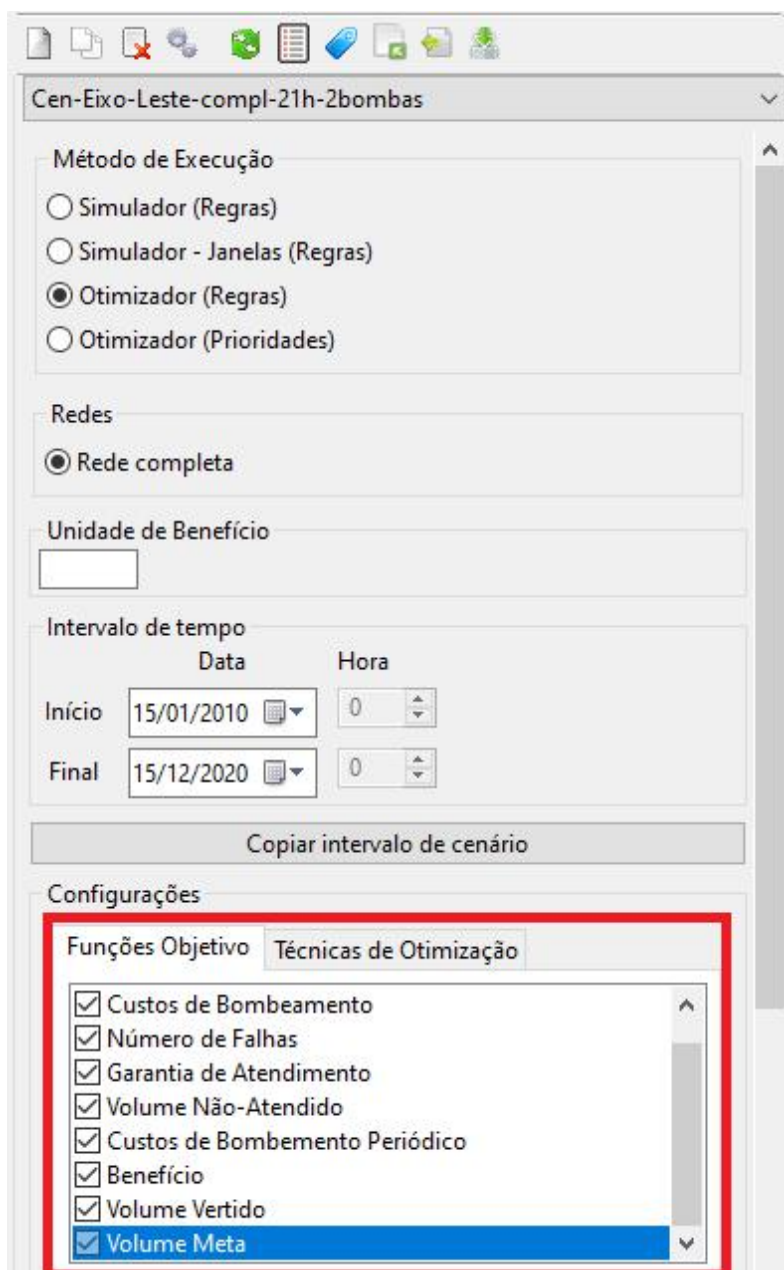


Figura 11.128 - Interface para seleção de funções objetivos em otimização de regras.

Para a função objetivo *Perdas por Evaporação*, a interface é apresentada como mostrada na Figura 11.129. Nesta, o usuário deverá informar se deseja minimizar ou maximizar as perdas por evaporação e quais reservatórios do sistema serão utilizados para contabilizar as perdas por evaporação no cálculo total de perdas por evaporação do sistema.

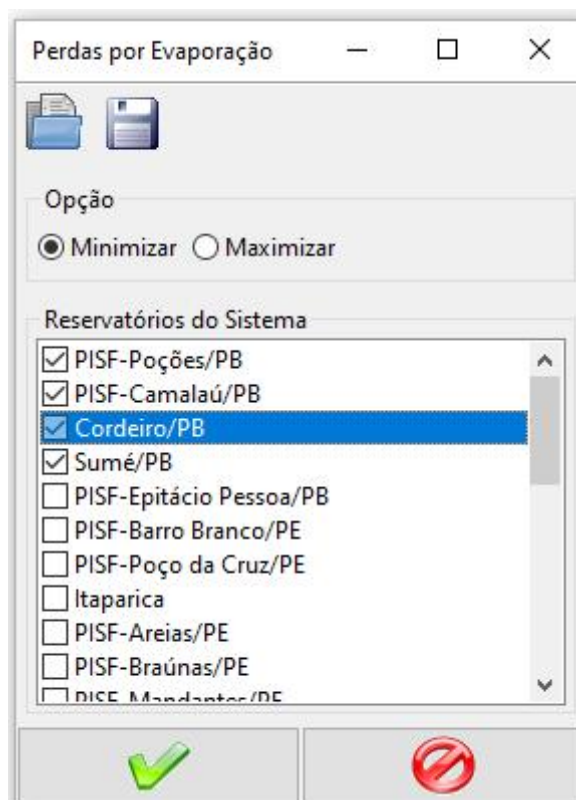


Figura 11.129 - Interface para entrada de dados da função objetivo Perdas por Evaporação.

Para a função objetivo *Custos de Bombeamento*, a interface é apresentada como mostrada na Figura 11.130, onde o usuário deverá informar quais trechos com bombeamento serão considerados para compor o custo total de bombeamento do sistema. O modelo disponibilizado para compor os custos de bombeamento é composto de um custo fixo dependendo da faixa de bombeamento e de custos unitários dependendo da estação, seca ou úmida. O usuário também precisa definir os meses que serão considerados como estação úmida.

Custos de Bombeamento

Minimizar Maximizar

Trechos com Bombeamento do Sistema

- EB3 - Trecho - Mandantes / Salgueiro
- EB1 - Trecho - Itaparica/Areias
- EB4 - Trecho - Cacimba Nova / Bagres
- EB5 - Trecho - Moxotó Barreiro
- EB6 - Trecho - Barreiro / Campos
- EB2 - Trecho - Areias / Braúnas

Informações de Custo dos Trechos Selecionados

	Custo fixo R\$	Limite Superior de Bombeamento m ³ /s	Custo unitário Estação Seca R\$/m ³	Custo unitário Estação Úmida R\$/m ³	Armazenamento do Reservatório %

Período Úmido




 

Figura 11.130 - Interface para definições da função objetivo Custos de Bombeamento.

Para a função objetivo *Número de Falhas*, a interface é apresentada como mostrada na Figura 11.131. Nela, o usuário deverá informar quais demandas do sistema serão utilizados para contabilizar as falhas totais.

Para a função objetivo *Garantia de Atendimento*, a interface é apresentada como mostrada na Figura 11.132. Nela, o usuário deverá informar quais demandas serão utilizados e suas respectivas garantias desejadas. Nesse caso, a função objetivo sempre é de maximização.

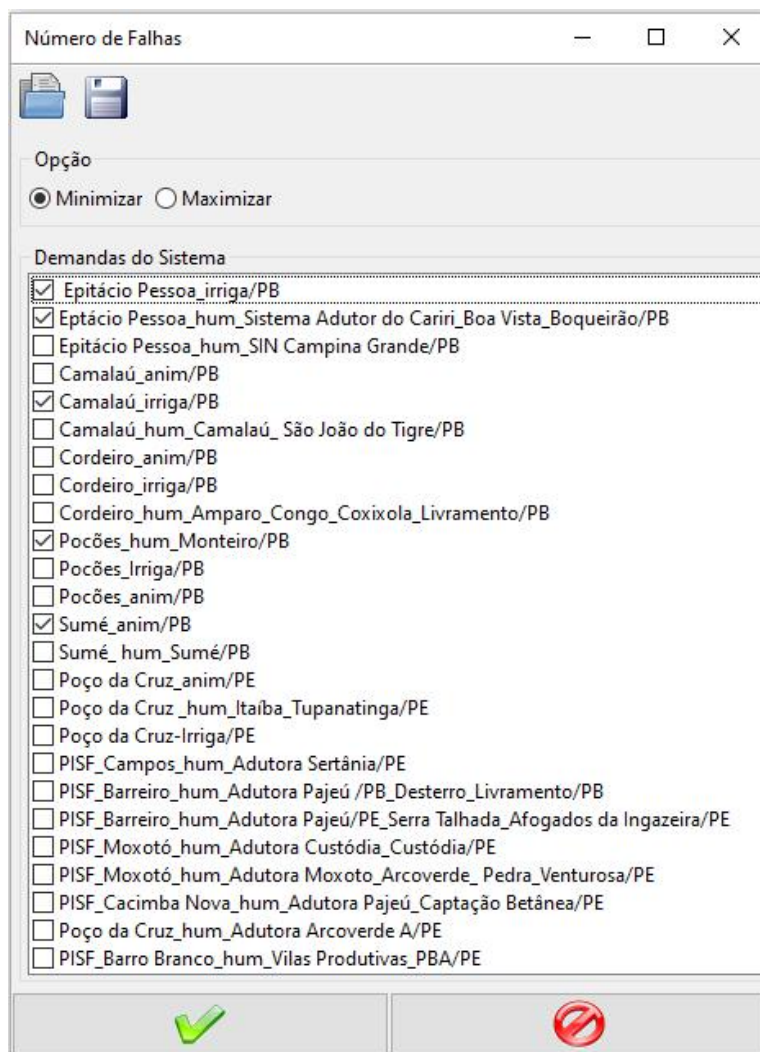


Figura 11.131 - Interface para função objetivo Número de Falhas.

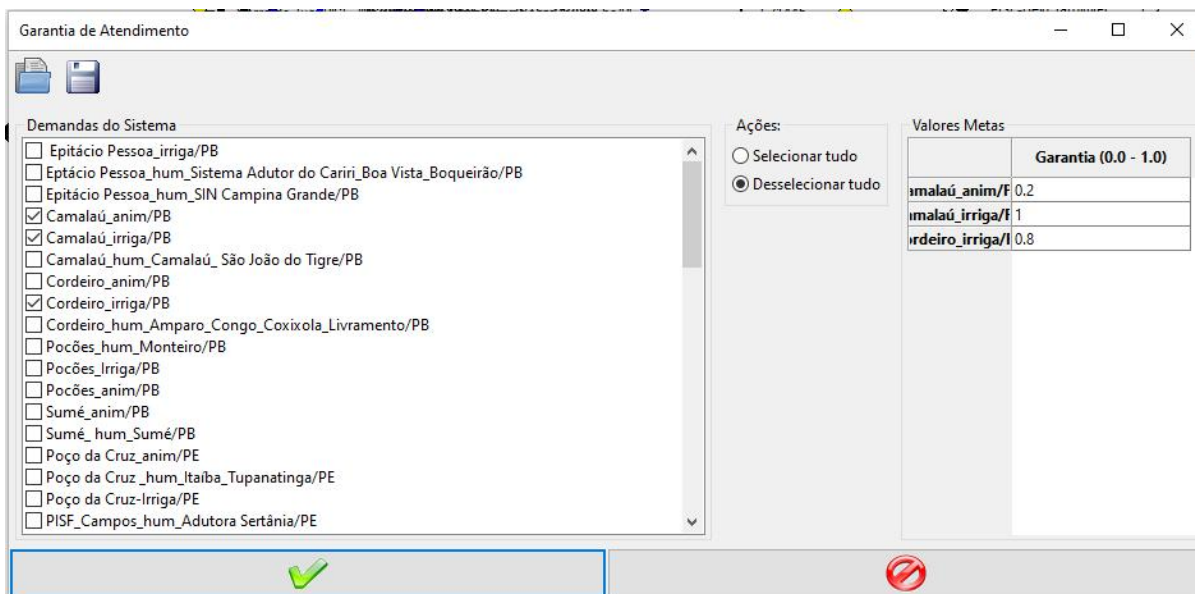


Figura 11.132 - Interface para função objetivo Garantia de Atendimento.

Para a função objetivo *Volume não-Atendido*, a interface é apresentada como mostrada na Figura 11.133. Nela, o usuário deverá informar qual(is) demanda(s) será(ao) utilizada(s) para compor o Volume Total não-Atendido pelo sistema.

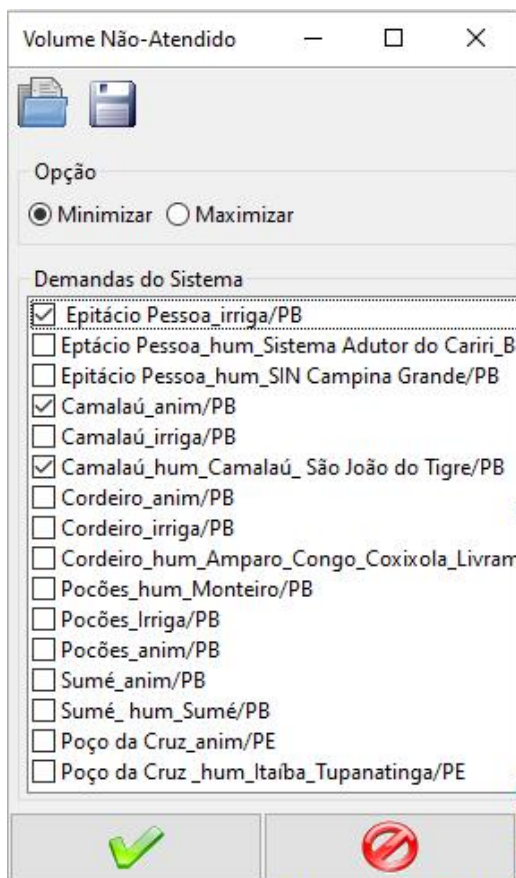


Figura 11.133 - Interface para função objetivo Volume não-Atendido.

Para a função objetivo *Custo de bombeamento periódico*, a interface é apresentada como mostrada na Figura 11.134. Nela, o usuário deverá informar quais os trechos de bombeamento que deverão ser considerados no cálculo.

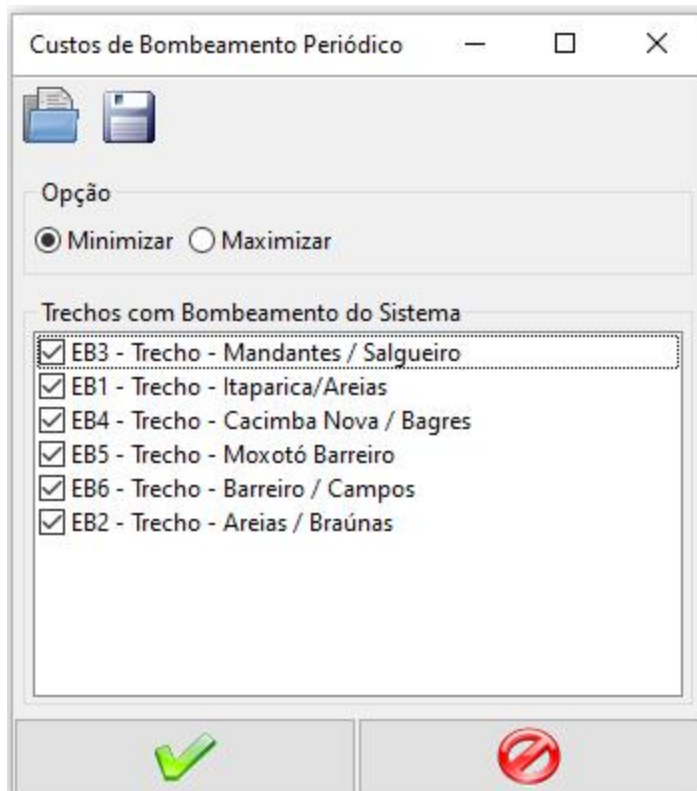


Figura 11.134 - Interface para função objetivo Custo de Bombeamento Periódico.

Para a função objetivo *Benefício*, a interface é apresentada como mostrada na Figura 11.135. Nela, o usuário deverá informar em quais reservatórios de benefícios deverão ser maximizados ou minimizados.

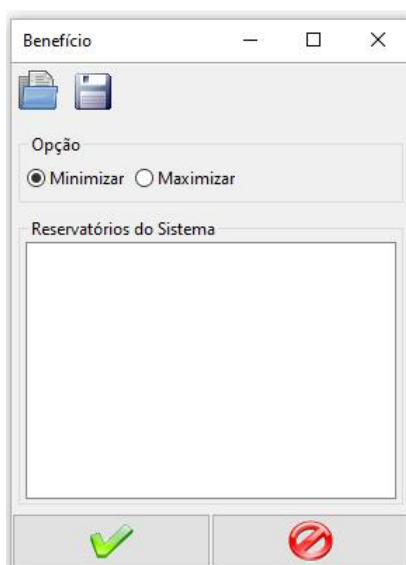


Figura 11.135 - Interface para função objetivo Benefício.

Para a função objetivo *Volume Vertido*, a interface é apresentada como mostrada na Figura 11.136. Nela, o usuário deverá informar quais reservatórios terão seus vertimentos minimizados ou maximizados.

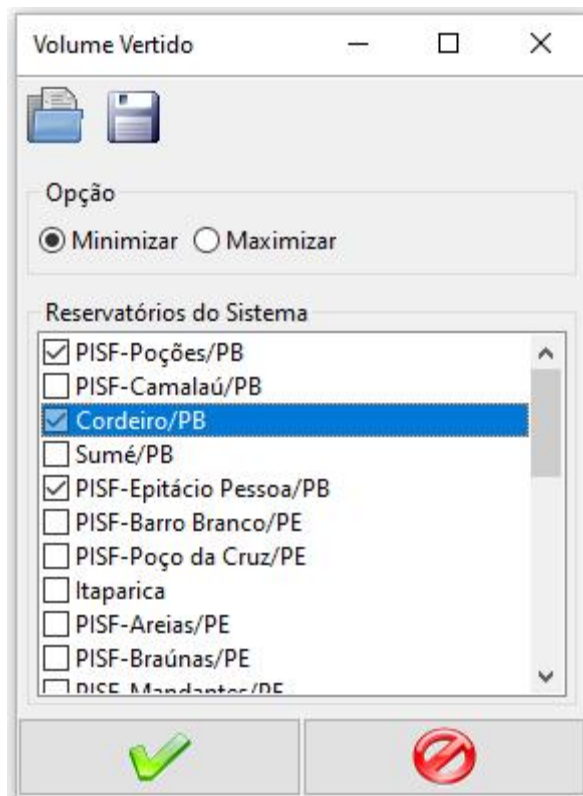


Figura 11.136 - Interface para função objetivo *Volume Vertido*.

Para a função objetivo *Volume Meta*, a interface é apresentada conforme mostrada na Figura 11.137. Nela, o usuário deverá informar quais reservatórios o algoritmo deverá buscar manter no Volume Meta. A porcentagem do valor do volume do reservatório que o algoritmo de otimização buscará manter fica entre 0 e 1 (0% e 100%).



The screenshot shows a window titled "Volume Meta" with a list of 15 items. Each item consists of a checkbox, a text label, and a small input box containing the number "1". At the bottom of the window, there are two buttons: a green checkmark button and a red prohibition sign button.

Item	Value
<input type="checkbox"/> PISF-Poçoões/PB	1
<input type="checkbox"/> PISF-Camalaú/PB	1
<input type="checkbox"/> Cordeiro/PB	1
<input type="checkbox"/> Sumé/PB	1
<input type="checkbox"/> PISF-Epitácio Pessoa	1
<input type="checkbox"/> PISF-Barro Branco/PE	1
<input type="checkbox"/> PISF-Poço da Cruz/PE	1
<input type="checkbox"/> Itaparica	1
<input type="checkbox"/> PISF-Areias/PE	1
<input type="checkbox"/> PISF-Braúnas/PE	1
<input type="checkbox"/> PISF-Mandantes/PE	1
<input type="checkbox"/> PISF-Salgueiro/PE	1
<input type="checkbox"/> PISF-Muquém/PE	1
<input type="checkbox"/> PISF-C.../PE	1

Figura 11.137 - Interface para ajuste dos Volumes Meta.

As técnicas de otimização utilizadas são duas (Figura 11.138):

I) O algoritmo MOPSO (*Multiobjective Particle Swarm Optimization*) é a versão multiobjetivo do algoritmo PSO (*Particle Swarm Optimization*), proposto inicial por Kennedy e Eberhart (1995), que se baseia no comportamento social (em grupo) de animais (pássaros, insetos, peixes) dispersos num espaço e que se agrupam para buscar seu ninho ou alimento.

II) O algoritmo SMPPO (*Speed-constrained Multi-objective PSO*) é uma metaheurística baseada no algoritmo MOPSO que foi projetada para lidar com as dificuldades dessa técnica na resolução de problemas multimodais. A abordagem SMPPO trata de realizar uma aplicação envolvendo a velocidade de restrição, no intuito de controlar a chamada explosão de enxame. A PSO (*Particle Swarm Optimization*) é uma metaheurística bioinspirada que imita o comportamento social de bando de pássaros ou cardume. A seleção do líder leva em consideração à distância de aglomeração (*crowding distance*) (NEBRO *et al.*, 2009).

