

**SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PROCEDIMENTOS DE OUTORGA E FISCALIZAÇÃO**



**Elaboração de Material Didático e a Realização de Cursos de
Capacitação nas Áreas de Outorga, Fiscalização e Cobrança
Roteiro de Utilização SSDOutorgaDAEE
Novembro de 2012
Revisão 2**

**Recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO
Contrato FEHIDRO nº 188/2011**

Módulo: “Balanço Hídrico Superficial”

Treinamento de técnicos do DAEE da área de outorga

Utilização do aplicativo SSD-Outorga desenvolvido pelo LabSid (Poli/USP)

Apostila

São Paulo, Novembro de 2012

Revisão 2

Projeto: Elaboração de Material Didático e a Realização de Cursos de Capacitação nas Áreas de Outorga, Fiscalização e Cobrança.

Contrato DAEE: nº 2011/21/00264.1 – autos nº 52.054

Contratada: FCTH - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA



Recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO

Contrato FEHIDRO nº 188/2011



**SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PROCEDIMENTOS DE OUTORGA E FISCALIZAÇÃO**

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	2
2. OBJETIVOS	3
3. PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS UTILIZADOS NO BALANÇO HÍDRICO SUPERFICIAL PELO DAEE.....	3
4. ROTEIRO DE UTILIZAÇÃO DO SSD-OUTORGA.....	4
4.1 INICIALIZAÇÃO DO SISTEMA SSD OUTORGA DAEE	4
4.2 ACESSO AO SISTEMA PELA PRIMEIRA VEZ	4
4.3 BALANÇO HÍDRICO	7
4.3.1. DEFINIÇÃO DAS VAZÕES DE REFERÊNCIA	7
4.3.2. ENTRADA DOS DADOS RELATIVOS À DISPONIBILIDADE NATURAL DE ESTIAGEM:.....	7
4.3.3. ENTRADA DOS DADOS RELATIVOS À “VAZÃO MÍNIMA A SER MANTIDA” A JUSANTE (RESTRICÇÃO IMPOSTA).	7
4.3.4. CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO – CALCULA BACIA	8
4.4 RESULTADOS DO BALANÇO HÍDRICO.....	8
4.4.1. VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS ATRAVÉS DE PLANILHA	9
4.4.2. VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS DO BALANÇO HÍDRICO ATRAVÉS DE GRÁFICOS	10
4.4.3. MÁXIMO DÉFICIT: VISUALIZAÇÃO CROMÁTICA	12
4.5 INSERIR VAZÕES AFLUENTES EXTERNAS	12
4.6 USOS NAS SUB-BACIAS	14
4.6.1. INSERIR USUÁRIO NOVO	15
4.6.2. EDIÇÃO DE USOS NOVOS OU PRÉ-EXISTENTES.....	17
4.7 EXPLORAÇÃO DAS FERRAMENTAS GEOGRÁFICAS.....	18
4.8 CARREGAR CENÁRIOS PRÉ-EXISTENTES	20
4.9 PREPARO DOS LAYERS A SEREM LIDOS NO SSD-OUTORGA-DAEE	20
4.10. BALANÇO HÍDRICO NO SSDOUTORGA	22
5. EXERCÍCIOS.....	28
5.1 INTRODUÇÃO AO SSD-OUTORGA – MENU PRINCIPAL.....	28
5.2 TRABALHANDO COM CENÁRIOS	32
5.3 VERIFICAÇÃO DE UM REQUERIMENTO DE NOVOS USOS (CA E LA)	34
5.4 INTRODUÇÃO DE UMA CAPTAÇÃO COM RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO (CA E RESERVATÓRIO).	36
5.5 GERAÇÃO DE VAZÕES “NEGATIVAS” PELO SSD-OUTORGA	37
5.6 VAZÃO AFLUENTE EXTERNA.	39
5.7 RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO. SOLUÇÃO E PROBLEMA?	41
5.8 UTILIZAÇÃO DE $Q_{DISP NAT} = QP\%$: ANÁLISE DE RISCO DE NÃO ATENDIMENTO.....	44
5.9 RESTRIÇÃO PARA OUTORGA A UM ÚNICO USUÁRIO.	47
5.10 Q MÍNIMA PARA JUSANTE DE RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO E DE CAPTAÇÕES A FIO D’ÁGUA.....	49
5.11 DISTRIBUIÇÃO EQUITATIVA DAS VAZÕES DISPONÍVEIS ENTRE USUÁRIOS DE UMA UNIDADE DE BALANÇO.....	52

1. APRESENTAÇÃO

Em cumprimento ao estipulado no Termo de Referência (DAEE) e na Proposta Técnica e Comercial (FCTH), integrantes do termo firmado entre o DAEE e a FCTH em 8/11/11, contrato DAEE nº 2011/21/0264.1, este material faz parte do curso de formação e treinamento em “Balanço Hídrico Superficial” para técnicos do DAEE e de outras instituições interessadas.

As aulas da primeira turma do módulo serão realizadas nos dias 27 e 28 de novembro de 2012, nas dependências do prédio da Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP, sala S-29, andar superior, à Av. Prof. Almeida Prado, 83 - Travessa 2 – Cidade Universitária USP (São Paulo/SP), seguindo a programação abaixo:

Módulo: Balanço Hídrico Superficial

04/12/2012 - Terça-feira

- 8:30 – 10:00 h - Introdução; Metodologia e aplicativo; Planilha de cálculo
- 10:00 – 10:30 h - Apresentação inicial do aplicativo “SSD-Outorga-DAEE/LabSid”
- 10:30 – 11:00 h Café
- 11:00 – 12:30 h - Demonstração do SSD-Outorga-DAEE/LabSid
- 12:30 – 13:30 h Almoço
- 13:30 – 14:30 h - Exercícios 01 e 02
- 14:30 – 15:30 h - Exercícios 03 e 04
- 15:30 – 16:00 h Café
- 16:00 – 17:30 h - Exercício 05
- 17:30 – 18:00 h - Discussão do conteúdo apresentado

05/12/2012 - Quarta-feira

- 8:30 – 10:30 h - Exercícios 06 e 07
- 10:30 – 11:00 h Café
- 11:00 – 12:00 h - Exercícios 08 e 09
- 12:00 – 13:00 h Almoço
- 13:00 – 15:00 h - Exercícios 10 e 11
- 15:00 – 15:30 h - Discussão do conteúdo apresentado; avaliação do curso e sugestões

2. OBJETIVOS

O curso de formação e treinamento em “Balanço Hídrico Superficial” destinado aos técnicos do DAEE, e a interessados de outras instituições públicas afins, tem como objetivos:

- Apresentação e discussão da metodologia para balanço hídrico superficial desenvolvida pela Diretoria de Outorga do DAEE com base na experiência dos últimos 10 anos;
- Acesso ao aplicativo desenvolvido pelo LabSid (Poli/USP), denominado “SSD Outorga DAEE, e inicialização do sistema;
- Navegação e exploração das ferramentas básicas do sistema;
- Treinamento dos técnicos do DAEE, com a utilização do SSD Outorga DAEE, por meio de exercícios desenvolvidos em classe, utilizando a base cartográfica vetorizada de uma bacia hidrográfica real, simulando a análise de casos de requerimentos de captações e lançamentos e suas consequências;
- Discussão dos critérios utilizados na metodologia de balanço hídrico superficial, utilizando o aplicativo para gerar resultados e proceder à análise dos mesmos;
- Discutir, com os técnicos do DAEE, envolvidos nos procedimentos de análise de requerimentos de captações e lançamentos, a qualidade do aplicativo desenvolvido, seu estado da arte e possíveis modificações e melhorias a serem introduzidas futuramente.

3. PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS UTILIZADOS NO BALANÇO HÍDRICO SUPERFICIAL PELO DAEE.

Apresentação em *Power Point*.

- Elaboração: DAEE/DPO - Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização;
- Apresentação: Francisco Gusso e Mario Nakashima (DAEE/DPO);
- Cópia inserida no CD-R que acompanha esta apostila.

4. ROTEIRO DE UTILIZAÇÃO DO SSD-OUTORGA

4.1 INICIALIZAÇÃO DO SISTEMA SSD OUTORGA DAEE

Ao inicializar o sistema deve-se entrar com o login e a senha do usuário (vide figura).