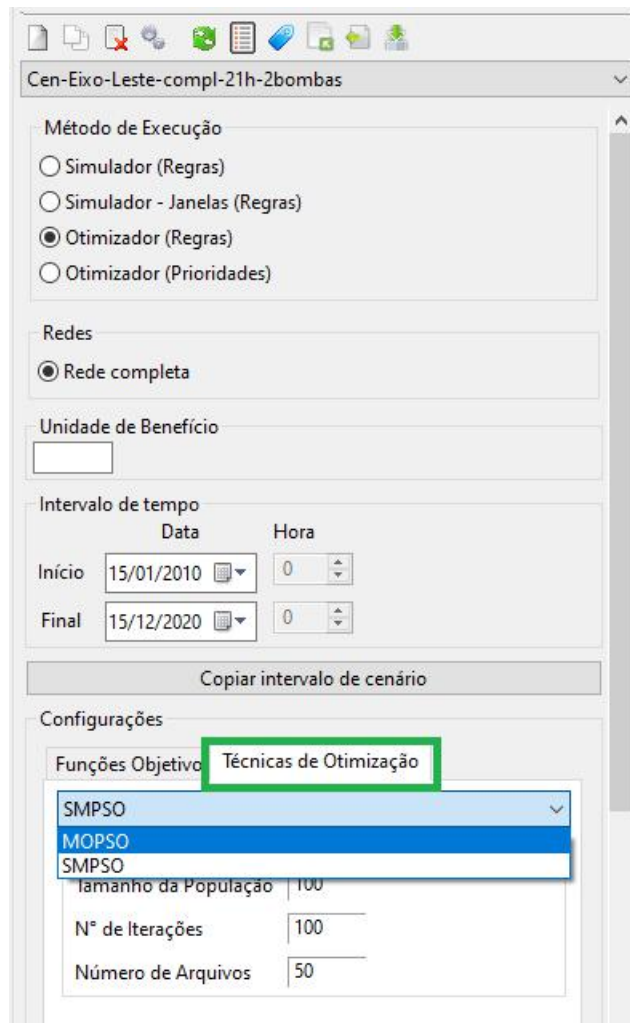


Figura 11.138 - Interface para escolha das técnicas de otimização.

11.3.2 Variáveis de Decisão

Cada regra de liberação anteriormente citada no item 11.2.1.1 apresenta-se no *Otimizador de Regras* como uma possibilidade de variável de decisão. Mantendo o mesmo padrão presente em todo o módulo de operação de reservatórios, o usuário deve selecionar a(s) regra(s) que deseja otimizar por meio da aba Regras. As opções de regras são as mesmas apresentadas no item 11.2.1 e o formato das interfaces também é o mesmo. Assim, o usuário seleciona a regra a ser otimizada por meio do botão *Habilitar* e em seguida seleciona a regra a ser otimizada e clica no check-box *Otimizar* da interface (Figura 11.139).

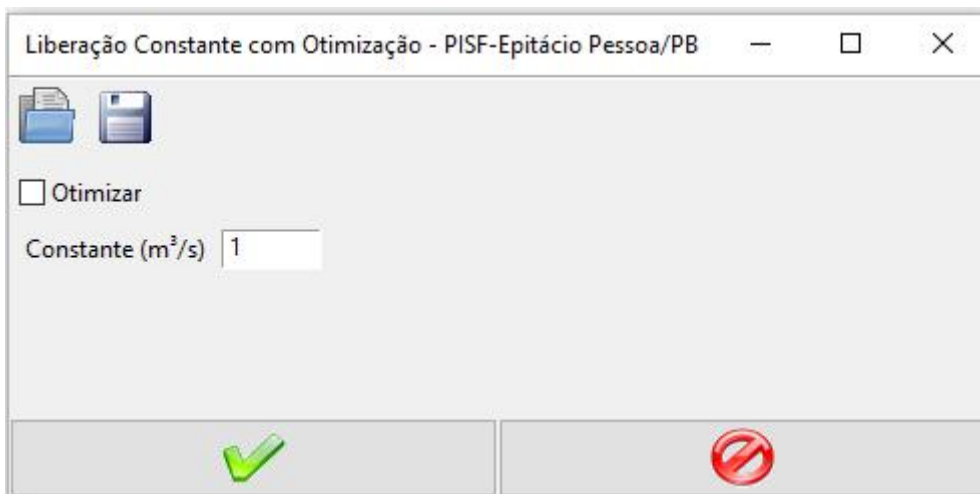


Figura 11.139 - Interface para Liberação Constante com Otimização.

Para a liberação constante, uma vez selecionado *Otimizar*, a interface será alterada para que sejam informados os valores de limite inferior e limite superior da liberação, como apresentado na Figura 11.140. Assim, o valor otimizado ficará entre esses dois limites.

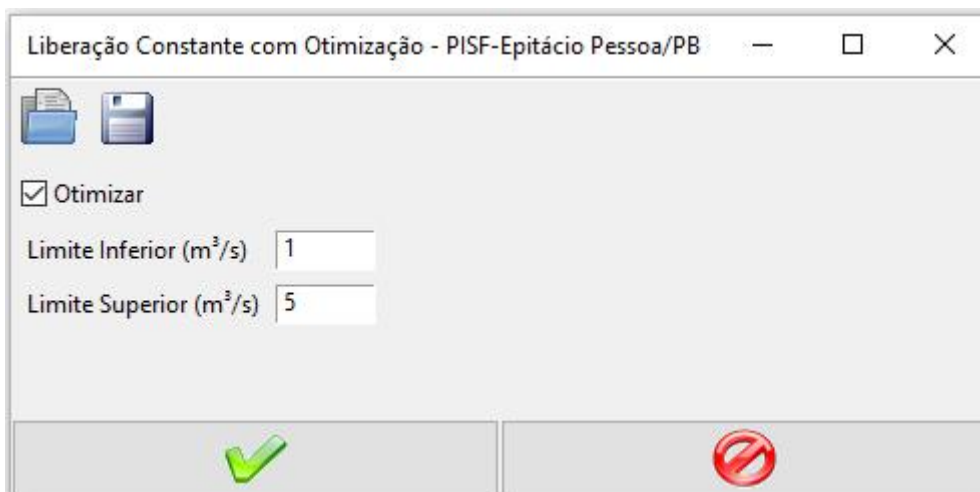


Figura 11.140 - Interface para Liberação Constante com Otimização Habilitada.

Para a liberação periódica, a interface é apresentada como mostrada na Figura 11.141. Nela, o usuário deve indicar a vazão de que mês(es) será(ão) otimizada(s). Cada valor selecionado como *Otimizar* é considerado uma variável de decisão para o problema.

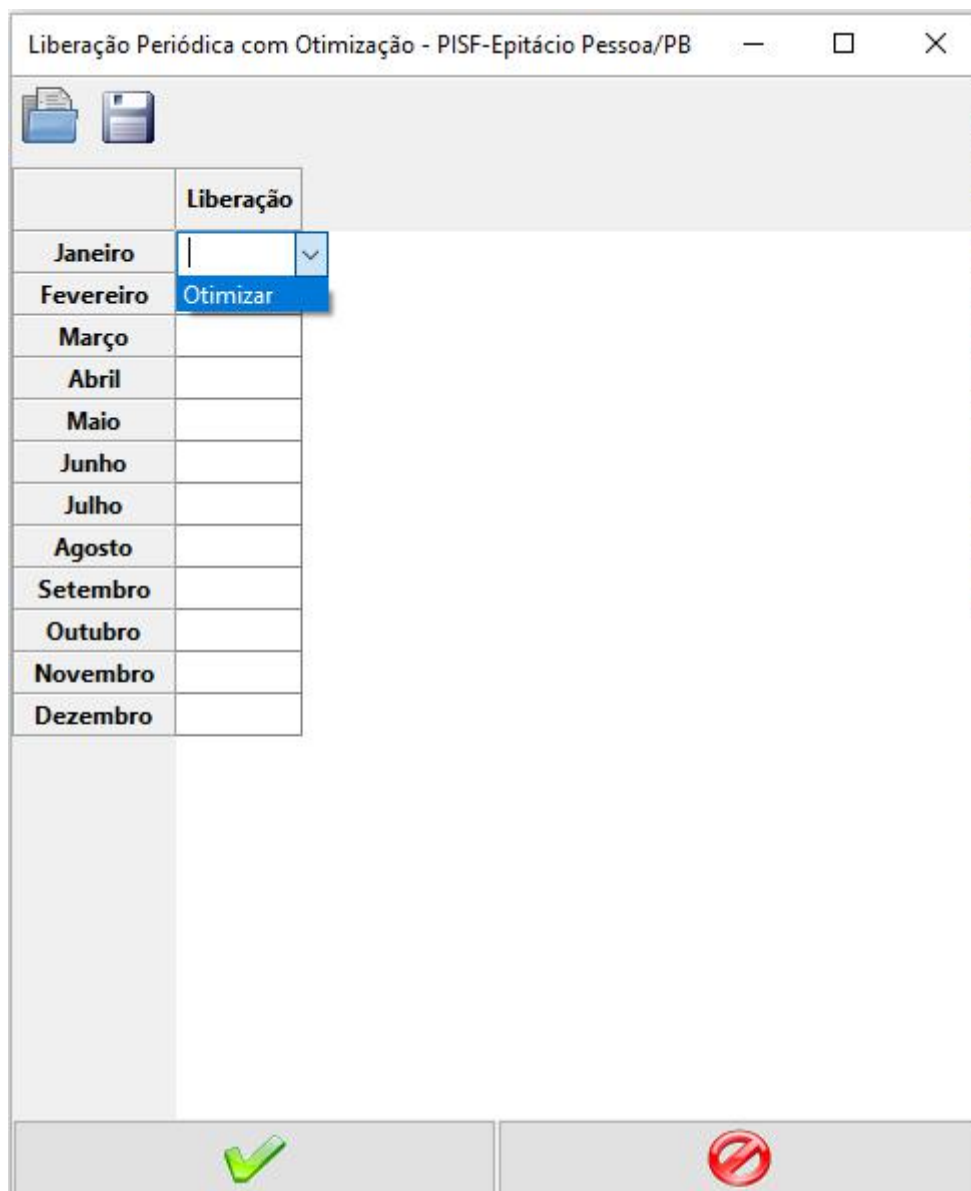


Figura 11.141 - Interface para regra de liberação periódica com Otimização

Por fim, para a opção de regra *Dependente do Armazenamento*, a interface é apresentada como mostrada na Figura 11.142. Nesta, o usuário deverá informar, primeiramente, a quantidade de dependências, ou seja, uma ou duas, similarmente como na simulação de regras. Feita a escolha o usuário deverá definir qual ou quais são as dependências desejadas. Um seletor é utilizado para informar qual reservatório do sistema será utilizado como dependência.

Para a otimização, o usuário tem a opção de definir o número de faixas, sem a necessidade de informar os valores que definem as mesmas. Essas, neste caso serão tomadas como variáveis de decisão. Por exemplo, na Figura 11.142, o usuário define duas faixas a serem otimizadas em cada reservatório dependente. Como resultado, esperam-se vazões da combinação dessas faixas numa matriz 2 por 2. Por fim, define-se a capacidade de liberação, que servirá de limite máximo para as vazões da matriz de liberação.

Liberação Dependente do Armazenamento com Otimização - PISF-Epitácio Pessoa/PB

Configurações

Quantidades de Dependências
 Uma Duas

Reservatórios (% Volume máximo)
 PISF-Poções/PB Otimizar Faixas 2

Reservatórios (% Volume máximo)
 PISF-Poções/PB Otimizar Faixas 2

Capacidade de Liberação (m³/s)

	m ³ /s
1	2

Liberações (m³/s)

	SF-Poções/PB	SF-Poções/PB
SF-Poções/PB	Otimizar	Otimizar
SF-Poções/PB		<input type="text"/>

Otimizar



 

Figura 11.142 - Interface para regra de liberação dependente do armazenamento.

11.3.3 Matriz de alocação

Com o valor de liberação definido, a matriz alocação tem o papel de definir como será feita a divisão da água entre os trechos a jusante de um reservatório ou junção. Para o processo de configuração da matriz de alocação, torna-se necessário a escolha do número de linhas da matriz, em seguida clica-se em **Aplicar**. Assim, o número de linhas da matriz aparecerá na tela (quadro verde). O número de colunas será exibido em função dos trechos aos quais se deseja realizar alocação da água. É obrigatório os valores liberação estarem preenchidos, pois indica o quanto deve ser liberado para alocação total para os trechos a jusantes (Figura 11.143). Para cada trecho a jusante, deve-se indicar o em cada quanto da liberação será alocada para o mesmo. Caso durante a simulação ocorra uma liberação que não esteja na matriz, o valor será interpolado de forma proporcional.

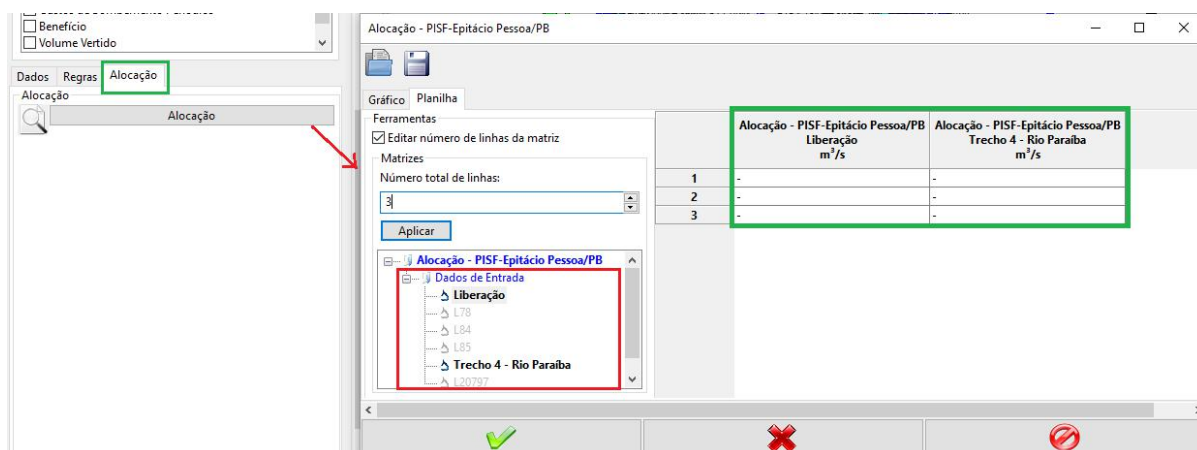


Figura 11.143 - Interface para regra de liberação dependente do armazenamento.

11.4 JANELAS

Este modelo contempla simulações onde se pretende adquirir sensibilidade dos sistemas frente a diversos cenários de afluência, precipitação, ou outra variável temporal de entrada do modelo. O procedimento para esse método de análise origina-se da segmentação das séries de entrada em segmentos que têm um comprimento previamente definido. Esse comprimento é definido aqui como “janela”. Em seguida, o modelo de simulação de reservatórios, apresentado anteriormente, é simulado para cada uma das janelas. Utilizam-se sempre as mesmas condições iniciais definidas, de forma que entre duas janelas distintas inicia-se da mesma condição inicial.

Partindo do princípio que a decisão a ser tomada vislumbra um momento posterior, não se dispõe, portanto, de informações de afluência para a quadra chuvosa seguinte, que para o sistema serve como recarga. Assim, utilizam-se as informações da série de afluências, a partir de simulações de janelas, obtêm-se diversas respostas do sistema. Acredita-se que a afluência da quadra chuvosa que ocorrerá no próximo ano esteja representada por alguns dos anos da série. Ao final da simulação de todas as janelas, dispõe-se para cada janela de uma resposta do sistema, ou seja, uma resposta para cada reservatório e para cada janela. Assim, é possível, através de uma análise probabilística, definir as possíveis situações e suas probabilidades associadas.

Devido ao não conhecimento do evento que virá a ocorrer, opta-se pela análise dos resultados com base na análise estatística dos *percentis* dos volumes e cotas encontrados a cada mês de simulação e cada janela. Entende-se por *percentil* a medida de posição, em que o *p-ésimo percentil* tem no mínimo *p%* dos valores abaixo daquele ponto. Utilizando a metodologia descrita acima é possível estimar, através de um embasamento de probabilidades, os níveis esperados dos reservatórios, não apenas no início da quadra invernal seguinte, mas ao final desta.

No SIGA, esta aplicação está disponível tanto para o simulador de regras como para o simulador de prioridades. Estas opções podem ser selecionadas na interface principal do módulo de Operação de Sistemas.

A interface para os métodos de execução que utilizam a abordagem de janelas temporais apresentam uma interface para a definição do tamanho da janela a ser considerada, como mostrado na Figura 11.144 e Figura 11.145. As interfaces e entradas de dados para

simulações de regras e simulação de prioridades utilizando o conceito de janelas de simulação são iguais aos descritos em tópicos anteriores.



Figura 11.144 - Interface para definição do tamanho da janela temporal do modo de simulação de regras.

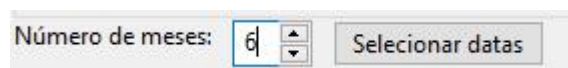


Figura 11.145 - Interface para definição do tamanho da janela temporal do modo de otimizador por prioridades.

12. FERRAMENTAS

Algumas funcionalidades do SIGA estão reunidas no Menu Ferramentas da barra de menus permanentes da interface inicial. Nesse capítulo, apresentam-se essas ferramentas com mais detalhes.

12.1 THIESSEN

12.1.1 Calcular Thiessen

Também no menu **Ferramentas**, é possível calcular e gerar séries de precipitação média através do Método de Thiessen. Antes de iniciar o cálculo do Thiessen, o usuário pode solicitar a apresentação dos *shapefiles* de postos e de subbacias a serem trabalhados. Para isso, basta utilizar a barra de *Camadas* do menu **Exibir**, por meio da qual o usuário poderá manusear os *shapefiles* a serem apresentados na área de **Rede** da interface principal do SIGA. As funções presentes na barra de *Camadas* estão descritas na Figura 7.5 e Tabela 7.1. Em seguida, selecione o comando Cálculo de Precipitação Média/Método Thiessen da *barra de Ferramentas* (Figura 12.1).

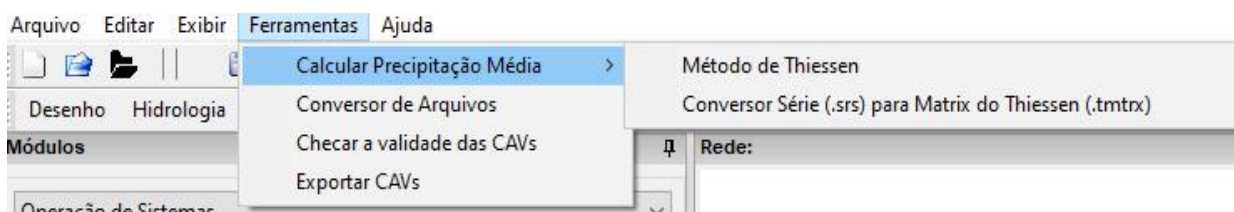


Figura 12.1 - Acesso ao cálculo de precipitação média pelo método Thiessen.

Em seguida, o usuário deve informar ao SIGA os campos (colunas) de cada *shapefile* que contém as informações referentes a identificação dos postos das subbacias. A Figura 12.2 ilustra esse procedimento.

Informe o método de seleção de postos, que na versão em vigor considera a expansão da bacia para os cálculos de Thiessen. Use o ponto como separador decimal. O SIGA considera expansão da bacia até 9%, ou seja, 0.09. Ver Figura 12.2 ao lado.

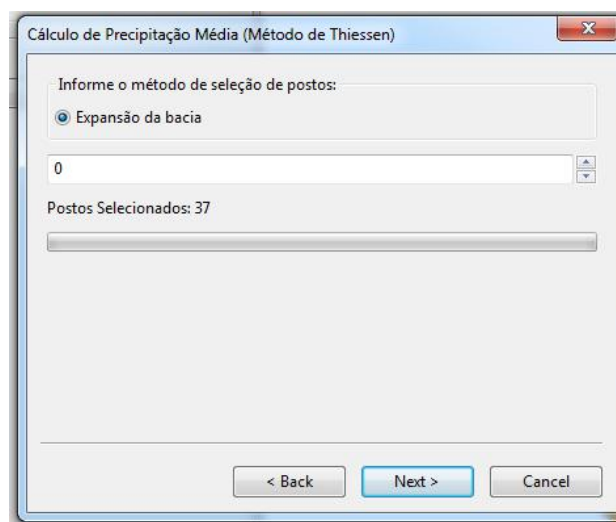


Figura 12.2 - Seleção do critério para inclusão de postos no cálculo de Thiessen

No processo de Thiessen é necessário entrar com uma matriz de entrada de dados (Figura 12.3) que contém, nas linhas, as datas, e nas colunas, os postos (estações) representados por seus IDs.

Ao final do processo de Thiessen, uma nova matriz é apresentada. Nessa matriz, as colunas representam as sub-bacia, agora identificados por seus IDs de sub-bacias, e as linhas são as datas. Os valores da matriz são os valores médios calculados por Thiessen para cada sub-bacia, e dia.

Informe o arquivo que contém a matriz de entrada para o cálculo da precipitação média por método de Thiessen e clique em **Finish** para finalização dos cálculos. Ver Figura 12.3 ao lado.

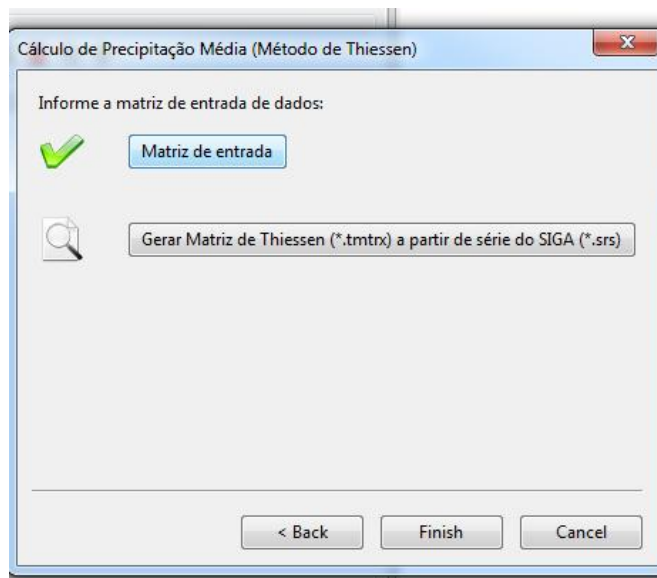


Figura 12.3 - Entrada da matriz de Thiessen a ser utilizada nos cálculos.