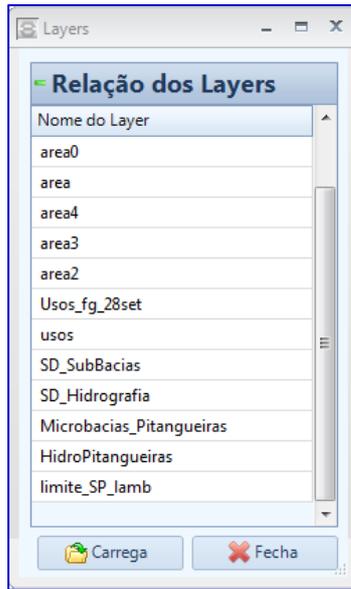


4.2 ACESSO AO SISTEMA PELA PRIMEIRA VEZ

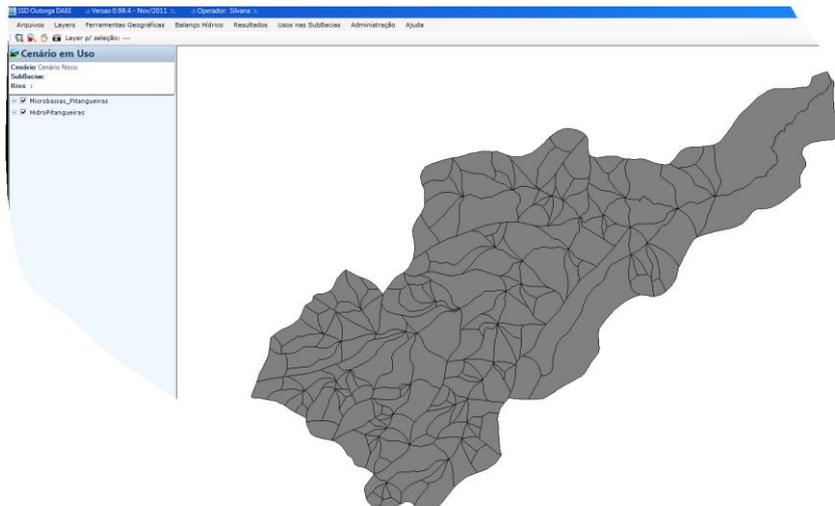
Para acessar o SSD pela primeira vez são necessários alguns procedimentos básicos, como apresentado a seguir:

1. O primeiro passo é carregar os dados da bacia hidrográfica (microbacias e hidrografia):
 - Acessar no Menu Principal → Layers → Lê do Banco → após é listada a “Relação dos Layers”(vide figura);
 - Em “Relação dos Layers” → selecionar o layer das microbacias e da hidrografia correspondente (à bacia hidrográfica a ser analisada) e clicar em “Carrega”;
 - Após os layers das microbacias e da respectiva hidrografia são carregados na área de visualização do mapa e na legenda, conforme figura a seguir;
 - Ainda em “Layers”, acessar “Define Layers de Trabalho”. Nesta janela deve-se ativar (clicando-se nos quadradinhos) o layer das microbacias e o layer da hidrografia (vide figura).

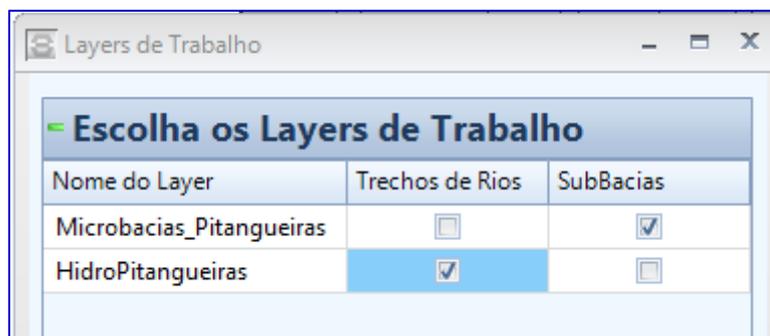
Lê do Banco - Layers



Carregar Dados do Banco



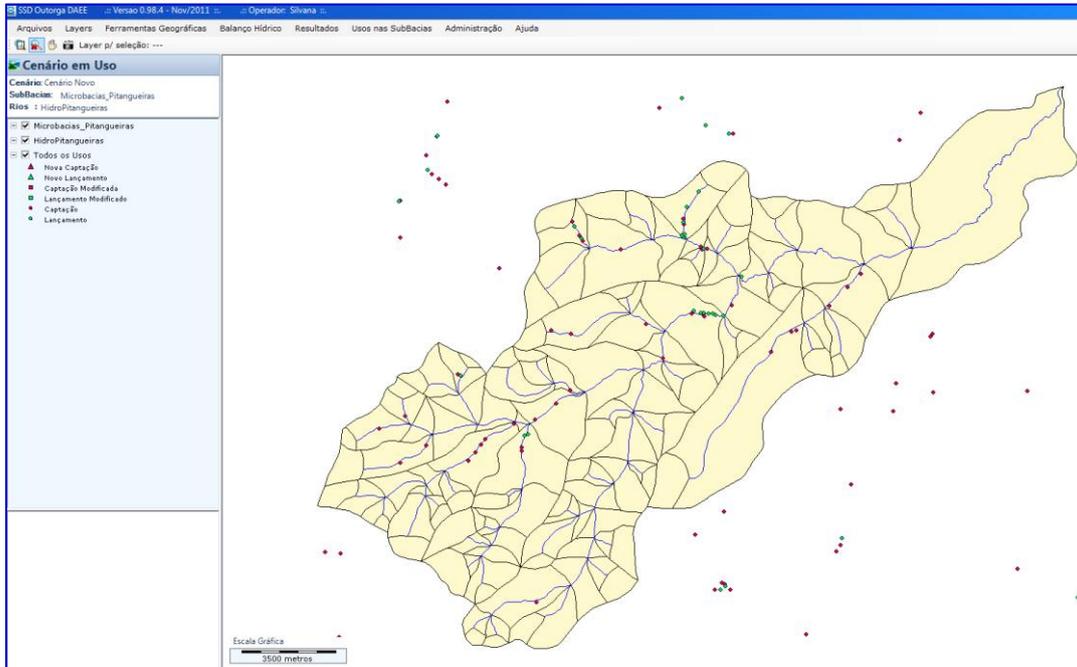
Escolha dos Layers de Trabalho



2. O próximo passo é carregar os usos da bacia hidrográfica selecionada.

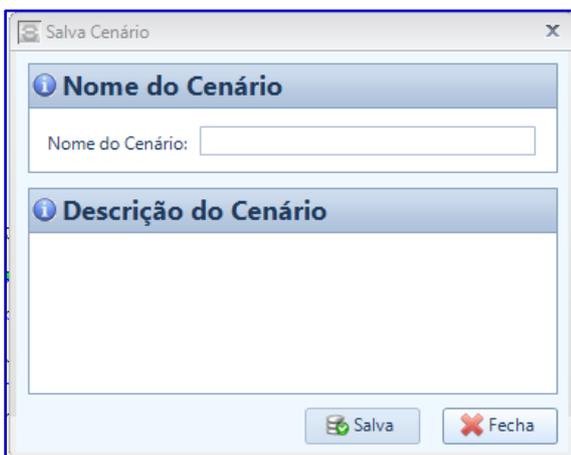
- Acessar no Menu Principal → Usos nas SubBacias → Carrega Usos
 - os usos são carregados na tela e o nome do layer com a identificação dos usos aparece na legenda à esquerda da tela. (vide figura).

Carrega Usos nas SubBacias



3. Criar e trabalhar com cenários:

- Para fazer algumas análises com os usos carregados é importante que se crie um cenário (neste é possível editar os dados dos usuários, tendo a garantia de preservação dos dados originais). Para gravar um cenário acesse no Menu Principal → “Arquivos” → “Salva Cenário Como” (vide figura a seguir). Feito isso aparecerá no canto superior esquerdo a identificação do cenário em uso, bem como do layer das microbacias e da hidrografia (vide Figura).



4.3 BALANÇO HÍDRICO

Após carregar os dados necessários da bacia hidrográfica (microbacias e trechos) e os usos nas sub-bacias o cálculo do balanço hídrico é feito através dos seguintes passos:

- Definição das vazões de referência;
- Definição das vazões afluentes externas – conforme apresentado no item 6.
- Calcula bacia, após definidos os passos anteriores.

4.3.1. DEFINIÇÃO DAS VAZÕES DE REFERÊNCIA

A definição das vazões de referência para o cálculo do “Balanço Hídrico” é feita da seguinte forma:

4.3.2. ENTRADA DOS DADOS RELATIVOS À DISPONIBILIDADE NATURAL DE ESTIAGEM:

- Acessar no Menu Principal → Balanço Hídrico → Vazões de Referência;
- Aparecerá uma janela (vide figura) para a definição da disponibilidade natural de estiagem. Há 2 opções disponíveis: $Q_{7,T}$ e $Q_{P\%}$ (vazão de 7 dias com período de retorno de T anos e vazão com permanência p%);
- Caso a opção seja por $Q_{7,T}$, escolhe-se T anos e a porcentagem da $Q_{7,10}$ a ser considerada como disponibilidade natural de estiagem (5-100%);
- Caso a opção seja por $Q_{P\%}$, escolhe-se a permanência e a porcentagem desta vazão a ser considerada como disponibilidade natural de estiagem (5-100%).

4.3.3. ENTRADA DOS DADOS RELATIVOS À “VAZÃO MÍNIMA A SER MANTIDA” A JUSANTE (RESTRIÇÃO IMPOSTA).

Há 2 opções disponíveis: $Q_{7,T}$ e $Q_{P\%}$ (vazão mínima média de 7 dias consecutivos com período de retorno de T anos e vazão com permanência p%).

- Caso a opção seja por $Q_{7,T}$, escolhe-se T anos e a porcentagem da mesma a ser mantida como mínima (5-100%);
- Caso a opção seja por $Q_{P\%}$, escolhe-se a permanência e a porcentagem dessa $Q_{P\%}$ a ser mantida como mínima vazão (5-100%).