12.2 CONVERSOR DE ARQUIVOS

O comando *Conversor de Arquivos* do menu **Ferramentas** oferece ao usuário uma ferramenta bastante versátil para transformação de arquivos em diversos formatos para arquivo de formato padrão do SIGA. Pretende-se facilitar o trabalho de preparação de dados a serem inseridos no sistema nos vários módulos do SIGA. O Conversor de Arquivos reconhece o formato dos arquivos listados na Figura 12.4.

A partir do reconhecimento inicial do formato padrão da série a ser importada, o SIGA faz o processamento para transformá-la em série de formato SIGA, sem que o usuário tenha que se preocupar em fazer essa atividade fora do SIGA. A janela do Conversor de Arquivos está apresentada na Figura 12.4, onde os passos para conversão dos arquivos são os seguintes:

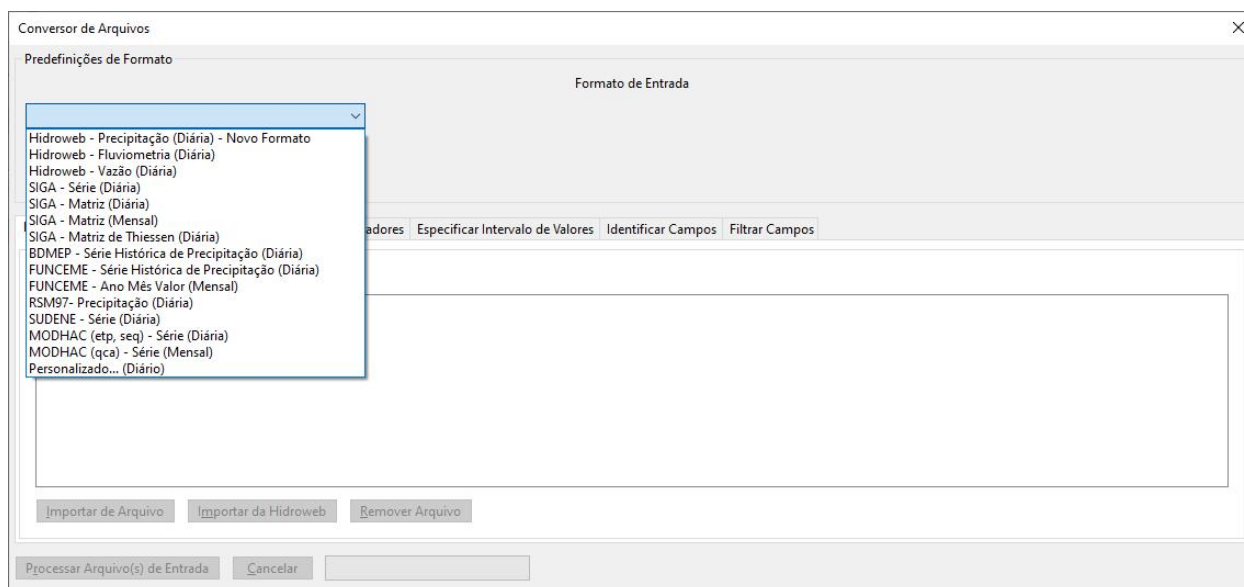


Figura 12.4 - Comando Conversor de Arquivos da Barra de Menus.

1. Definição da origem e do formato inicial do arquivo (a ser lido);
2. Na aba Entrada de Dados, informar qual o caminho (diretório) onde o arquivo a ser lido está armazenado clicando no botão Importar de Arquivo;
3. Pré-visualizar arquivos de entrada: o usuário pode visualizar o arquivo que vai ser lido pelo SIGA antes de fazer a conversão final;
4. Processar Arquivo de entrada: nessa etapa o SIGA reconhecerá a série lida e preparar o novo arquivo no formato SIGA. Uma nova janela apresentará as possibilidades que o usuário possui para criar o novo arquivo. Ele deve definir o intervalo de tempo dos dados, formato de saída do arquivo, formato de datas e do separador de dados, conforme mostrado na Figura 12.5. Caso tenham sido lidos mais de um arquivo, o usuário também deve informar se deseja criar um único arquivo que contenha todos os dados reunidos (Matriz) ou se deseja criar múltiplos arquivos de séries, onde cada arquivo conterà dados de um único arquivo importado;
5. Finalmente, o usuário gera a nova série clicando no botão **Exportar** da janela de processamento.

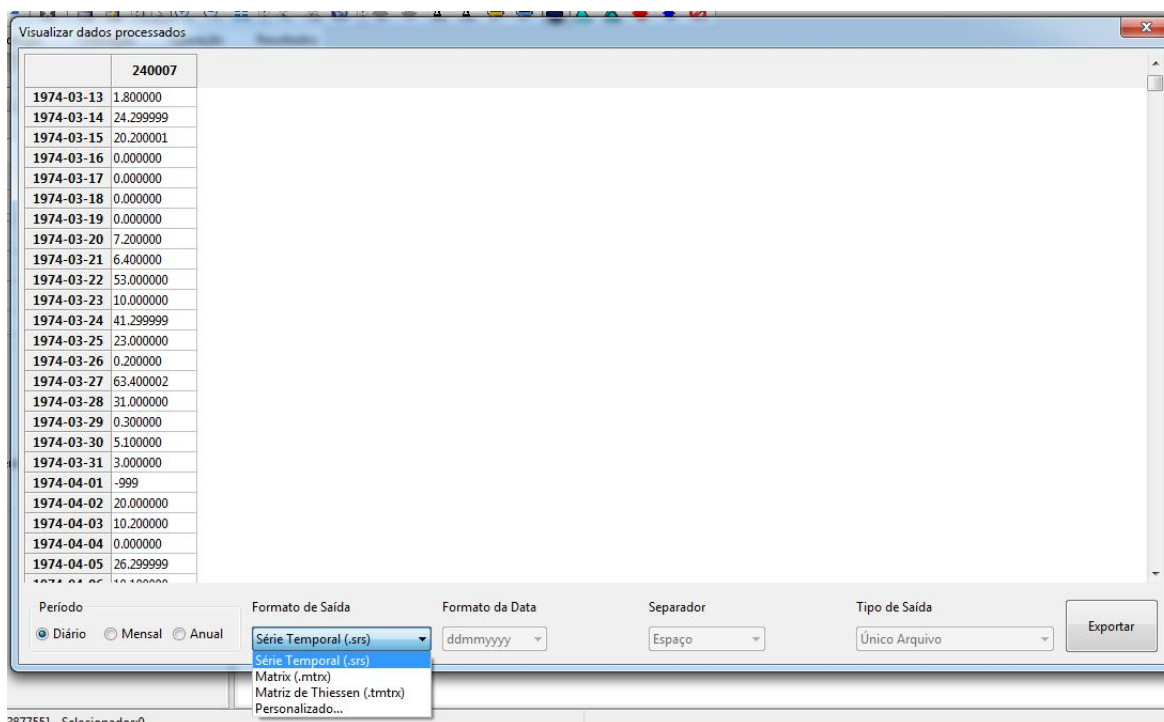


Figura 12.5 - Janela de processamento do Conversor de Arquivos.

12.3 EXPORTAR CAVS PARA ARQUIVO CSV.

Essa ferramenta exporta as CAVs de todos os reservatórios selecionados para um arquivo no formato CSV. Para realizar a exportação basta ir em *Ferramentas* e depois *Exportar CAVs* (Figura 12.6). Dessa forma, o usuário deverá escolher um nome para o arquivo. O arquivo CSV gerado é mostrado na Figura 12.7. Note que acompanhado ao nome do reservatório está também o código institucional do mesmo.

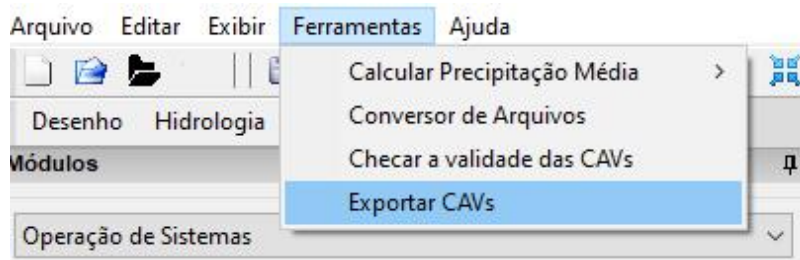



Figura 12.6 – Ferramenta Exportar CAVs.

	A	B	C	D
1		Cota m	Área km ²	Volume hm ³
2	Itaparica (2484)			
3		0	0	0
4		299	0	0
5		301	686	8531
6		302	728	9239
7		303,75	798,68	10578,7
8		304	828,19	10782
9	PISF-Areias/PE (2664)			
10		0	0	0
11		345	0	0
12		345,922	0	0
13		346	0	0
14		346,5	0	0
15		347	0	0
16		347,5	0,01	0
17		348	0,01	0
18		348,5	0,02	0,01
19		349	0,03	0,03
20		349,5	0,04	0,04
21		350	0,07	0,07
22		350,5	0,09	0,11
23		351	0,12	0,15
24		351,5	0,14	0,22

Figura 12.7 - Arquivo CSV gerado pela ferramenta Exportar CAVs.

12.4 CHECAR A VALIDADE DAS CAVS

Essa ferramenta realizará uma verificação na CAV de cada reservatório, caso exista alguma CAV com configuração inválida, aparecerá uma janela indicando o problema (Figura 12.8). Clicando em  é possível editar a CAV e resolver o problema.

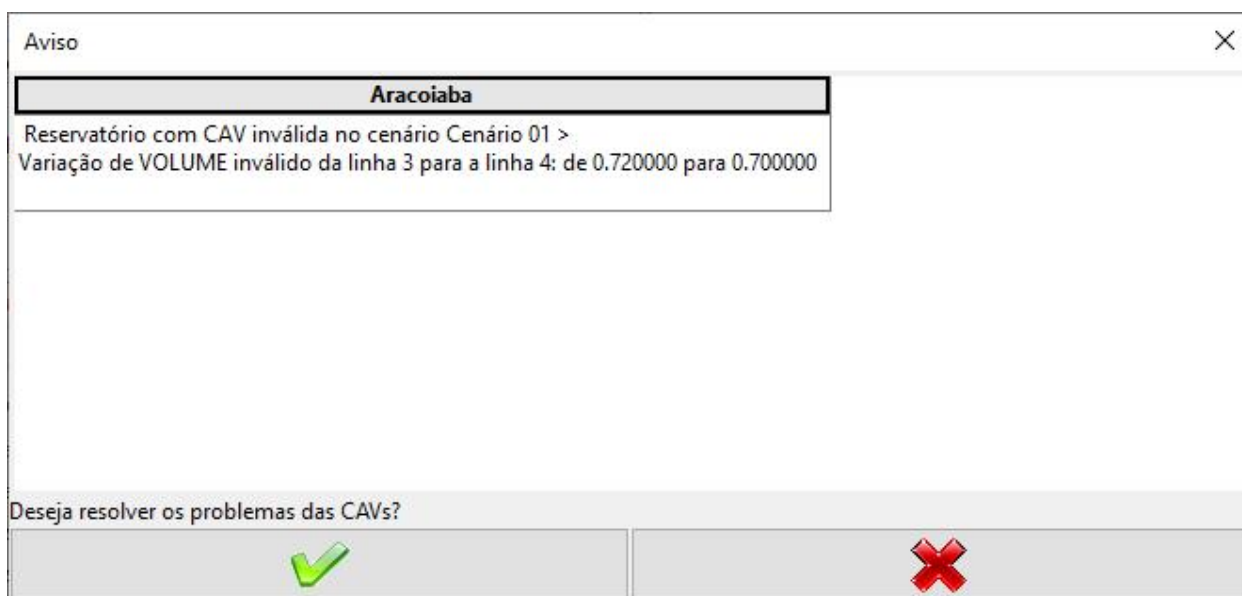


Figura 12.8 – Indicação de problema de configuração de CAV.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASS, H.A. (2001a) “A pleometrosis MBO approach to satisfiability.” Proceeding of International Conference on Computational Intelligence for Modeling, Control and Automation, CIMCA2001, Las Vegas, USA.
- A. J. NEBRO, J. J. DURILLO, J. GARCÍA-NIETO, C. A. COELLO COELLO, F. LUNA, AND E. ALBA. SMP SO: A New PSO-based Metaheuristic for Multi-objective Optimization. In IEEE Symposium On Computational Intelligence in Multi-Criteria Decision-Making, pages 66–73, 2009.
- ALVAREZ-BENITEZ, J.E.; R. M. EVERSON; e J. E. FIELDSSEND. (2005) “A MOPSO algorithm based exclusively on pareto dominance concepts”, In Evolutionary Multi-Criterion Optimization, Proceedings of Third International Conference, EMO, Guanajuato, Mexico, March 9-11, pp. 459-473.
- ALVES, C.M.A (2005) A Watershed Information System (WIS) for water quality analyses. PhD Thesis, Cornell University, Ithaca, New York, USA.
- BARROS, F.V.F. (2007) Uso de algoritmos evolucionários na calibração de modelos hidrológicos e na operação de sistemas de reservatórios. Dissertação. Universidade Federal do Ceará.
- COELLO, C. A. C. e M. S. LECHUGA. (2002) “MOPSO: A proposal for multiple objective particle swarm optimization”. In Congress on Evolutionary Computation (CEC’2002), volume 2, pages 1051–1056, Piscataway, New Jersey, IEEE Service Center.
- FIELDSSEND, J. E. e S. SINGH. (2002) “A multiobjective algorithm based upon particle swarm optimisation, an efficient data structure and turbulence”. In Proceedings of the 2002 U.K. Workshop on Computational Intelligence, pages 37–44, Birmingham, UK.
- FREITAS, M.A.S; BIELENK JUNIOR, C. (2007) Geração de série de vazão média mensal para a bacia hidrográfica do rio Jari (Para-AMAPÁ). XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo, ABRH.
- GUNTNER, A. (2002) Large-scale hydrological modeling in the semiarid Northeast of Brazil. Dissertation. University of Postdam.
- GÜNTNER, A. (2002) Large-scale hydrological modelling in the semiarid North-East of Brazil, PIK Report No. 77, Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Germany, pp. 128.
- GÜNTNER, A.; & BRONSTERT, A. (2004). Representation of landscape variability and lateral redistribution processes for large-scale hydrological modelling in semi-arid areas. *Journal of Hydrology* 297 (1), pp. 136 – 161.
- HADDAD, O.B.; A. AFSHAR; e M.A. MARINO. (2006) “Honey Bee Mating Optimization Algorithm (HBMO); Honey-Bees Mating Optimization (HBMO) Algorithm: A new heuristic approach for water resources optimization.” *Water Resources Management*. V.20 p 661-680.
- HAITH, D.; MANDEL, R. & WU, R. S. (1996) Generalized watershed loading functions, Version 2.0. User’s Manual. Cornell University, Ithaca, New York, USA.
- HU, X e R. EBERHART. (2002) “Multiobjective optimization using dynamic neighborhood particle swarm optimization”. In Congress on Evolutionary Computation (CEC’2002), v.2, pages 1677–1681, Piscataway, New Jersey, IEEE Service Center.

KENNEDY, J. e EBERHART, R.C. (1995) "Swarm Intelligence", In. Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, pag. 1942-1948.

LOPES, J. E. G.; BRAGA, B. P. F.; CONEJO, J. G. L. (1981). Simulação hidrológica: aplicações de um modelo simplificado. IV Simpósio brasileiro de hidrologia e recursos hídricos, anais 1, p. 42-62.

LOPES, J.E.G (1999) Soil Moisture Account Procedure Manual.

PARSOPOULOS, K. E.; e MICHAEL N. VRAHATIS. (2002) "Particle swarm optimization method in multiobjective problems". In Proceedings of the 2002 ACM Symposium on Applied Computing (SAC'2002), pages 603–607, Madrid, Spain, ACM Press.

QUAN, Z.; TENG, J, SUN, W., CHENG, T. & ZHANG, J (2015) Evaluation of the HYMOD model for rainfall–runoff simulation using the GLUE method. *Remote Sensing and GIS for Hydrology and Water Resources* (IAHS Publ. 368)

SCHNEIDERMAN, E.M.; PIERSON, D.C.; LOUNSBURY, D.G.; ZION, M.S. (2002) Modelinf the hydrochemistry of the Cannonsville watershed with Generalized Watershed loading Functions (GWLF). *Journal of the American Water Resources Association* vol. 38, n. 5 p1323-47.

SOUZA, et AL (2013) GERAÇÃO AUTOMATIZADA DE DADOS DE ENTRADA PARA O MODELO WASA-SED. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves-RS.

TABORGA, J. & FREITAS, M. A. S. (1987) Simulação da Lâmina de Escoamento Mensal. In Anais do III Simpósio Luso Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos, 1987. v. 2. p. 558-570.

III - ANEXOS

ANEXO 01

A. ENTRADA E SAÍDA DE SÉRIES TEMPORAIS

Alguns módulos recebem séries temporais como dados de entrada (precipitação, vazão, evapotranspiração, etc.). Conforme figura A1.1, para se inserir essas informações, uma janela de leitura de série é exibida. A princípio a janela é exibida sem dados.

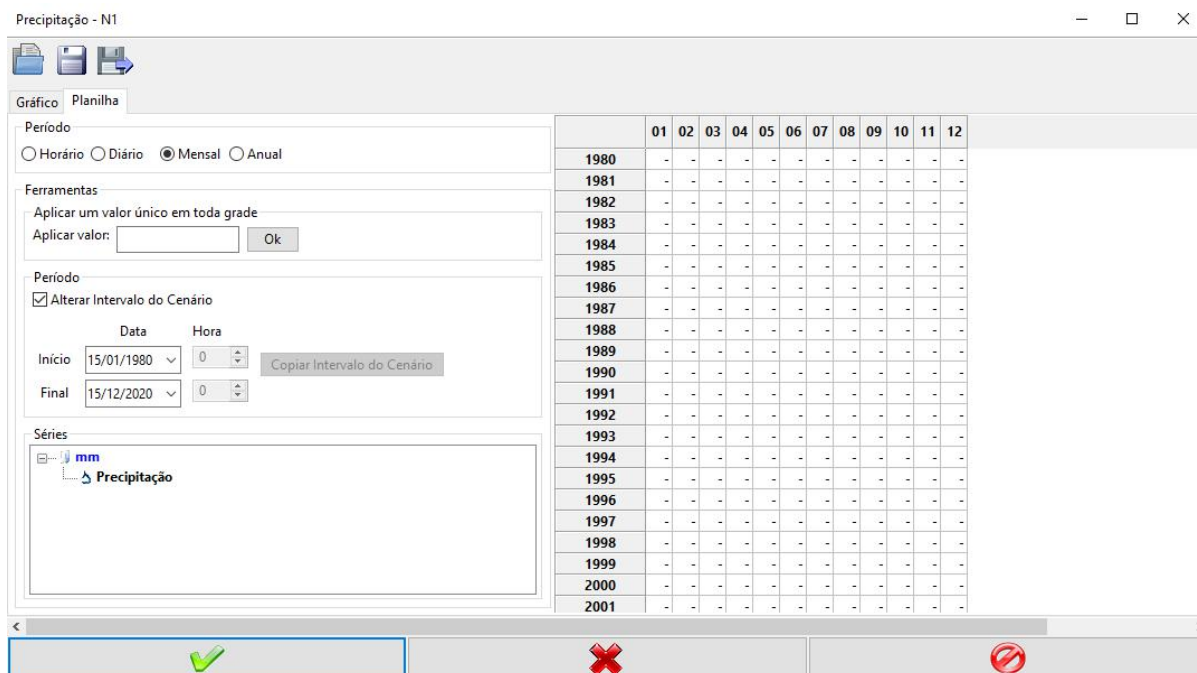


Figura A1.1 – Janela de leitura para inserção dos dados mensais de séries históricas.

Após uma série ser lida, a janela passa a ser exibida contendo a última série aceita

1 Abrir: Abrir arquivo de série. Abre uma janela para selecionar o arquivo de série pedido (múltiplas séries podem ser inseridas);

OBS: De posse dos valores em uma planilha externa, o usuário tem a opção de copiar e colar nas células correspondentes ao período das séries.

2 Salvar: Salvar série em arquivo. Possibilita salvar alterações na série em um arquivo em formato (.csv).

3 Exportar: Exporta o arquivo no formato de matriz de Thiessen (Figura A1.3).

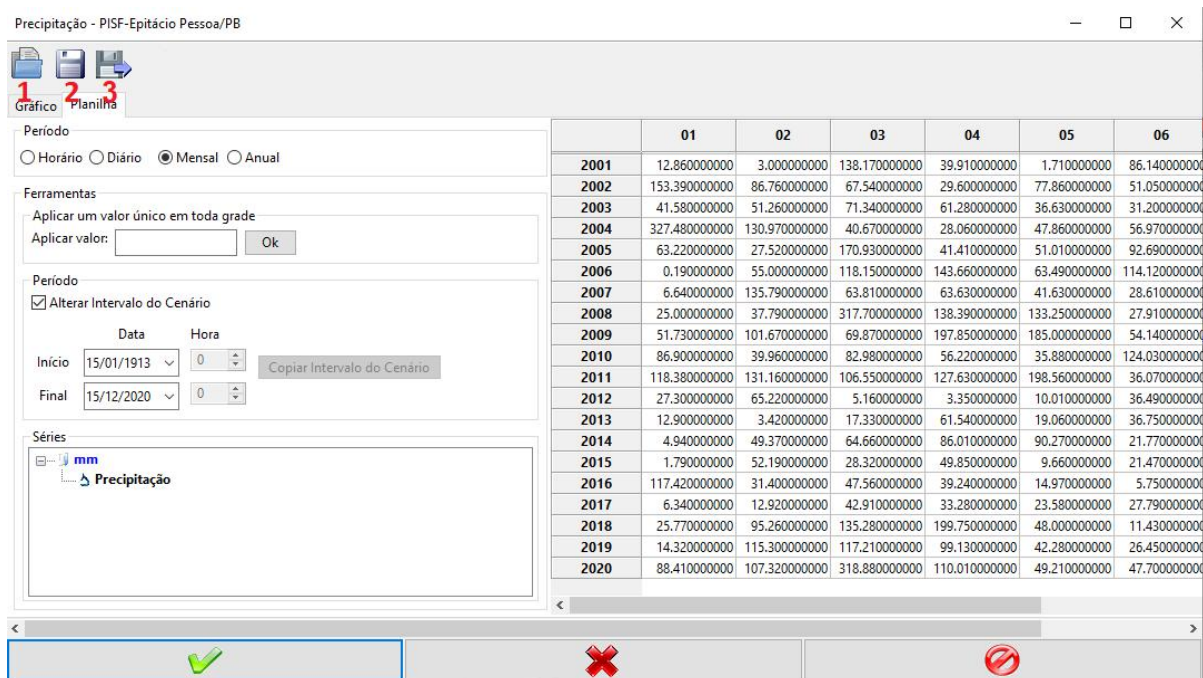


Figura A1.2 – Janela de leitura dos dados de séries históricas.