Definição das Vazões de Referência

Após definidas as vazões de referência, pode-se fazer o cálculo do “Balanço Hídrico”, conforme item a seguir.

4.3.4. CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO – CALCULA BACIA

Para o cálculo do balanço hídrico o procedimento é descrito a seguir:

Acessar no Menu Principal → Balanço Hídrico → Calcula Bacia

- Os cálculos são executados e automaticamente abre-se uma planilha com todos os usos superficiais (captação e lançamento) disponíveis para todas as sub-bacias em análise.

Após realizado o cálculo do balanço hídrico, a consulta aos resultados é feita conforme item a seguir.

4.4 RESULTADOS DO BALANÇO HÍDRICO

Os resultados do balanço hídrico podem ser visualizados através das seguintes opções:

- Em forma de planilha → última planilha calculada;
- Na forma gráfica → Gráficos;
- Através do Máximo Déficit → Máx Déficit: Visualização cromática

Nos itens a seguir são apresentados os procedimentos para cada opção.

4.4.1. VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS ATRAVÉS DE PLANILHA

Acessar no Menu Principal → Resultados → Última Planilha Calculada.

A planilha apresenta os seguintes campos por sub-bacia:

- SGO idUso – identificação do uso;
- Dist.Foz Trecho(km) – distância da seção de captação/lançamento até a foz do trecho, em quilômetros;
- Area Dren. (km²) – área de drenagem acumulada até a seção do uso;
- Tipo do Uso: identificação para Captação ou Lançamento;
- Q Disp. Nat.(m³/h) – vazão disponível natural de estiagem na seção considerada;
- Q Disp. Bal.(m³/h) – vazão disponível pelo balanço (afluente à seção);
- Q Outorg. (m³/h) – vazão outorgada;
- Q min. (m³/h) – vazão mínima a ser mantida a jusante;
- Qjus Uso (m³/h) – vazão resultante após considerar a vazão outorgada;
- Deficit (m³/h) – déficit resultante após balanço final;
Déficit = $Q_{mín} - Q_{jus}$. (para $Q_{mín} \geq Q_{jus}$);
- Superavit ((m³/h) – superávit resultante após balanço final;
Superávit = $Q_{jus} - Q_{mín}$ (para $Q_{jus} \geq Q_{mín}$).

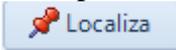
Obs.: o programa permite que a contabilidade das vazões disponíveis, mais lançamentos e menos captações, gere valores negativos de vazões de saída das seções dos usos e vai acumulando déficits ou superávits de montante para jusante. Vazões negativas são uma impossibilidade física, mas a magnitude do déficit (ou do superávit) em qualquer seção representa a disponibilidade restante ou o excesso de demandas acumuladas em relação à disponibilidade natural considerada.

A “Última planilha calculada” permite acessar (na barra inferior) uma planilha “Resumo”, que apresenta os seguintes campos, por sub-bacia:

- Sub-bacia – identificação da sub-bacia;
- QAflu.Ext.(m³/h) – vazão afluente externa na extremidade de montante do trecho;
- Área Dren Qaf (km²) – área de drenagem que origina a vazão afluente externa.
- QMont. Nat.(m³/h) - vazão disponível natural de estiagem afluente à extremidade de montante do trecho da sub-bacia;
- QMont. Disp.(m³/h) – vazão disponível pelo balanço afluente à extremidade de montante do trecho;
- QMont. Min.(m³/h) – vazão mínima a ser mantida na seção da extremidade de montante do trecho;
- Q Captação (m³/h) – somatória das captações inseridas no trecho ou sub-bacia;
- Q Lançamento (m³/h) – somatória dos lançamentos inseridos no trecho ou sub-bacia;

- QJus Nat.(m³/h) - vazão disponível natural de estiagem na seção da extremidade de jusante do trecho;
- Qjus Disp. (m³/h) – vazão disponível na extremidade de jusante do trecho, resultante do balanço;
- Qjus Min (m³/h)) – vazão mínima a ser mantida na seção da extremidade de jusante do trecho;
- Max Déficit (m³/h) - máximo déficit no trecho da sub-bacia;
- Max Superávit (m³/h) - máximo superávit no trecho da sub-bacia;

Estas planilhas apresentam na parte inferior direita algumas ferramentas de visualização. São elas:

 permite localizar no mapa um uso selecionado na “Planilha” ou uma sub-bacia selecionada no “Resumo”.

 o primeiro elemento volta à visualização normal sem “zoom”. O segundo diminui a aproximação do zoom e o terceiro aproxima o zoom do elemento selecionado.

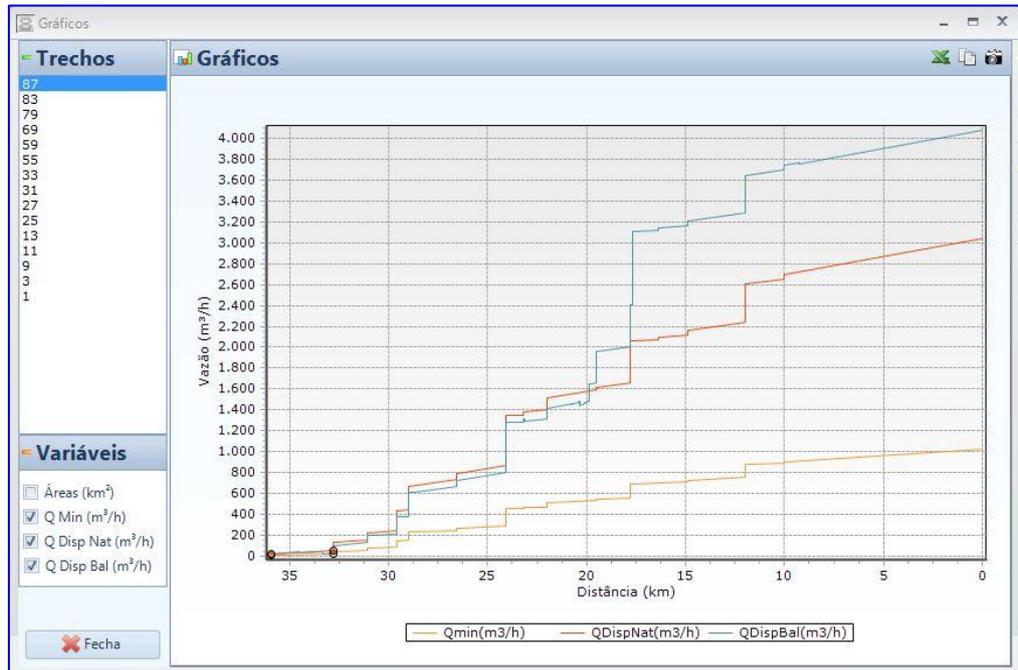
4.4.2. VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS DO BALANÇO HÍDRICO ATRAVÉS DE GRÁFICOS

Para acessar os resultados do balanço hídrico na forma de gráfico deve-se proceder da seguinte forma:

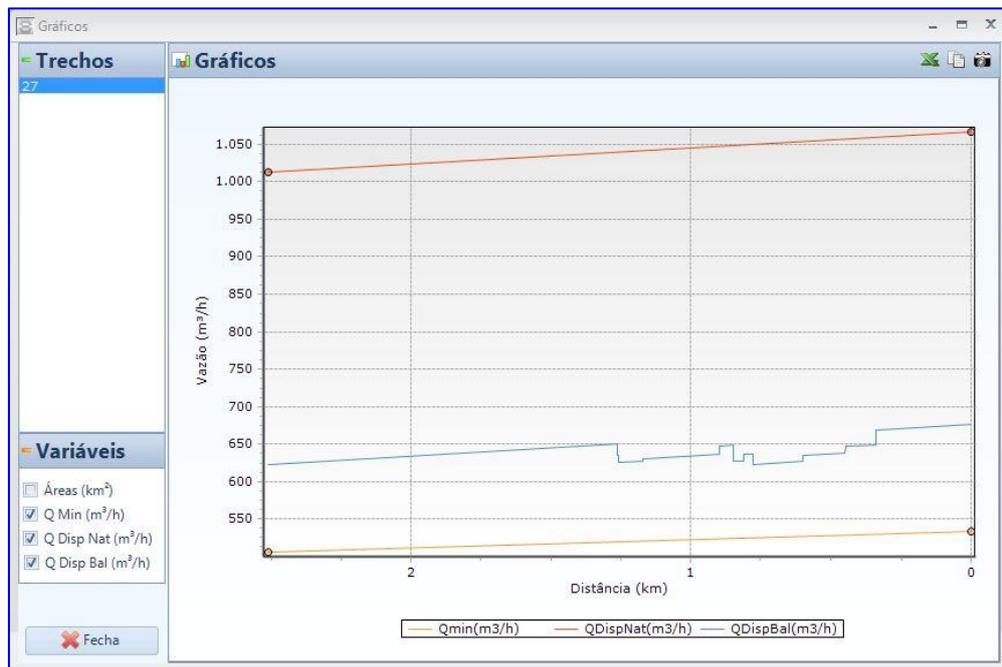
Acessar no Menu Principal → Resultados → Gráficos