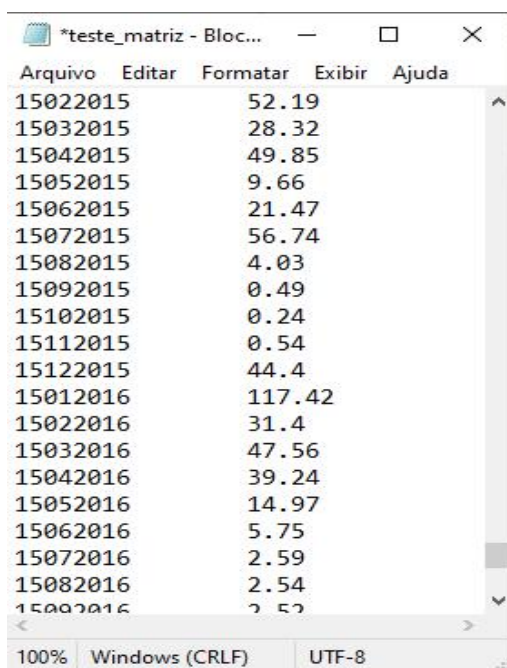




Figura A1.3 – Janela de leitura dos dados de séries históricas.

Os arquivos para leitura de séries devem apresentar-se na codificação ANSI com os dados distribuídos em duas colunas. A primeira coluna deve apresentar datas no formato DD/MM/AAAA, exemplo 01/03/1999, para séries diárias ou MM/AAAA, exemplo 03/1999, para séries mensais. Já a segunda coluna deve conter os valores correspondentes às datas da primeira coluna.

Atenção:

- Na separação decimal usa-se o ponto (.);
- Não é necessário utilizar separadores de milhar;
- Em caso de registro com falha, colocar "-999" na linha correspondente à falha no arquivo de texto ou remover à linha;
- Quando houver algum erro durante a leitura do arquivo aparecerá uma mensagem indicando o possível motivo da falha.

Pode-se entrar com os valores da série ou apenas complementá-los sem a necessidade da leitura do arquivo, de várias maneiras: I) o usuário clicar na célula onde se quer alterar e colar o novo valor de série; II) se forem vários valores, seleciona arrastando e colar os novos valores; III) se a série apresenta valor único, este pode ser preenchido na caixa de diálogo **Aplicar um valor único em toda a grade**, depois clica em OK. Ao final de qualquer um dos três procedimentos mencionadas, para que o processo seja concluído clica em confirmar .

O período inicial e final, define o tamanho da série. Ao aumentá-lo, por padrão, as novas células e linhas da tabela são adicionadas e preenchidas com "-", que representa ausência de valor. Após definido o período, deve-se inserir os valores de cada mês, para série mensal. Terminada a edição, ou ajustes clica em confirmar , para que as informações sejam salvas no projeto.

Para o caso de falhas na série lida, um o símbolo "-" será utilizado representando a ausência valor. Se a série é diária os rótulos das colunas indicam o dia do mês e das linhas indicam o mês e o ano daquele valor, como mostrada na Figura A1.4. Já para a série mensal os rótulos das colunas indicam o mês e das linhas indicam o ano daquele valor.

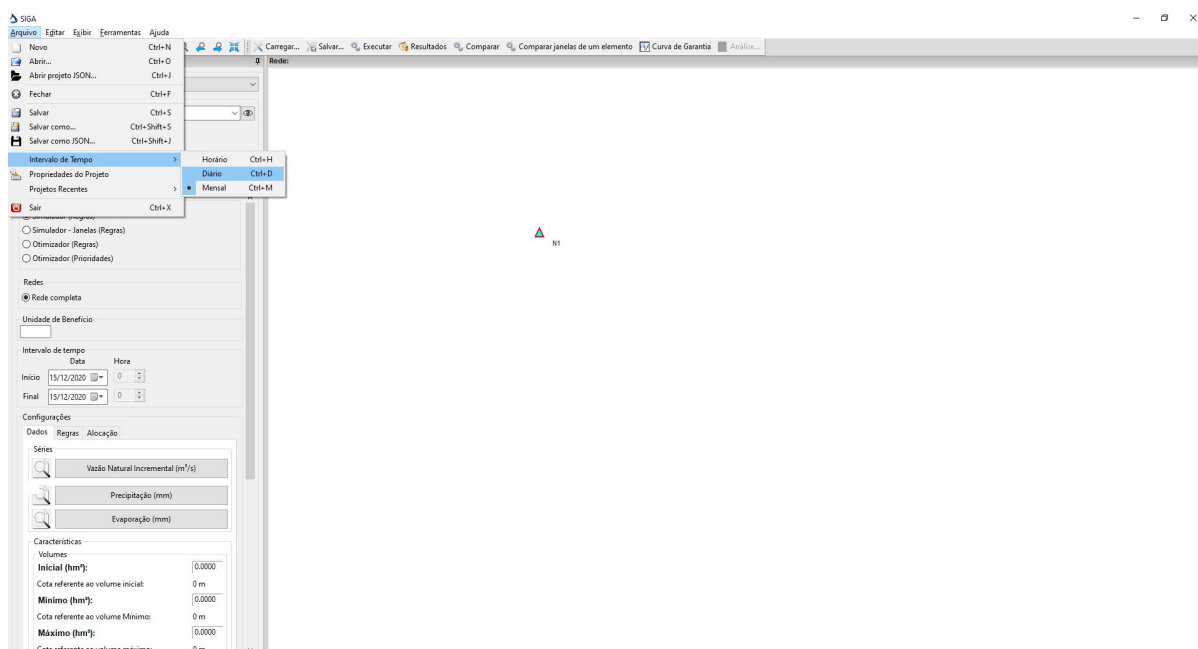


Figura A1.4 - Interface para configuração do intervalo de tempo.

Para visualizar as séries, ambas podem ser vistas de duas maneiras, onde pode-se alternar entre planilha e gráfico. Sob a forma de planilha, como por exemplo, para uma série diária (Figura A1.5).

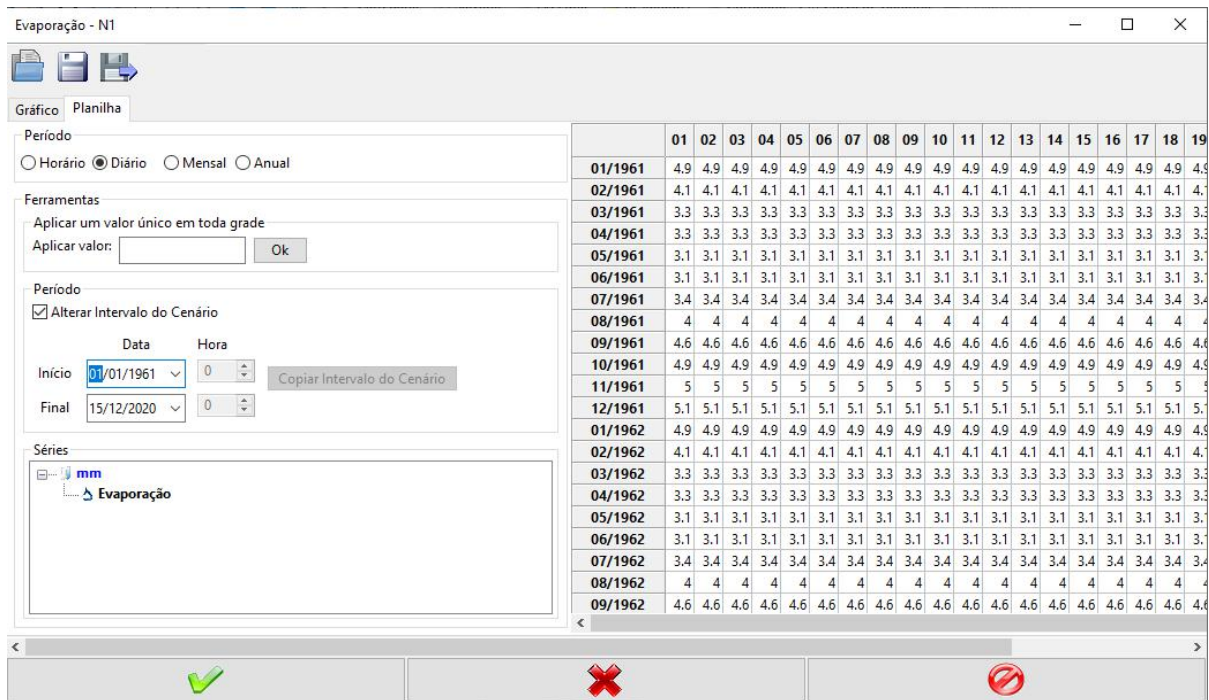


Figura A1.5 - Janela de leitura dos dados diários de uma série histórica.

Sob a forma de gráfico, para uma série diária (Figura A1.6):

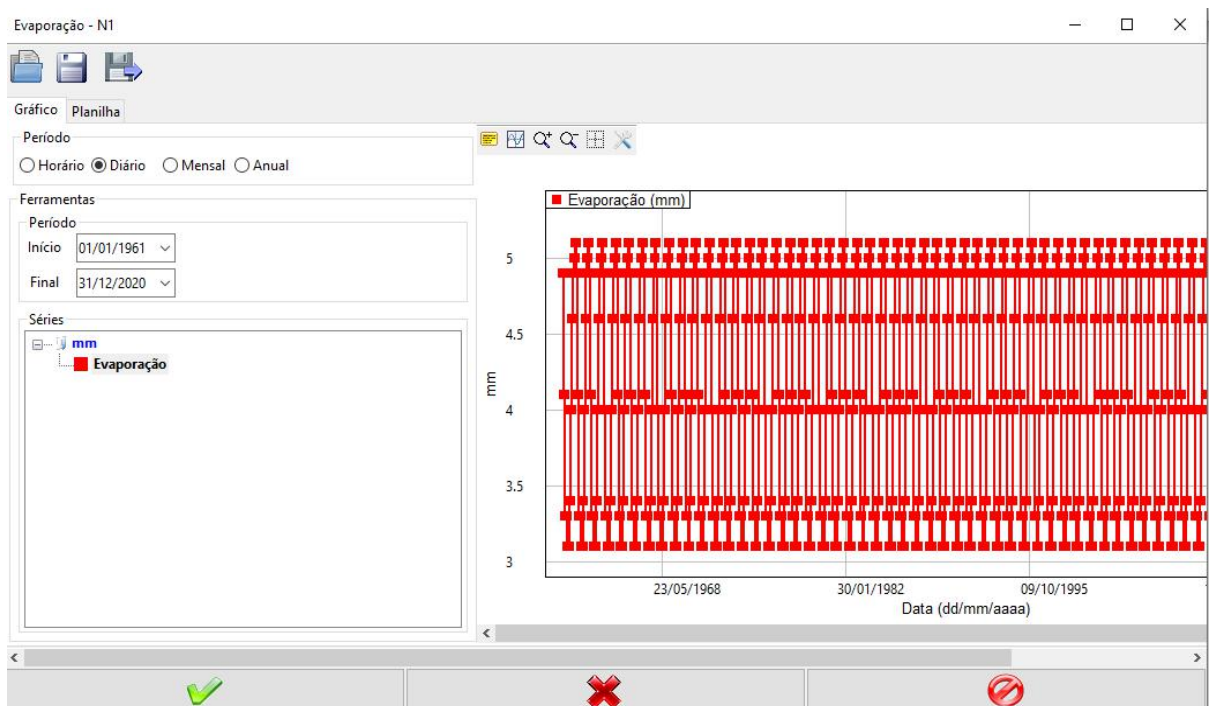


Figura A1.6 – Visualização de séries histórica diária na forma gráfica.

Sob a forma de planilha, como por exemplo, para uma série mensal (Figura A1.7):

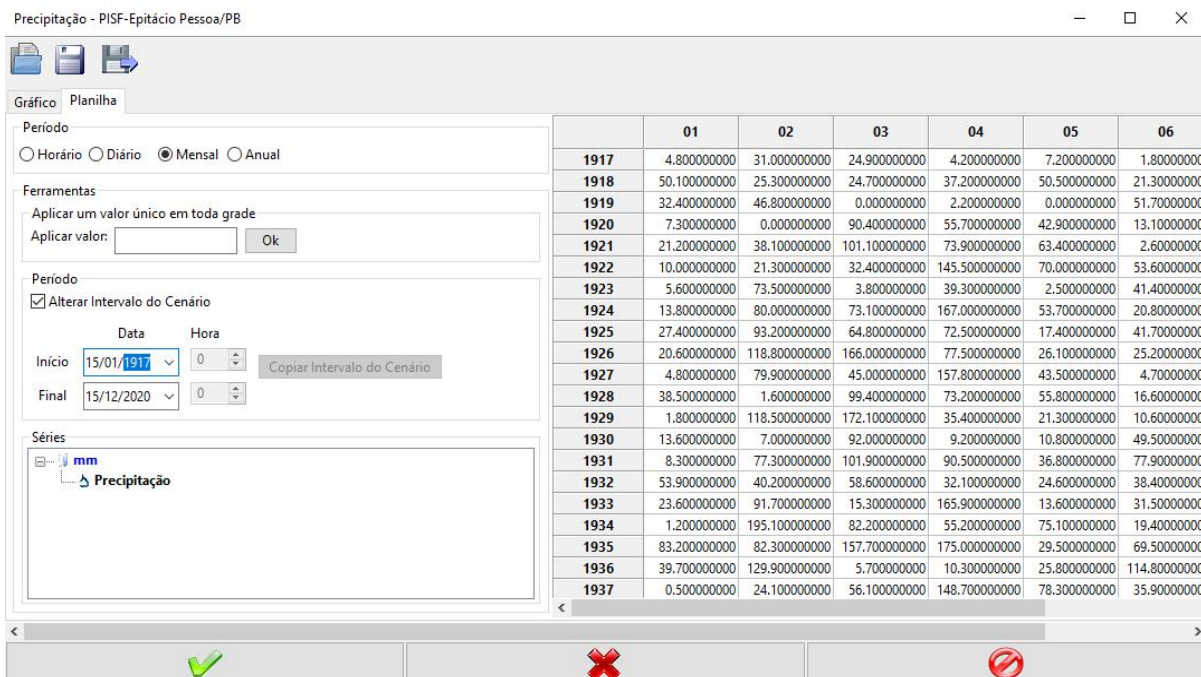


Figura A1.7 - Janela de leitura dos dados mensais de uma série histórica.

Sob a forma de gráfico, para uma série mensal (Figura A1.8):

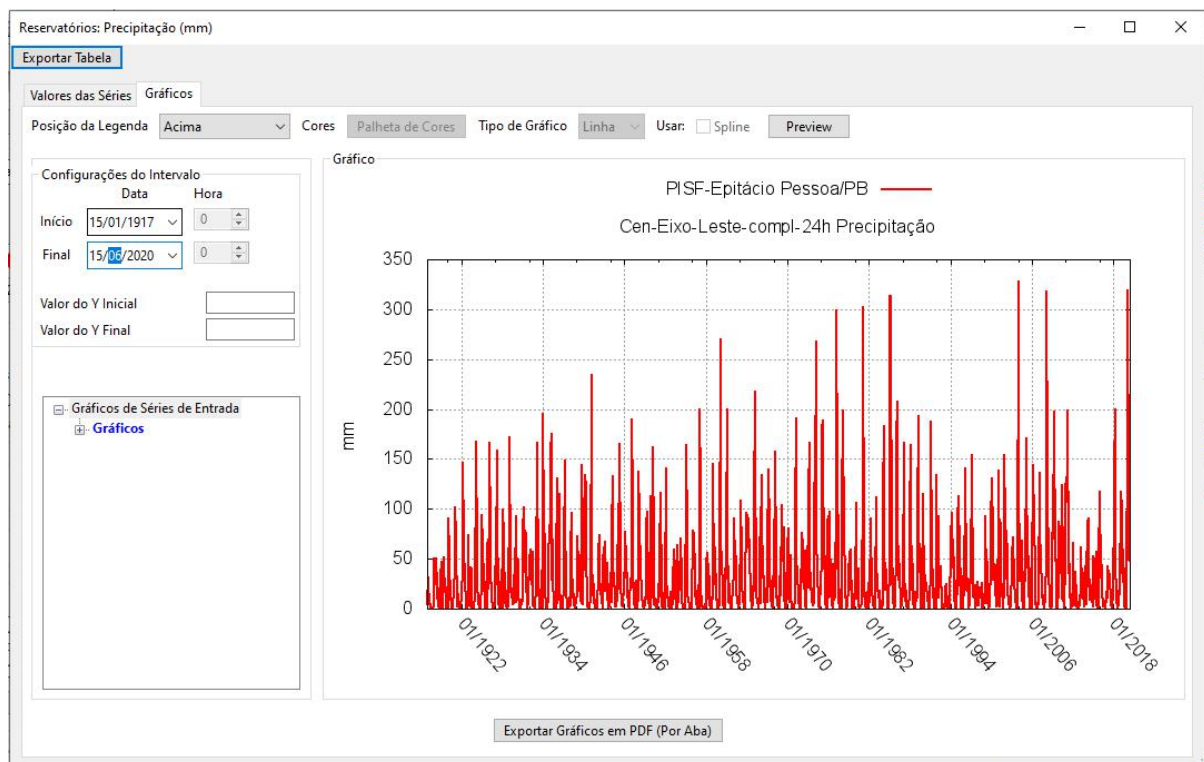









Figura A1.8 - Visualização de séries histórica mensal na forma gráfica.

Depois de inserida a série, do lado esquerdo da tela, tanto na forma tabular quanto na gráfica, há algumas ferramentas podem ser utilizadas para melhorar a exploração das informações da série, como:

- O tipo de intervalo de tempo visualizando os dados horários, diários, mensais e anuais da série já lida.
- O período indica o intervalo de tempo mostrado na tabela, este intervalo pode ser alterado caso se deseje observar informações de um intervalo específico.
- Também do lado esquerdo da tela é apresentado o nome da série lida.
- Apenas para a visualização tabular pode-se alterar algum valor.
- Na visualização em gráfico pode-se dar um zoom sobre a área de interesse e visualizar o valor correspondente ao eixo Y.

Já na região onde o gráfico é desenhado há outras funcionalidades que utilizam três botões que estão abaixo dos botões de abrir e salvar a série, que são:

- ◆ Oculta e exhibe a legenda do gráfico. 
- ◆ Retira o zoom e retornar ao tamanho normal do gráfico. 
- ◆ Quando marcado, aproxima a imagem do gráfico. 
- ◆ Quando marcado, distancia a imagem do gráfico. 
- ◆ Retira a grade do gráfico. 
- ◆ Mostra a grade do gráfico. 
- ◆ Mostra ou retira as opções de configuração do gráfico. 

Os valores lidos de uma série são apresentados de acordo com o seguinte:

- Inicialmente (na tela principal), a opção marcada é o intervalo de tempo do sistema.
- O intervalo indicado, nas **Configurações de Intervalo**, representa o período inicial e final da série que será exibida, pode ser alterado a critério do usuário.

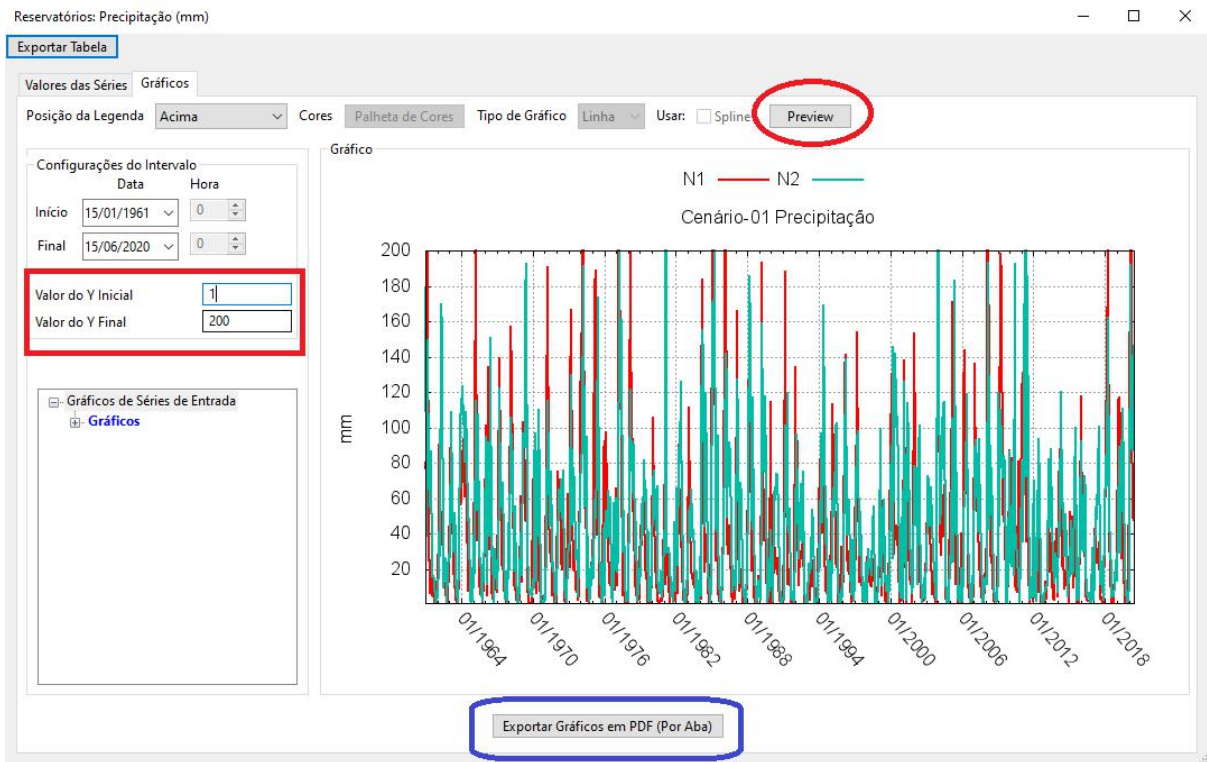


Figura A1.9 - Visualização de séries histórica mensal na forma gráfica.

Caso o usuário queira exibir os valores entre algum limiar de interesse, basta digitar os valores, “inicial” e “final” de Y.

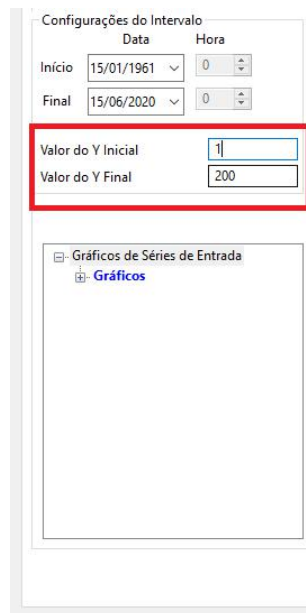


Figura A1.10 - Limiar de visualização dos valores do eixo.

Outra forma de visualizar o gráfico, é através do botão Exportar para pdf (Figura A1.11).

Exportar Gráficos em PDF (Por Aba)

Figura A1.11 - Exporte da figura em formato pdf.

Caso o usuário, queira visualizar a figura antes de exportar, basta clicar no botão Preview (Figura A1.12).

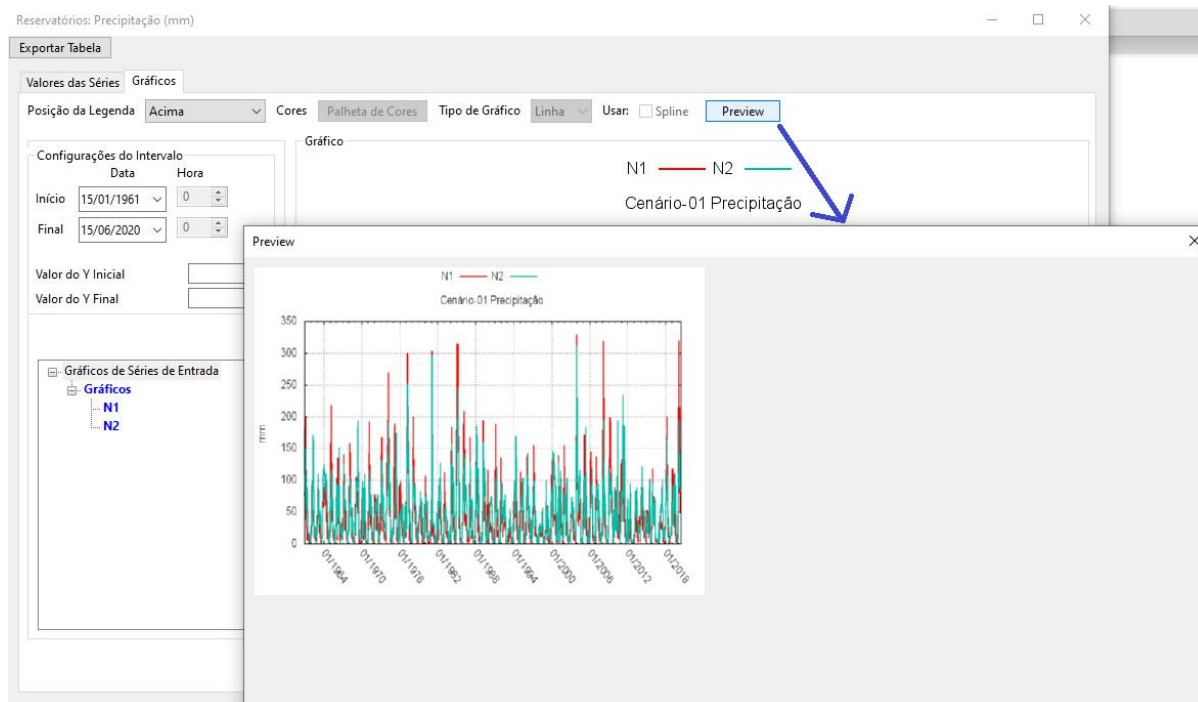


Figura A1.12 - Pré-visualização do gráfico das séries históricas mensais.

B. ENTRADA E SAÍDA DE DADOS

B.1 Entrada e saída de dados via JSON

O SIGA oferece ferramentas para facilitar a importação/exportação de projetos diferentes para um único projeto global. Assim podemos fazer com que várias pessoas trabalhem em partes diferentes do projeto e em um segundo momento poderemos unificar essas diferentes partes. Para tanto é necessário que ambos os projetos estejam como o método *Otimizador (Prioridade)*, como iremos ilustrar a seguir (Figura B1.1).

- A área em laranja demonstra o nó selecionado, seu identificador e a demanda total que aquele reservatório possivelmente atenderá.
- A área vermelha demonstra dois ícones. O primeiro que serve para importar arquivos JSON, e o segundo para exportá-los.
- A área verde é o método de execução no qual deve estar selecionada para que a exportação/importação possa acontecer.

d) A área azul diz respeito ao **desenho de rede** anteriormente preparado para a exportação com seus nó e séries que serão exportados.

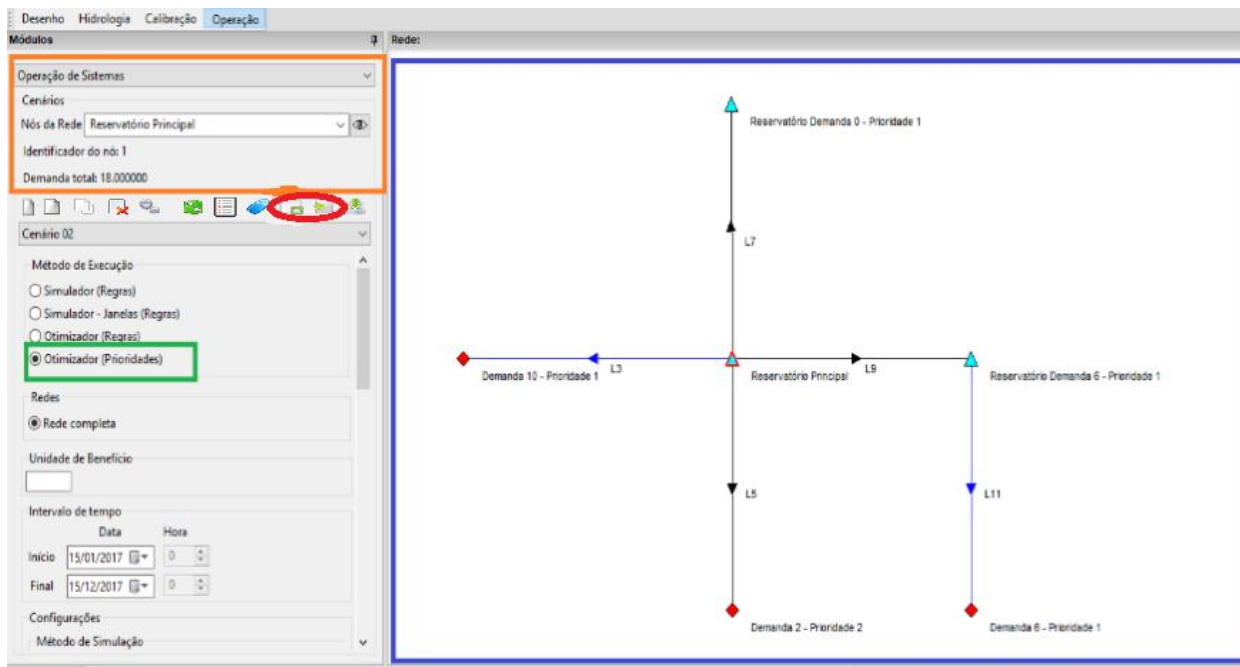


Figura B1.1 - Tela de configuração do otimizador de prioridade do arquivo (.JSON).

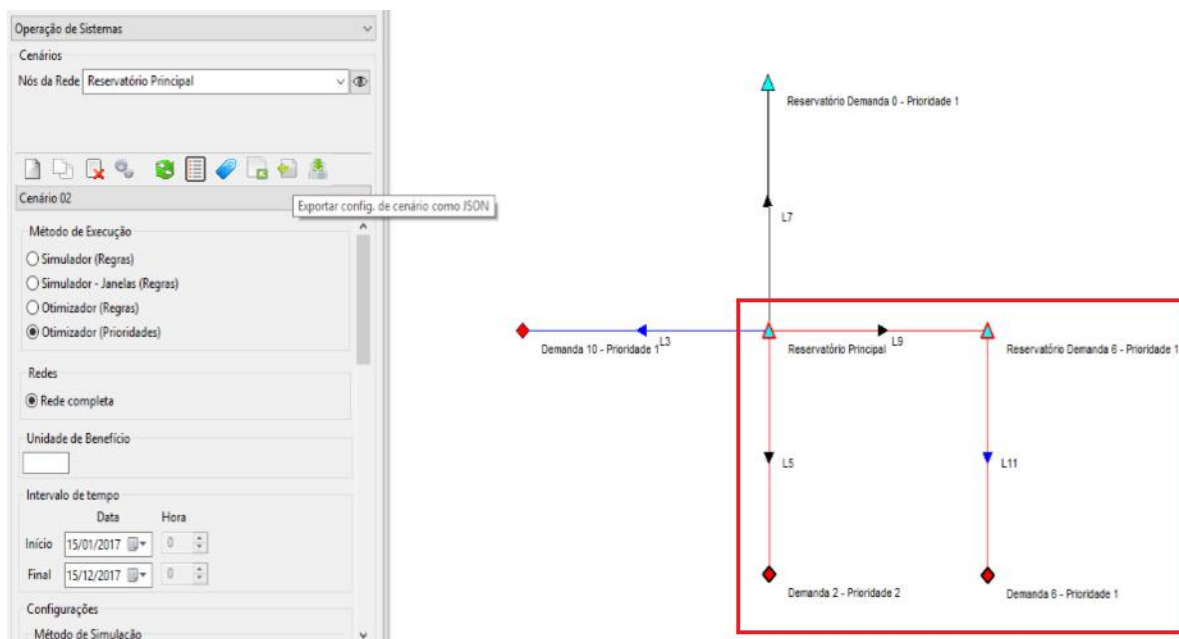



Figura B1.2 - Opções de importação/exportação do arquivo (.JSON).

Após a seleção dos elementos, é necessário apenas clicar no ícone  (Exportar configuração do cenário como JSON). Após a escolha do nome do arquivo é exibida a mensagem de salvamento concluído.

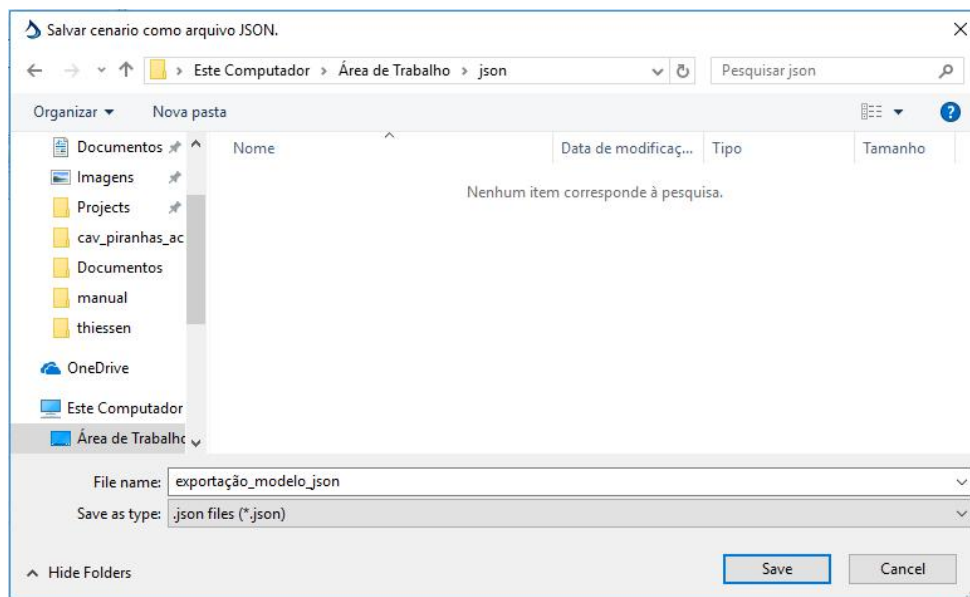


Figura B1.3 - Tela de salvamento do arquivo .JSON.

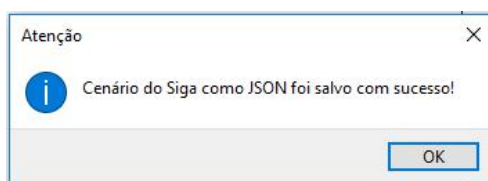


Figura B1.4 - Tela de confirmação de geração do arquivo (.JSON)

➤ Importação – Criando cenário para importação de projeto

Inicialmente, para que um arquivo JSON seja importado para o SIGA, é necessário que um cenário com o método de execução Otimizador (prioridade) seja criado ou carregado através de um “arquivo .siga”. Que deve parecer com a seguinte ilustração (Figura B1.5):

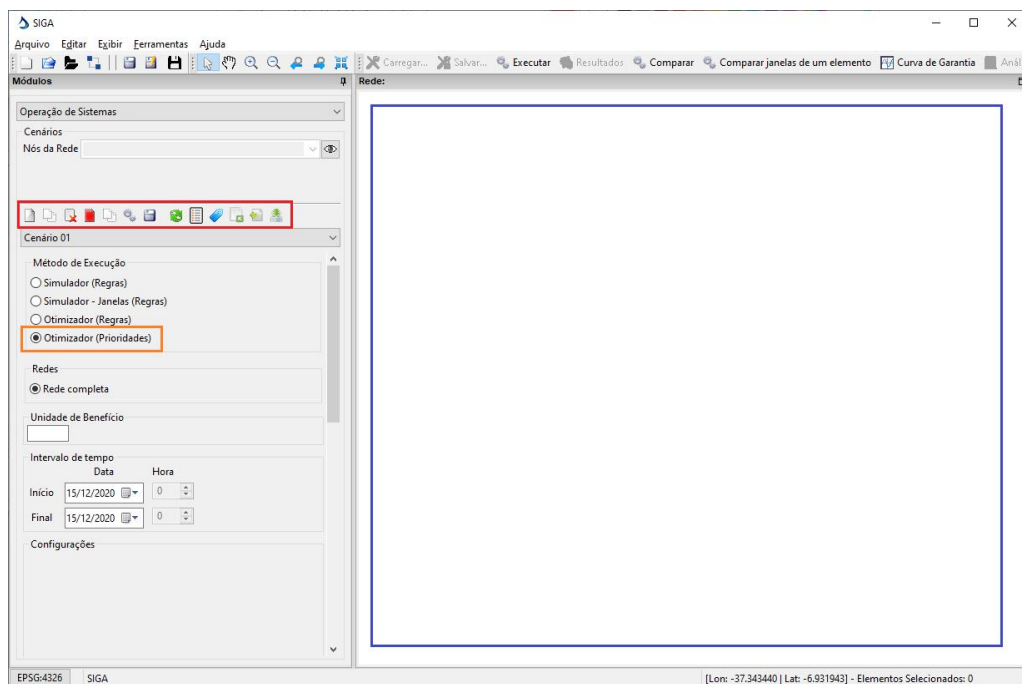


Figura B1.5 - Tela Inicial do SIGA

Caso não possua nenhum projeto a ser aberto para unir e deseja apenas capturar as informações do (.json), deve deixar o projeto da seguinte forma (Figura B1.5):

- A área vermelha demonstra um cenário criado;
- A área laranja demonstra o método que é possível fazer a importação;
- A área azul será onde os nós aparecerão, caso tenha sido aberto um projeto, ou iniciado um projeto, ao importar o arquivo JSON de outro projeto eles serão unificados.

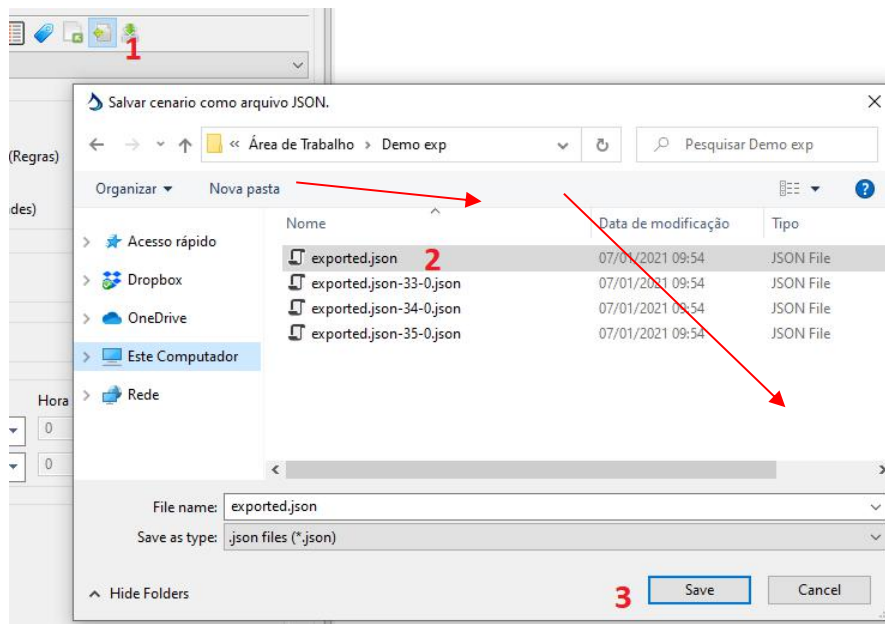



Figura B1.6 - Tela de seleção de arquivo .JSON.

Para que a janela de seleção de arquivo para importação seja exibida, clique em  Importar JSON com configuração de cenário.

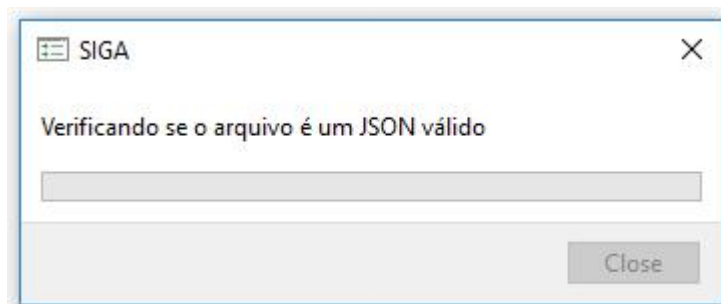


Figura B1.7 - Tela de verificação da integridade do arquivo .JSON.

Aguarde a verificação e o carregamento do JSON, pois além do SIGA verificar se o arquivo que está sendo importado é válido, ele também faz o carregamento de cada elemento, sendo assim, se o projeto for muito grande e tiver várias séries carregadas, esse processo poderá demorar um pouco. Ao final, será visto algo igual aos elementos selecionados no projeto original. Assim como demonstrado abaixo (Figura B1.8):

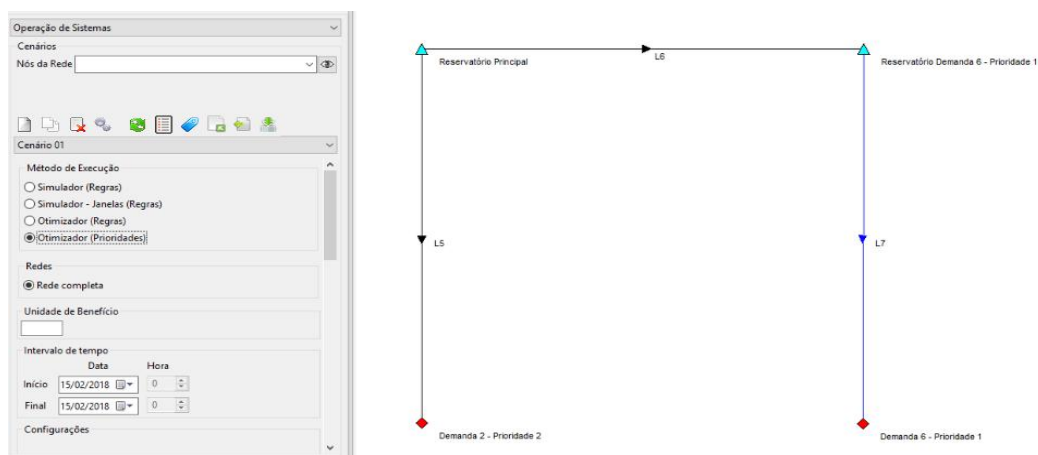


Figura B1.8 - Tela de exibição do arquivo importado.

B.2 Matriz de Thiessen

No processo de Thiessen é necessário entrar com uma matriz de dados (Figura B1.9). Nessa matriz, as linhas são as datas e as colunas são os IDs das estações.

Ao final do processo de Thiessen, uma outra matriz é apresentada. Nessa matriz, as colunas agora são os IDs das sub-bacias. Os valores da matriz são os valores médios calculados por Thiessen.