- Para gerar um gráfico é preciso escolher um caminho: clique (no mapa das sub-bacias) em um trecho de Montante e em um trecho de Jusante, definindo um “Caminho” (caso haja interesse em analisar apenas um trecho, deve dar os 2 cliques no mesmo trecho);
- Permite visualizar o perfil longitudinal para os trechos de rio selecionados pelo usuário para as seguintes variáveis: áreas, vazão mínima, vazão disponível natural e vazão disponível pelo balanço (vide figura). Conforme pode ser observado na figura que segue, a identificação dos trechos selecionados pelo usuário é mostrada no canto superior esquerdo da janela “gráfico”. À medida que o cursor é deslocado sobre os trechos, ele é identificado no gráfico (2 pontos extremos em destaque). O perfil é apresentado de montante para jusante. No eixo X, são apresentadas as distâncias acumuladas e no eixo Y, as variáveis escolhidas.

Visualização – Gráficos – Vários Trechos



Visualização – Gráfico – 1 Trecho



No canto superior direito do gráfico são apresentados os botões , que permitem respectivamente, gravar os valores do gráfico em uma planilha Excel, copiar os valores do gráfico para a área de transferência do Windows e copiar a imagem do gráfico para a área de transferência do Windows.

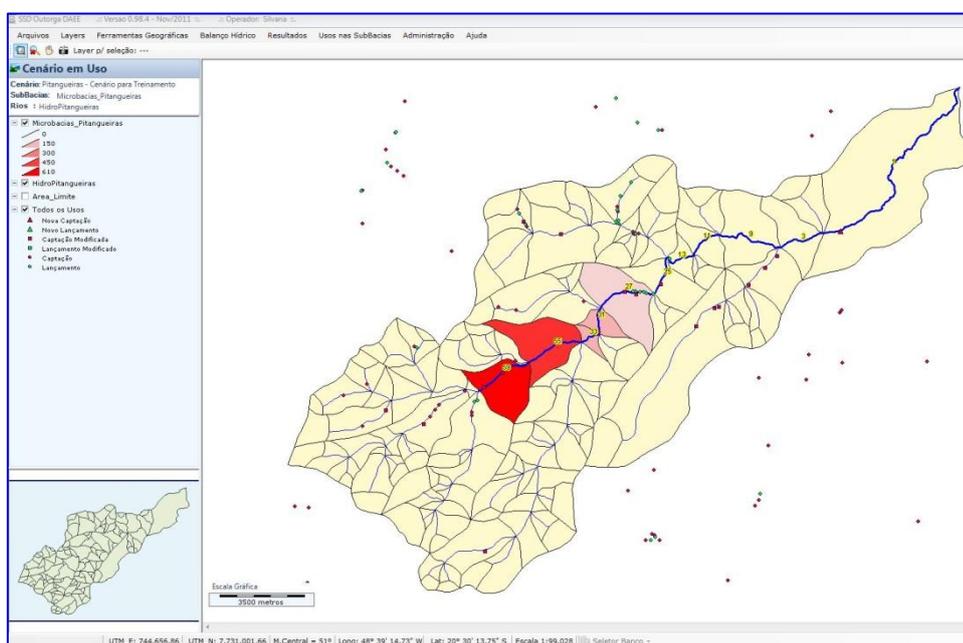
4.4.3. MÁXIMO DÉFICIT: VISUALIZAÇÃO CROMÁTICA

Para acessar os resultados do máximo déficit de cada sub-bacia deve-se proceder da seguinte forma:

Acessar no Menu Principal → Resultados → Máx. Déficit: Visualização cromática

Apresenta a visualização cromática da situação de déficit de cada sub-bacia em escalas de cores após o cálculo do balanço hídrico. A escala de cores é apresentada na legenda, lado esquerdo do mapa. Quanto maior o déficit apresentado maior a intensidade da cor e maior é a criticidade da bacia hidrográfica.

Visualização Cromática



4.5 INSERIR VAZÕES AFLUENTES EXTERNAS

Esta opção permite considerar dados de bacias a montante de uma bacia a ser analisada ou considerar a contribuição da bacia de um afluente, para o balanço de um rio receptor, sem processar o balanço da bacia contribuinte. Essas vazões são apresentadas na planilha “Resumo” como “QAflu.Ext”.

Podem ocorrer casos onde não se queira ou não se tenha dados disponíveis para detalhar uma ou mais sub-bacias contribuintes (de montante ou afluentes) ao curso d’água que está sendo estudado. Nesses casos essas sub-bacias podem ser representadas como uma vazão afluente externa (e sua área de drenagem) contribuindo para a bacia receptora em análise.

Para efeito de cálculo, essa vazão será considerada como uma vazão disponível do balanço afluente à extremidade de montante do trecho receptor.