	Estação [25]	Estação [71]	Estação [90]	Estação [92]	Estação [93]	Es
08/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
09/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
10/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
11/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
13/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
14/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
15/12/2000	65.0	10.0	0.0	27.0	37.8	
16/12/2000	15.0	0.0	25.0	0.0	16.6	
17/12/2000	0.0	0.0	0.0	21.0	5.8	
18/12/2000	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
19/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
20/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	
21/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
22/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
23/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
24/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
25/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
26/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
27/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
28/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
29/12/2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Figura B1.9 - Matriz de dados de entrada para o método de Thiessen.

C. MÉTODOS DE EXECUÇÃO DE THIESSEN

No processo de Thiessen do SIGA, definimos três métodos de execução. Esses métodos dizem respeito a como são calculados os polígonos de Voronoi. No geral, eles são específicos para cada data e desprezam as estações que não possuem valores para aquela data. A seguir, descrevemos os três métodos disponíveis no SIGA.

C.1 Método por Sub-bacia

No método tradicional, todos os polígonos de Thiessen/Voronoi são calculados de uma vez só. Para isso, todos os pontos (postos/estações) contidos na bounding box 1 da layer de polígonos (sub-bacias) são utilizados. Nesse método, a bounding box é inflada da seguinte maneira: 10% da largura para o lado direito e 10% para o lado esquerdo e 10% da altura para cima e 10% para baixo.

No método por sub-bacia, os polígonos de Thiessen/Voronoi são calculados para cada polígono da layer de polígonos. O detalhe é que só são levados em conta os pontos dentro do polígono.

No caso da Figura C1.1, todos os pontos (estações) possuem valores, mas somente os pontos 238, 342 e 648 foram levados em consideração porque estão dentro do polígono da sub-bacia.

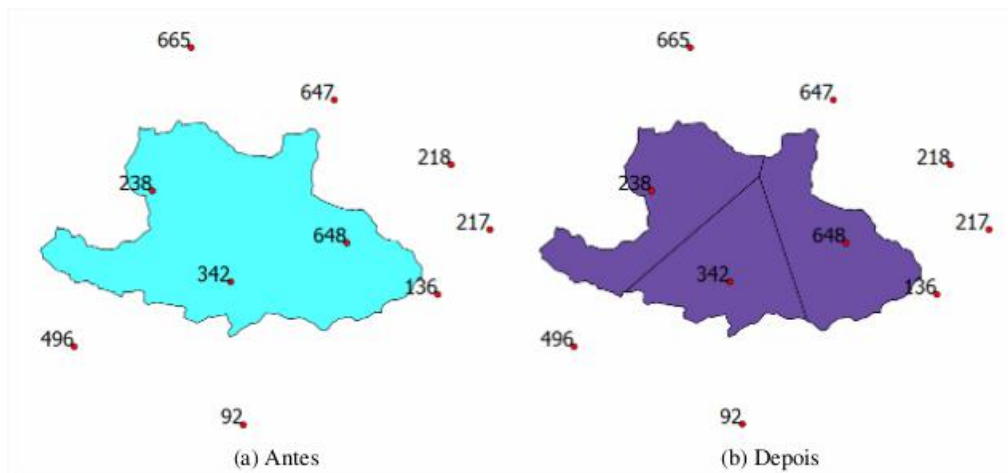


Figura C1.1 - Método de Thiessen/Voronoi

D. GEORREFERENCIAMENTO

A tela de desenho da rede de fluxo do SIGA é georreferenciada e aceita o carregamento de arquivos shapefiles e rasters independente do sistema de coordenadas, datum ou projeção.

D.1 Shapefiles

Um *shapefile* é um formato digital de armazenamento de vetores para guardar localizações geométricas e informações de atributos associados. Esse formato não tem capacidade de guardar informações topológicas. Os *shapefiles* são simples porque eles guardam o tipo primitivo de dados geométricos de pontos, linhas e polígonos. Uma tabela guardará propriedades/atributos para cada forma primitiva no *shapefile*. As formas (pontos/linhas/polígonos) junto aos atributos podem criar infinitamente muitas representações sobre dados geográficos. Essa representação provê a habilidade para computações poderosas e precisas.

A Figura D1.1 mostra um exemplo de uma camada de *shapefile*.

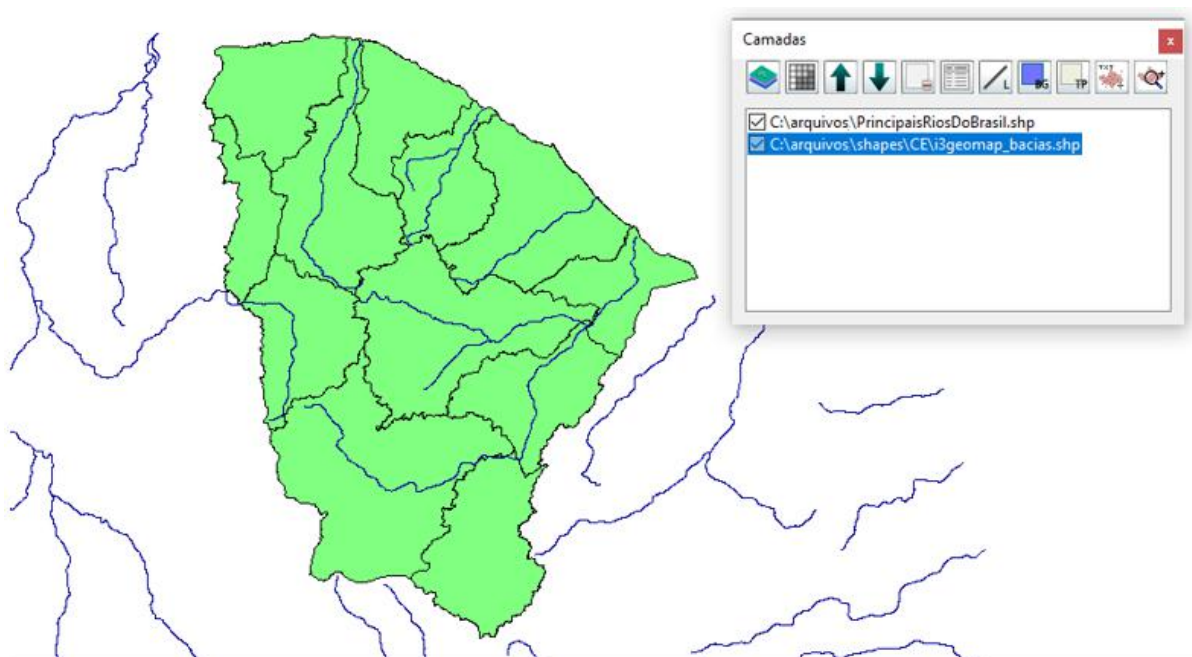


Figura D1.1 - Camada de shapefile no SIGA (Ex: Principais Bacias do Ceará e principais rios do Brasil).

D.2 Rasters

A Figura D1.2 mostra um exemplo de uma camada de raster.

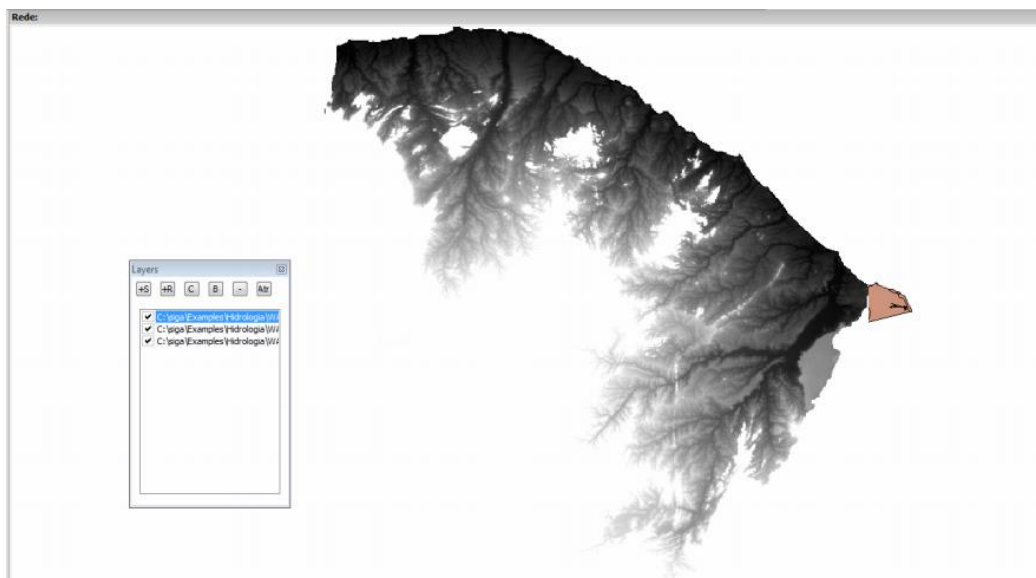


Figura D1.2 - Camada raster no SIGA (Ex: MNT)

Uma imagem raster é uma estrutura de matriz de pontos representando usualmente um grid retangular de pixels ou pontos de cor, visíveis em um computador através de um monitor, papel ou outra forma de visualização.

Um tipo de dados raster é, em essência, qualquer tipo de imagem digital representada por grids. Um pixel em um raster é a menor unidade de um grid individual que constrói uma

imagem, geralmente de difícil identificação até que seja produzido na imagem um aumento de escala (zoom) muito grande. A combinação dos pixels que compõem um sistema de formação de cor de uma imagem trarão detalhes da mesma.

Os conjuntos de dados de rasters usados pelos GIS conterão informações a cerca de elevação, um modelo de elevação digital, a refletividade de um comprimento de onda da luz em particular ou algum outro indicador de espectro eletromagnético.

O tipo de dados raster consiste em linhas e colunas de células, cada uma guardando um valor único. Os dados rasters podem ser imagens com cada pixel (ou célula) contendo um valor de cor. Outros valores que podem ser gravados em cada célula podem ser um valor inteiro, como uso de terra, um valor contínuo, como temperatura ou um valor nulo se nenhum dado for disponível

D.3 Sistema de coordenadas

Em geodesia, um elipsoide de referência é uma superfície matematicamente definida que se aproxima do geóide, a verdadeira figura da Terra ou qualquer outro corpo planetário. Devido à sua relativa simplicidade, os elipsoides de referência são usados como uma superfície preferida na qual são efetuados os cálculos da rede geodésica. O principal uso dos elipsoides de referência é servir de base para um sistema de coordenadas de latitude (norte/sul), longitude (este/oeste) e elevação (altura). Caso o usuário não carregue nenhuma camada de *shapefile* ou raster, o SIGA irá utilizar o elipsoide WGS84, com sistema de coordenadas de latitude e longitude.

Os arquivos carregados poderão ser de quaisquer tipos, desde que todos obedeçam ao mesmo elipsoide, sistema de coordenada e datum.

ANEXO 02

Instalação do SIGAS

A. MINUTA DE INSTALAÇÃO DO SIGA

O presente texto apresenta, de forma clara e objetiva, o processo de instalação do SIGA, assim como o carregamento e execução de um projeto do PISF que está sendo desenvolvido.

Maior detalhe sobre o SIGA, suas funcionalidades, versões para *download*, documentação, entre outros, podem ser acessados através do endereço <http://www.funceme.br/siga/>.

O conteúdo da página inicial do site é exibido na imagem abaixo (Figura A2.1):

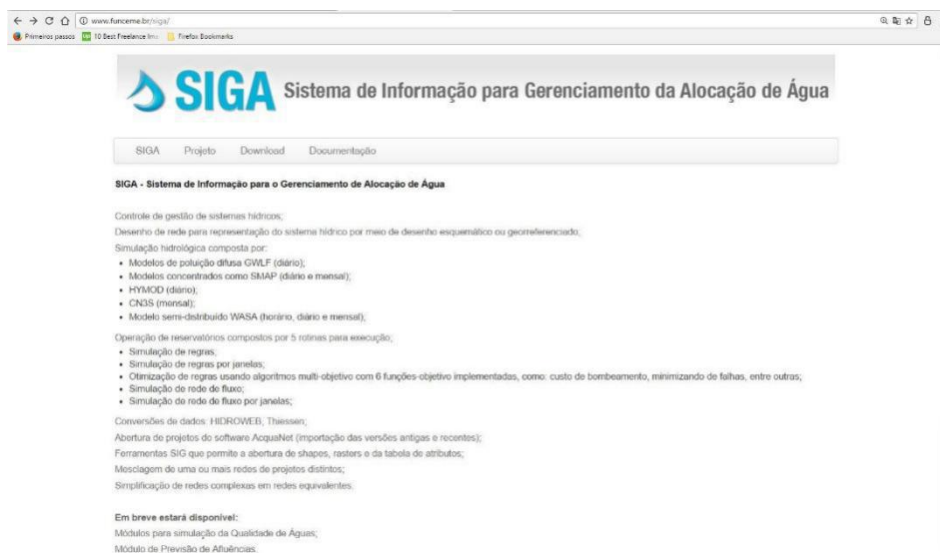


Figura A2.1 - Tela Inicial da página do SIGA

B. DOWNLOAD DO SIGA

Todas as versões já liberadas do sistema do SIGA encontram-se disponível na aba "Download" (Figura B2.1) na página principal do sistema, ou através do link direto <http://www.funceme.br/siga/dow/download>. Atualmente, o SIGA somente está disponível para *Windows*.



Figura B2.1 - Item de menu referente ao download de versões no site do sistema SIGA

A lista de versões do sistema é mostrada na Figura B2.2, a seguir:



Figura B2.2 - Lista de versões disponibilizadas no site do sistema SIGA.

A última versão lançada se encontra em destaque na página, abaixo do termo “Última Versão”. Para fazer o download da mesma, basta clicar no link, como indicado na Figura B2.3.



Figura B2.3 - Local onde está a última versão do sistema SIGA na lista de versões disponibilizadas no site.

C. INSTALAÇÃO DO SIGA

Para iniciar o executável existem diferentes formas. Abaixo, apresentamos a forma usual de instalação:

- Acesse a pasta onde foi baixado o arquivo de instalação. Nesta, deve haver um arquivo .zip que contém o programa executável;
- Use o programa de leitura de arquivos zip de sua preferência para descompactar o arquivo (como o WINRAR, WINZIP, 7ZIP, dentre outros);
- Descompacte o arquivo na pasta local. (Figura C2.1);
- Execute esse arquivo clicando duas vezes sobre ele (Figura C2.2);
- Observe se o programa executável foi extraído do arquivo zip;
- Ao clicar duas vezes sobre o arquivo, o seu sistema pode pedir uma autorização para executar o arquivo (Figura C2.3). Neste caso, conceda a permissão, clicando em SIM;
- Siga as instruções na tela;

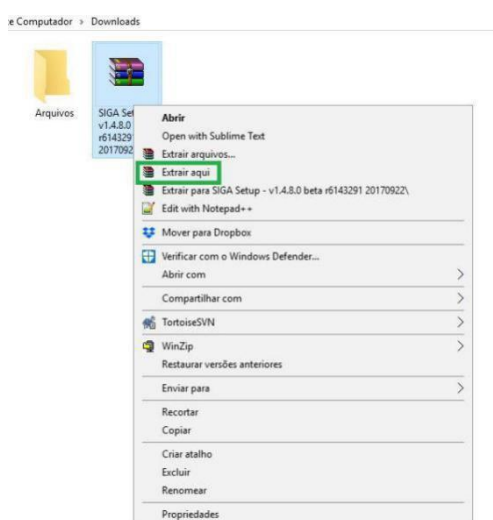


Figura C2.1 - Descompactando o arquivo de instalação.

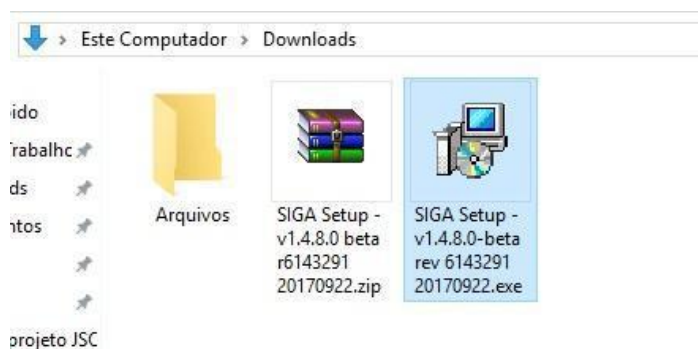


Figura C2.2 - Arquivo de instalação descompactado.

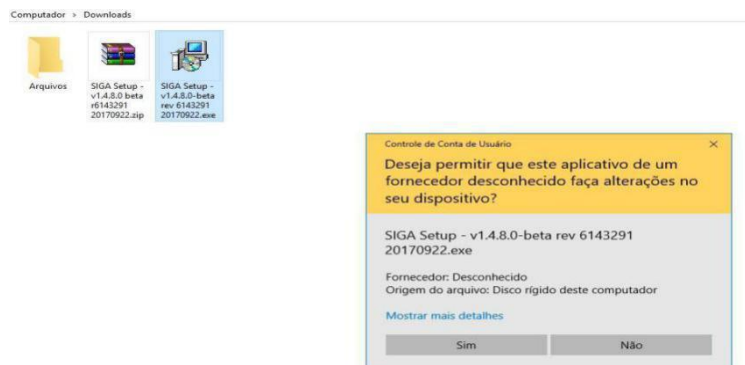


Figura C2.3 - Janela de autorização para a instalação.

Na sequência, surge uma tela perguntando se deve ser criado um atalho para o sistema na área de trabalho. Caso seja desejado, a opção marcada deve ficar marcada (Figura C2.4). Caso contrário, a opção deve ser desmarcada. Recomenda-se, para facilidade de acesso, deixar esta opção marcada.

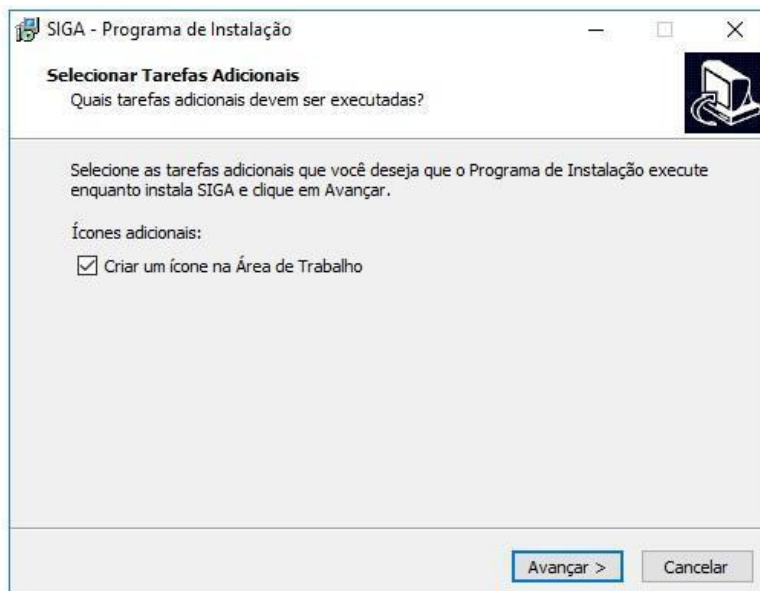


Figura C2.4 - Criação do Ícone do SIGA na área de trabalho do Windows

Clique em avançar.

Na sequência, mostra-se uma janela com uma descrição da instalação (Figura C2.5).

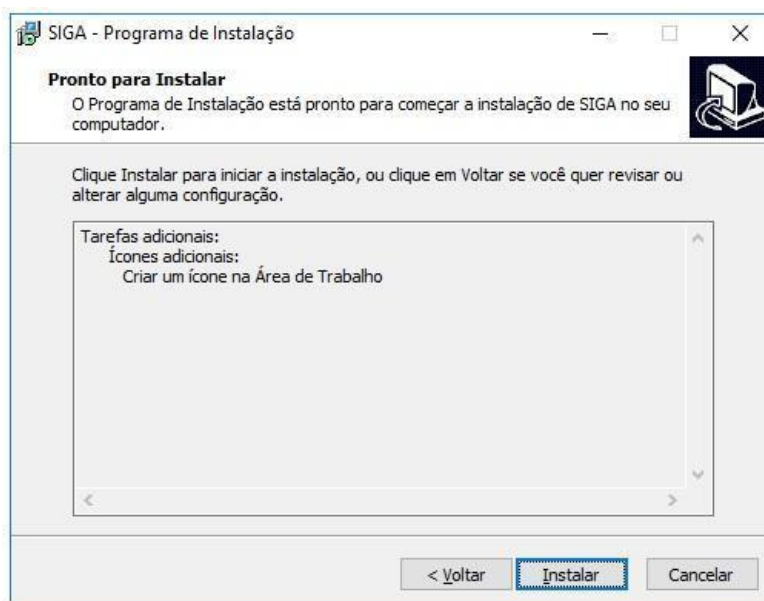


Figura C2.5 - Instruções de instalação

Para confirmar a instalação, clique em instalar e aguarde a instalação terminar. Ao final da instalação, será mostrada a seguinte tela (Figura C2.6):



Figura C2.6 - Conclusão da Instalação

Caso deseje iniciar o SIGA a partir dessa tela, deixe a opção "Executar SIGA" marcada e clique em concluir. Caso contrário, desmarque essa opção e acesse o programa a partir do atalho criado na área de trabalho ou a partir do seu menu Iniciar.

Ao iniciar o sistema, será exibida a tela inicial, mostrada na Figura C2.7:

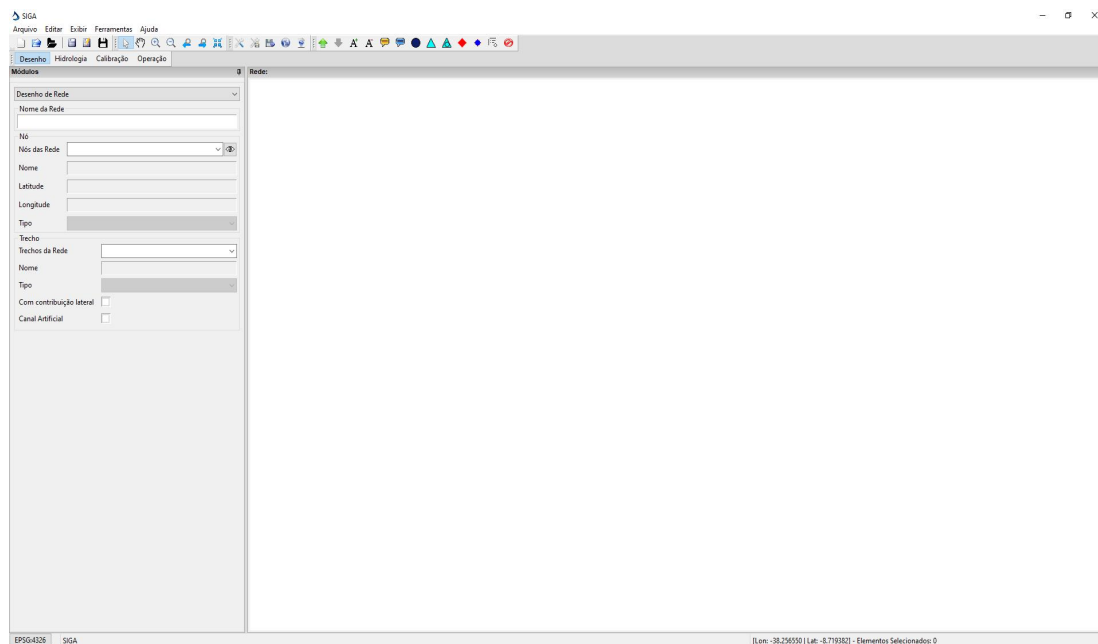


Figura C2.7 -Tela Inicial do SIGA

D. Exemplo de Abertura do Projeto Siga do Eixo Leste (Projeto de Integração do São Francisco - PISF)

Nesta seção, descreve-se como abrir um projeto do Eixo Leste.

Faça o download do projeto do Eixo Leste para a pasta de sua preferência. Como exemplo, será usada a pasta Downloads.

Com o SIGA aberto, pode-se abrir um projeto de três formas:

> **Forma 1**

Clique na opção abrir (Figura D2.1).

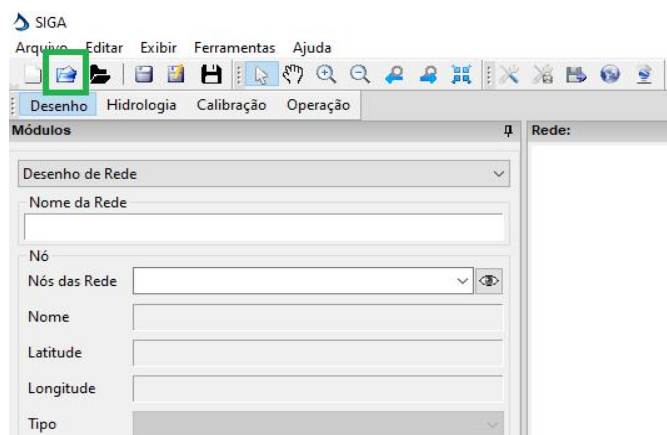


Figura D2.1 -Abrindo projeto através da barra de ferramentas.

> **Forma 2**

Clique em Arquivo e depois em abrir (Figura D2.2).

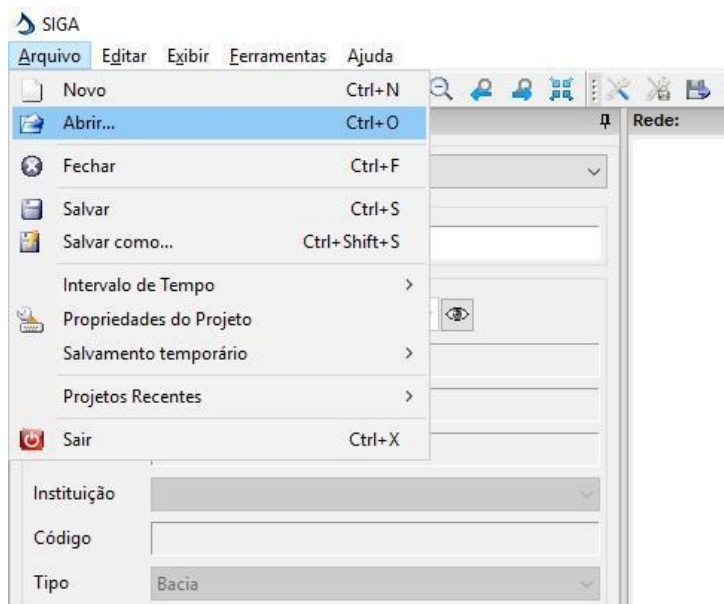


Figura D2.2 - Abrindo projeto através do Menu Arquivo.

> **Forma 3**

Na janela principal, acesse o atalho Ctrl+O. Para isso, mantenha pressionada pressione a tecla Ctrl e pressione a tecla o. Na sequência, basta navegar até a pasta Downloads e selecionar o projeto desejado (Figura D2.3).

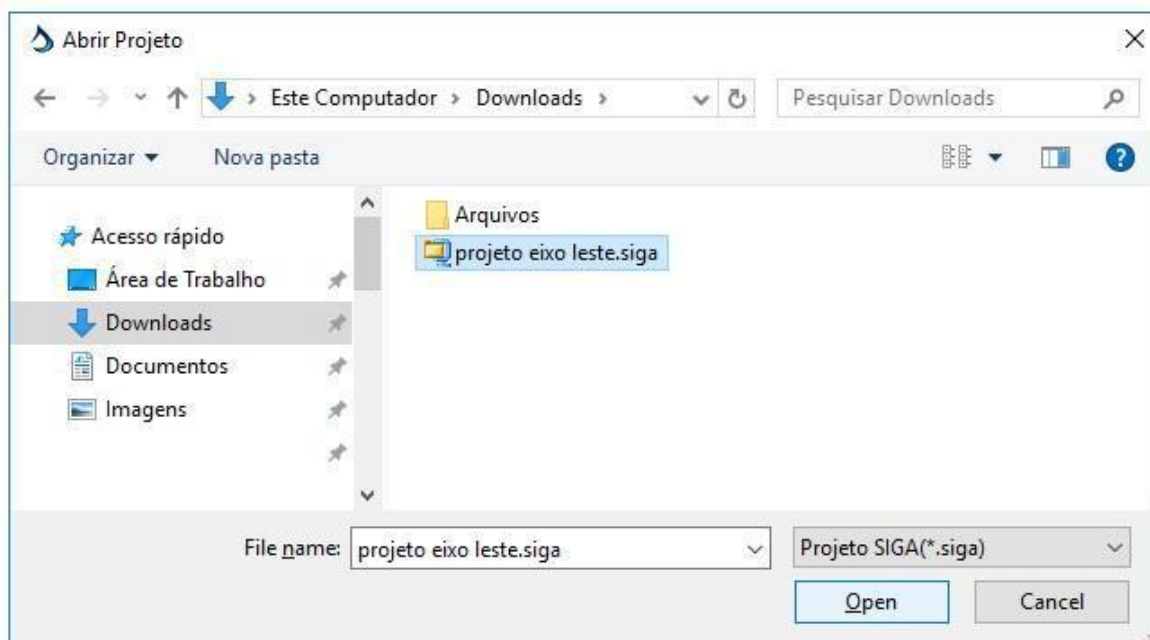


Figura D2.3 - Abrindo projeto através da tecla de atalho Ctrl+O.

Na sequência, clique em abrir. O SIGA prossegue com a abertura o projeto mostrando algumas telas de carregamento (Figura D2.4).

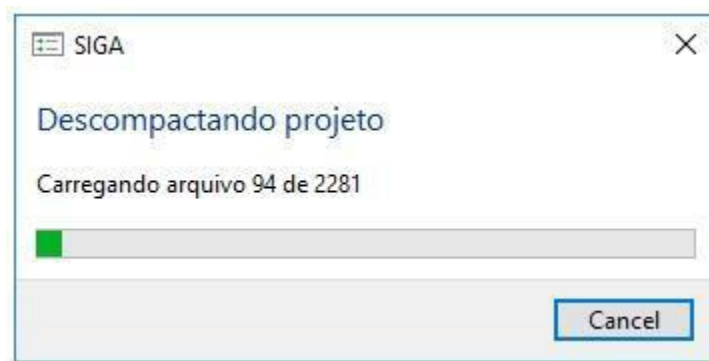


Figura D2.4 -Tela de carregamento do Projeto.

Ao final, exibe-se a tela principal com o projeto carregado (Figura D2.5).

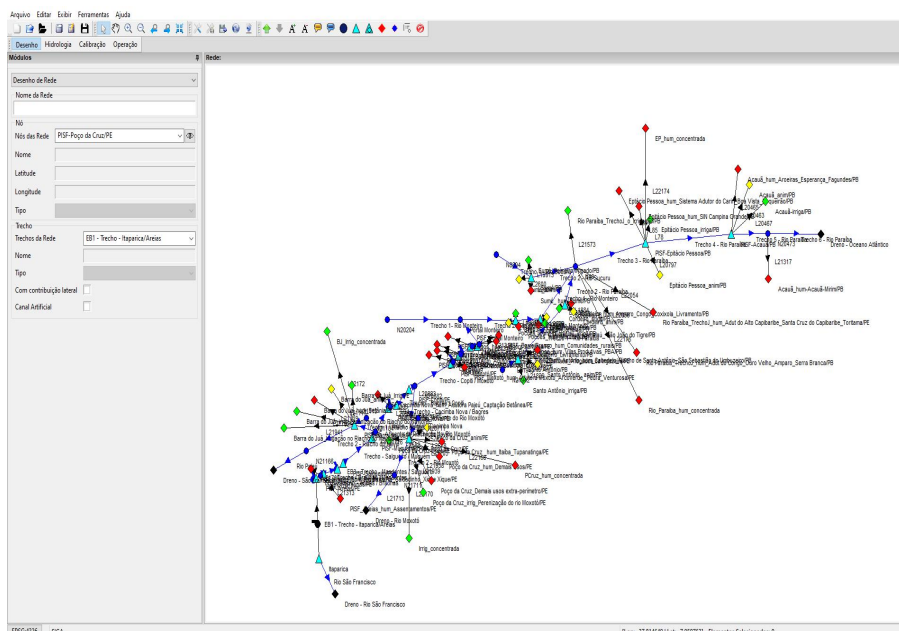


Figura D2.5 - Projeto carregado.

Desta forma, é possível realizar diversas simulações modificando valores dos elementos carregados ou criando novos cenários de testes.

Inicialmente, o SIGA exibe a interface do módulo desenho de rede (Figura D2.6).

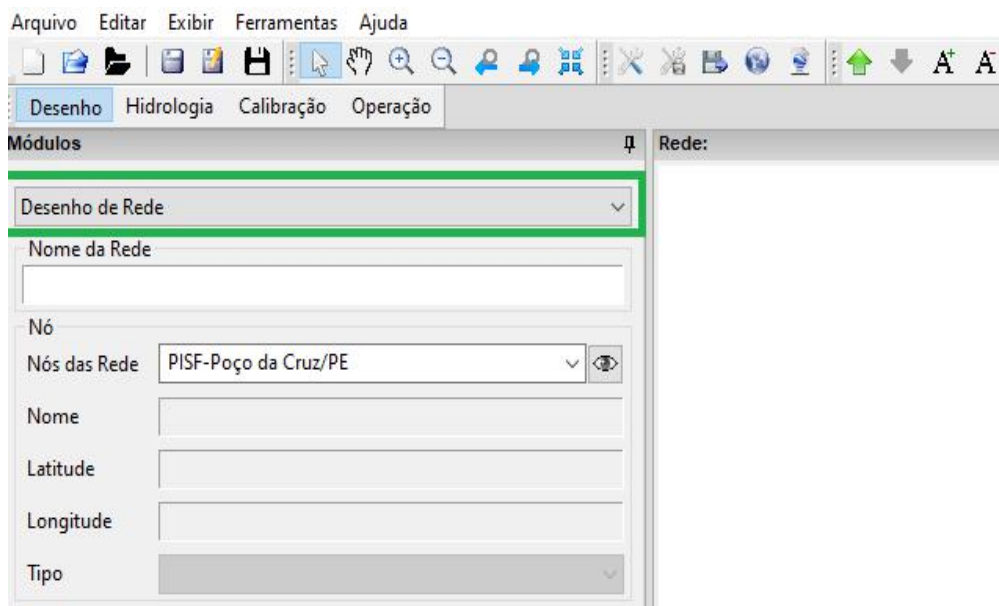


Figura D2.6 - Módulo “Desenho de Rede”.

Existem 4 módulos no sistema:

1. Desenho de Rede;
2. Hidrologia;
3. Calibração;
4. Operação de Sistemas.

Caso seja desejada a execução do cenário, deve-se acessar a interface do módulo de Operação de Sistemas. Para mudar de módulos deve-se usar o Combo Box no canto superior esquerdo do SIGA:

Para mudar de módulo, clique sobre o Combo Box. Serão exibidos todas as opções de módulos (Figura D2.7). Na sequência, clique em Operação de Sistemas.

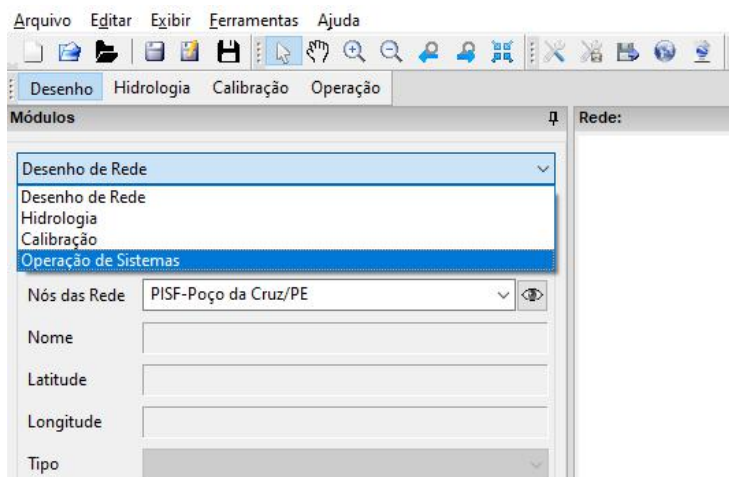


Figura D2.7 - Opções de módulos. Em destaque, o módulo “Operação de Sistemas”.

O SIGA muda para o módulo selecionado e exibe as opções referentes a esse novo contexto. Para executar o modelo, deve-se selecionar algum elemento. Como exemplo,

seleciona-se o elemento reservatório “Barro Branco” (Figura D2.8). Para selecionar esse elemento, basta clicar com o mouse sobre ele.

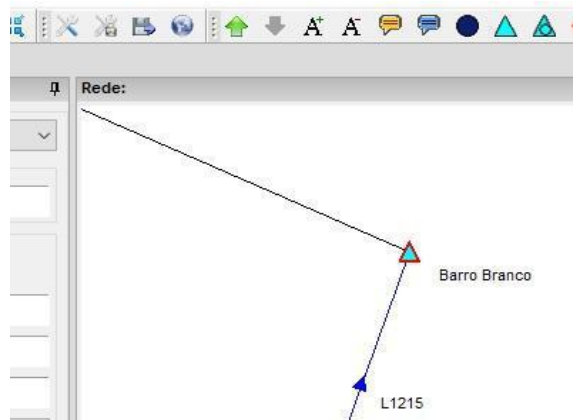


Figura D2.8 - Seleção de elementos. Em destaque, seleção do reservatório Barro Branco.

Escolha o método de execução desejado, usando o menu à esquerda (Figura D2.9):

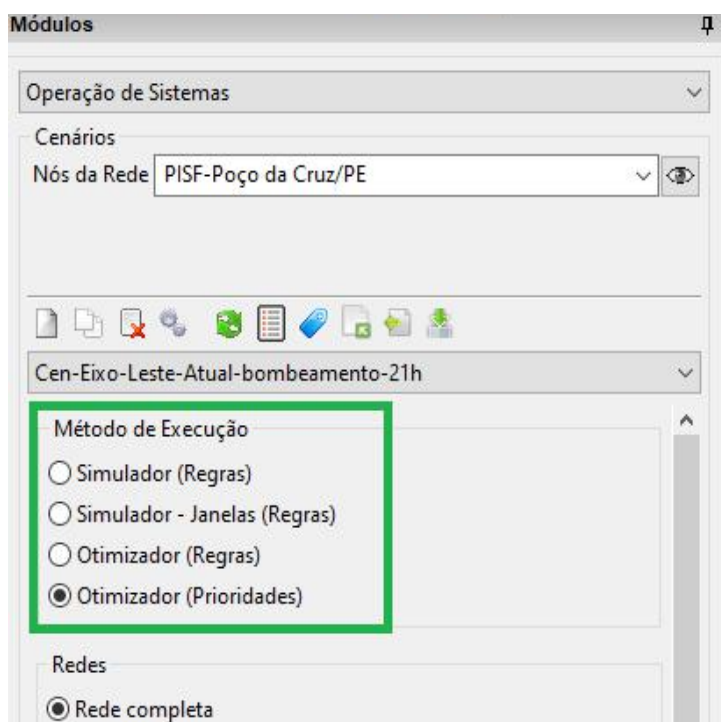


Figura D2.9 - Modos de Execução. Em destaque, o método de Otimização das prioridades.

Selecione (ou deixe selecionado) “Otimizador (Prioridades)”. Na sequência, clique em “Executar”. Essa opção encontra-se na barra de ferramentas, em um botão localizado na porção central dessa nova barra (Figura D2.10):

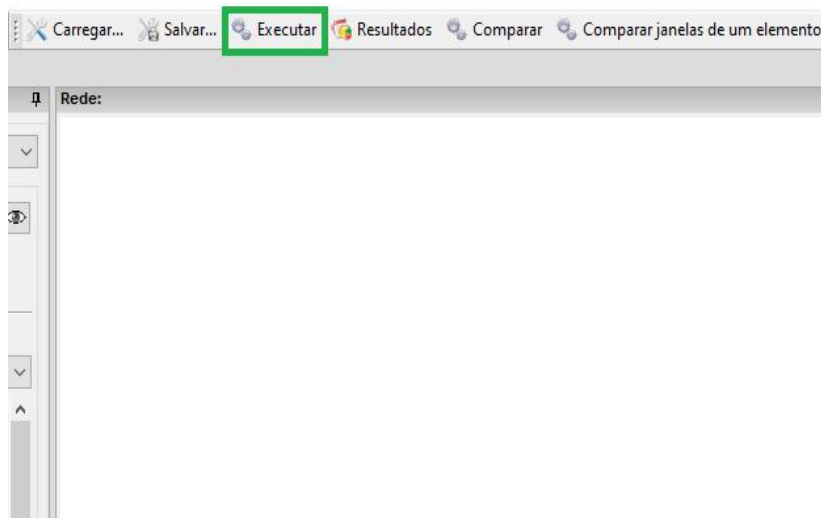


Figura D2.10 - Botão “Executar” na barra de Ferramentas associada ao módulo “Operação de Sistema”.

Após clicar em executar, a execução do cenário é feita. Uma barra de progresso é exibida (Figura D2.11):

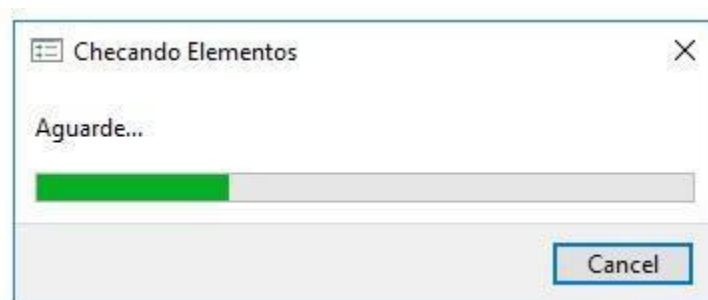


Figura D2.11 - Barra de progresso da execução do cenário.

Ao final, os resultados podem ser acessados clicando no botão “Resultados” da barra de ferramentas (Figura D2.12):

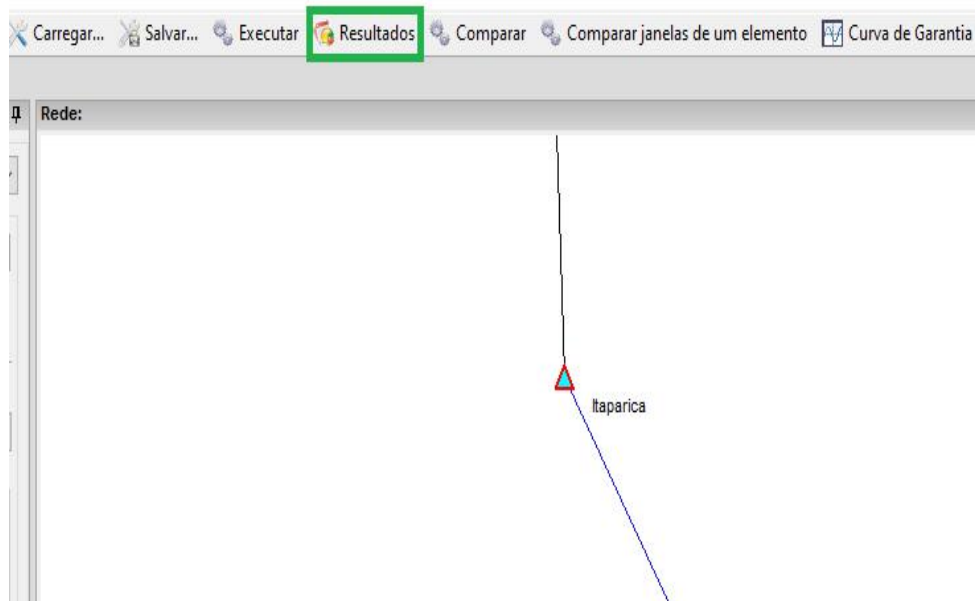


Figura D2.12 - Botão "Resultados" na barra de Ferramentas.

Ao clicar no botão, exibe-se uma janela contendo os resultados, ao qual podem ser exibidos de três formas, por planilhas (Figura D2.13), sob a forma de gráfico (Figura A2.29), ou na forma de estatística (Figura D2.14).

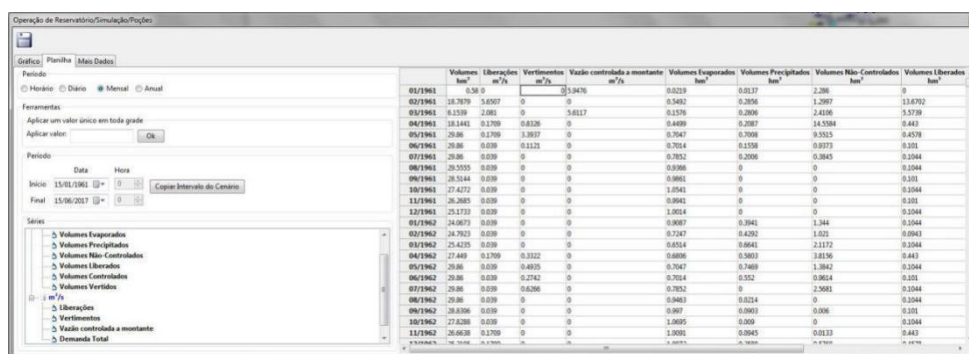


Figura D2.13 - Tela de apresentação dos resultados do modelo. A opção selecionada é a de Planilha.

Exibição dos resultados sob a forma gráfica.

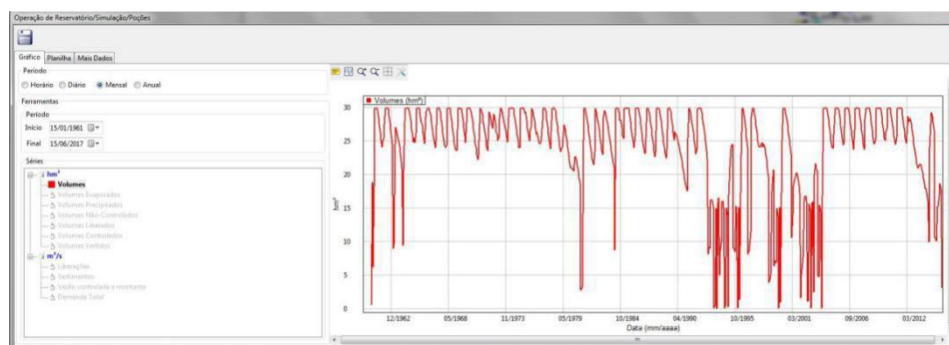


Figura D2.14 - Tela de apresentação dos resultados do modelo. A opção selecionada é a do Gráfico.

Exibição dos resultados sob a forma estatística.

Operação de Reservatório/Simulação/PISF-Barro Branco/PE

Gráfico Planilha **Mais Dados**

Informações Gerais

Volume mínimo atingido: 0

Vazão regularizada(m/s):

Garantia da vazão regularizada:

Informações das Séries

	Total	Média	Valor Máximo	Valor Mínimo	Tamanho da série
Volume inicial	6.060	0.505	0.505	0.505	12.000
Volume final	6.060	0.505	0.505	0.505	12.000
Vazão Natural Incremental	1.620	0.001	0.120	0.000	1332.000
Vazão controlada a montante	0.045	0.004	0.009	0.000	12.000
Vertimento	0.033	0.003	0.024	0.000	12.000
Liberação	0.000	0.000	0.000	0.000	12.000
Vazão efluente	0.033	0.003	0.024	0.000	12.000
Precipitação	37070.400	49.035	437.000	0.000	756.000
Evaporação	190420.500	142.958	182.900	108.000	1332.000
Volume não-controlado a montante	0.079	0.007	0.052	0.000	12.000
Volume controlado a montante	0.118	0.010	0.023	0.000	12.000
Vertimento	0.087	0.007	0.061	0.000	12.000
Liberação	0.000	0.000	0.000	0.000	12.000
Volume efluente	0.087	0.007	0.061	0.000	12.000
Evaporação	0.214	0.018	0.023	0.013	12.000
Área	1.500	0.125	0.125	0.125	12.000
Precipitação	0.105	0.009	0.024	0.000	12.000
Cota	7199.844	599.987	599.987	599.987	12.000
Volume Útil	0.000	0.000	0.000	0.000	12.000
Volume Útil	1200.000	100.000	100.000	100.000	12.000
Volume Total	1200.000	100.000	100.000	100.000	12.000
Prioridades	1140.000	95.000	95.000	95.000	12.000

Figura D2.15 - Tela de apresentação dos resultados do modelo. A opção selecionada é a aba Mais Dados.

ANEXO 03

Exemplos de Cenários Para Otimizador Por Prioridades

Siglas:

R: Reservatório;

D: Demanda;

DR: Dreno;

P: Prioridade;

DE: Demanda solicitada;

VIn: Volume inicial;

VMin: Volume mínimo;

VMáx: Volume máximo;

VMeta: Volume meta;

L: Trecho. Azul = natural, Preto = Artificial;

LO: Perda em trânsito de um trecho;

NAT: Vazão natural incremental.

> Informações sobre o modelo

O modelo funciona visando otimizar o atendimento às demandas e aos volumes metas dos reservatórios utilizando como peso a prioridade dos elementos. Os valores das prioridades variam de 1 até 99, sendo 1 a maior prioridade e 99 a menor prioridade.

> Considerações

Para cada cenário considere a execução do modelo mensal para um único mês. O mês utilizado será o de janeiro.

> Cenário 1

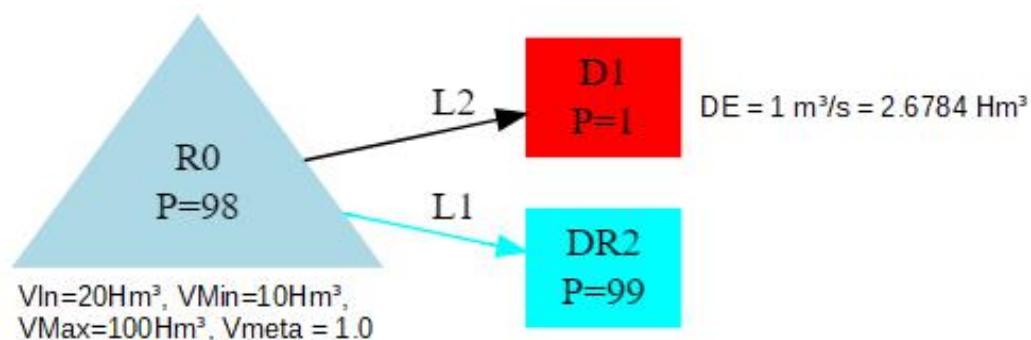


Figura E.1 – Cenário 1.

Nesse cenário, o reservatório **R0** liberará **1m³/s** para a demanda **D1** através do trecho **L2**. Isso acontece, pois a demanda **D1** possui uma prioridade maior do que a do reservatório **R0**,

além disso este reservatório possui **10Hm³** de volume disponível que é suficiente para realizar esse atendimento. O dreno **DR2** não receberá água, pois sua prioridade é inferior à do reservatório **R0**.

> **Cenário 2**

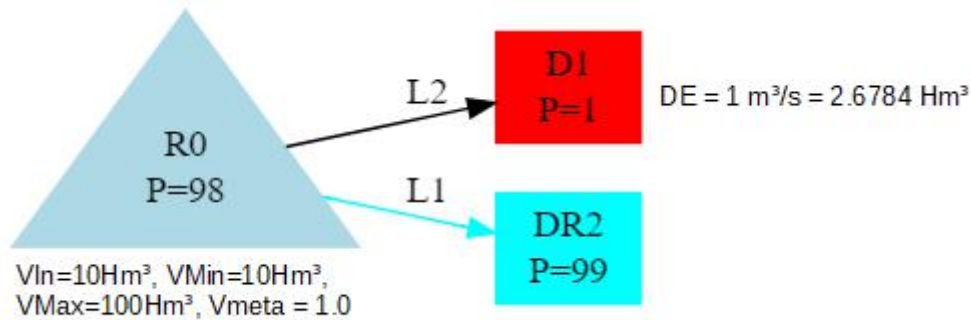


Figura E.2 – Cenário 2.

Nesse cenário, o reservatório **R0** não realizará liberação, pois o mesmo possui **0hm³** de volume disponível.

> **Cenário 3**

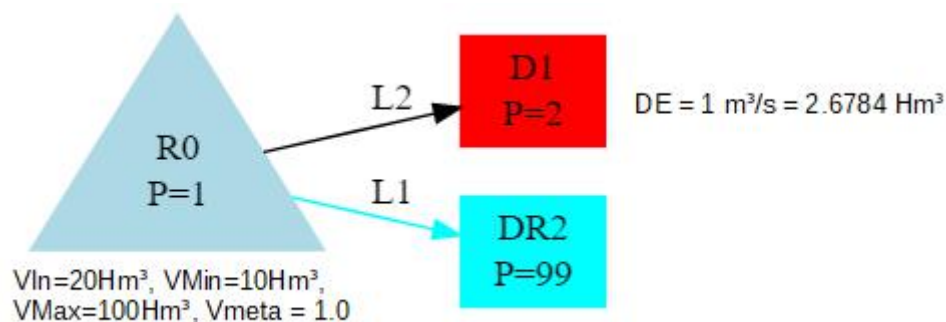


Figura E.3 – Cenário 3.

Nesse cenário, o reservatório **R0** não realizará liberação, mesmo ele possuindo **10Hm³** de volume disponível. Isso ocorre, pois como **R0** possui prioridade maior que os demais, ele priorizará tentar manter o seu volume no valor do volume meta. Note que nesse cenário, o volume meta é **100%** do volume máximo, ou seja, o reservatório **R0** priorizará tentar manter o seu volume em **100Hm³**. Assim, a única forma de haver atendimento para demandas nesse cenário seria através de vertimento, pois essa água em excesso pode atender elementos de jusante que possuem menor prioridade.

> **Cenário 4**

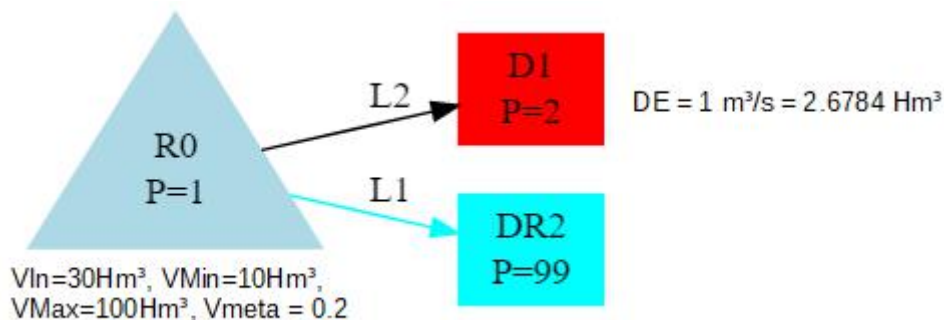


Figura E.4 – Cenário 4.

Nesse cenário, apesar do reservatório R0 possuir a maior prioridade da rede, ele acaba liberando água, tanto para demanda D1 como para o dreno DR2. Isso ocorre devido ele priorizar manter apenas 20% do volume máximo ($V_{meta} = 0.2$). Assim, ele prioriza manter o volume com 20Hm^3 , o restante disponível (10Hm^3) é liberado para os elementos de prioridades mais baixas. Como D1 possui prioridade mais que alta que a de DR2, D1 recebe primeiro o que ele solicita ($1 \text{ m}^3/\text{s} = 2.6784 \text{ Hm}^3$). O restante é liberado para o dreno DR2 ($2.7335\text{m}^3/\text{s} = 7.1316\text{Hm}^3$).

> **Cenário 5**

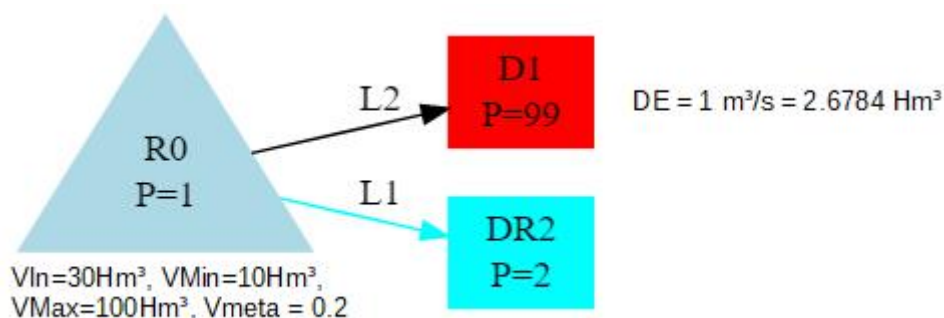


Figura E.5 – Cenário 5.

Esse cenário é similar ao **cenário 4**, mas com o dreno **DR2** e a demanda **D1** com prioridades invertidas. Dessa forma, todo volume liberado pelo reservatório **R0** será encaminhado para o dreno **DR2**, conseqüentemente a demanda **D1** tem atendimento zerado. Isso ocorre, pois para a demanda **D1** ser atendida, seria necessário, antes, o dreno **DR2** ser plenamente atendido (fato que não acontece, pois o dreno possui demanda “infinita”).

> **Cenário 6**

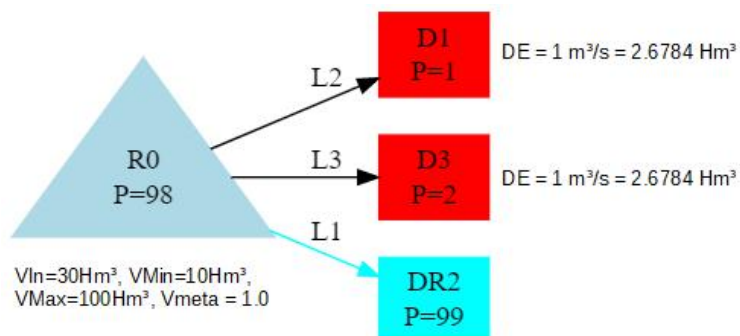


Figura E.6 – Cenário 6.

Nesse cenário, o reservatório **R0** realiza o atendimento completo às duas demandas **D1** e **D3**, pois possui prioridade menor e volume disponível (**20Hm³**) suficiente para isso. O dreno **DR2** não recebe nada, pois possui prioridade menor que do reservatório **R0**.

> **Cenário 7**

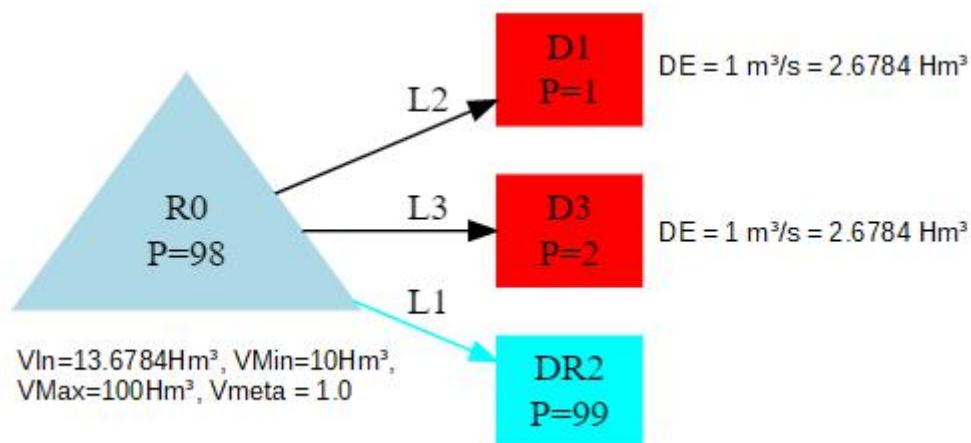


Figura E.7 – Cenário 7.

Nesse cenário, o reservatório **R0** não possui volume disponível para atender as duas demandas. Assim, o atendimento ocorre por ordem de prioridade. Primeiro, a demanda **D1** é atendida, pois tem maior prioridade, com isso fica restando **1Hm³ = 0.3733m³/s** para o atendimento da demanda **D3**. Dessa forma, a demanda **D3** fica com uma escassez de **1.6784Hm³ = 0.6266m³/s**.

> **Cenário 8**

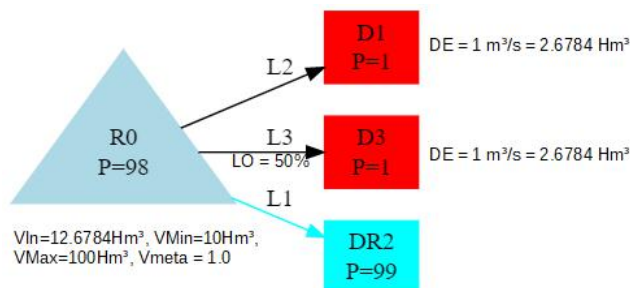


Figura E.8 – Cenário 8.

Nesse cenário, o reservatório **R0** possui volume disponível suficiente para atender apenas uma das demandas. Porém, note que as duas demandas possuem a mesma prioridade. Nesse caso, o reservatório **R0** priorizará a demanda que possui o caminho com menor perda em trânsito, a demanda em questão é a **D1**.

> **Cenário 9**

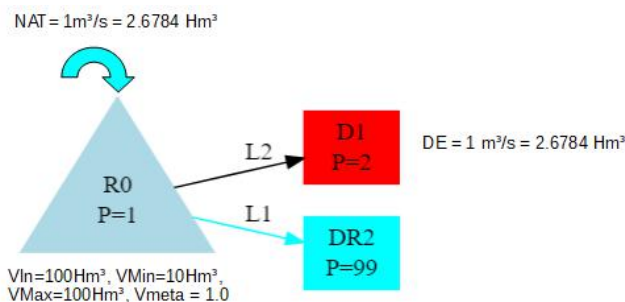


Figura E.9 – Cenário 9.

Esse cenário é similar ao **cenário 3**, mas agora o reservatório **R0** está cheio ($V_{In}=V_{max}$) e possui uma vazão natural incremental de $1\text{ m}^3/\text{s}$. No **cenário 3**, a demanda **D1** não tinha sido atendida devido à prioridade mais alta do reservatório **R0**. Nesse cenário, o atendimento acontece através da água em excesso do reservatório ($1\text{ m}^3/\text{s} = 2.6784\text{Hm}^3$). Esse valor é liberado para D1 mantendo reservatório com volume de 100Hm^3 .

> **Cenário 10**

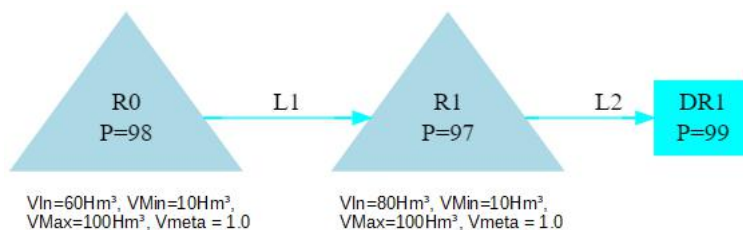


Figura E.10 – Cenário 10.

Nesse cenário, o reservatório **R0** liberará **20Hm³** para o reservatório **R1**. O reservatório **R1** “pede” aos reservatórios a montante a ele água para que ele possa atingir o seu volume meta (**V_{meta} = 1.0 = 100% = 100Hm³**). **R0** realiza esse atendimento, pois apesar dele não estar com seu volume meta, ele possui prioridade menor que o reservatório **R1**.

> **Cenário 11**

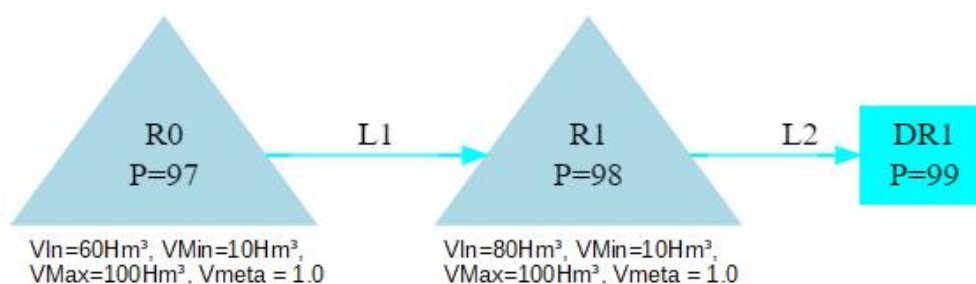


Figura E.11 – Cenário 11.

Esse cenário é similar ao **cenário 10**, mas com o reservatório **R0** e o reservatório **R1** com prioridades invertidas. Assim, o reservatório **R0** não realizará nenhuma liberação.

> **Cenário 12**

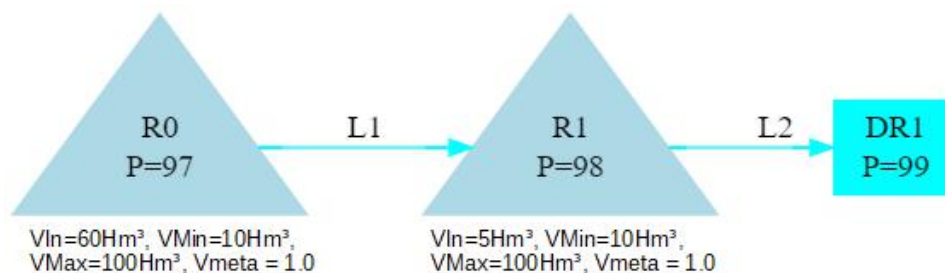


Figura E.12 – Cenário 12.

Esse cenário é similar ao **cenário 11**, mas com o reservatório **R1** com volume inicial abaixo do volume mínimo. Quando o reservatório está abaixo do volume mínimo ele fica com prioridade máxima para preencher seu volume até o valor mínimo. Dessa forma, o reservatório **R0** liberará **5Hm³** para que o reservatório **R1** atinja o seu volume mínimo.