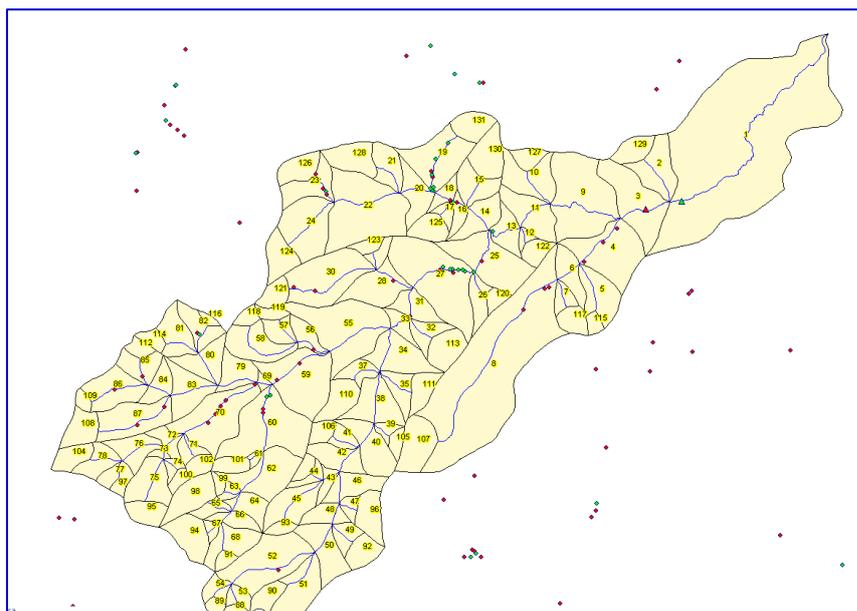
As vazões afluentes externas estão associadas ao cenário que está sendo estudado, e serão gravadas juntamente com ele no banco quando se salvar o cenário.

Para utilizar esta ferramenta acessar no Menu Principal → Balanço Hídrico → Vazões Afluentes Externas. Abre-se uma tela que permite entrar com a vazão afluente externa associada e a respectiva área de drenagem acumulada que a origina (vide figura).

Ident. SubBacia	Q Aflu.Ext.(m³/s)	Área Dren (km²)
88	0,000	0,000
89	0,000	0,000
53	0,000	0,000
90	0,000	0,000
54	0,000	0,000
51	0,000	0,000
91	0,000	0,000
92	0,000	0,000
52	0,000	0,000
50	0,000	0,000
49	0,000	0,000
68	0,000	0,000
67	0,000	0,000
66	0,000	0,000

Para facilitar a identificação do código da sub-bacia utilize a ferramenta geográfica para visualizar o “Label” que representa este código (Numtrecho) na tabela de atributos das microbacias (vide figura a seguir). As operações necessárias para visualização destes labels são apresentadas no item 10 – Exploração das Ferramentas Geográficas ou resumidamente siga os seguintes passos:

- Clique duplo na legenda (à esquerda da tela) “Microbacias_XXX” (surge a janela “Vector Microbacias_XXX”)
- Clique na aba Label → Field → escolher NumTrecho → Apply → OK (no mapa da bacia ficam destacados os números de cada um dos trechos e sub-bacias discretizados na cartografia).



4.6 USOS NAS SUB-BACIAS

A opção de Usos nas Sub-bacias permite as seguintes funções:

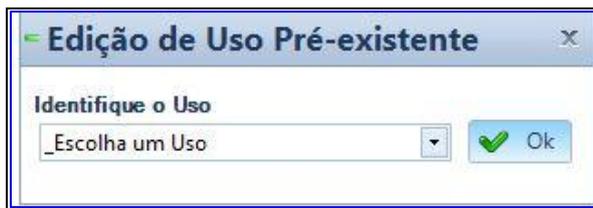
- “Carrega usos”: carrega os usos do banco;
- “Planilhas dos usos”: permite acessar a planilha dos usos com os seguintes campos:
 SGO_idUso – código numérico (criado pelo DAEE/DPO) para identificação do usuário;
 Vazao – vazão outorgada em m³/h;
 VazaoRequerida – vazão requerida para captação, em m³/h;
 DescrTipoUso – captação superficial ou lançamento superficial;
 DistFozTrecho – distância do uso até à foz do trecho, em km;
 CoordUtmN – coordenada UTM Norte do usuário;
 CoordUtmL – Coordenada UTM Leste do usuário;
 CoordUtmMc – informação sobre o meridiano central adotado (em graus), origem da quilometragem;
 VazaoRegularizada – vazão regularizada caso haja captação em reservatório....
 Qimposta – vazão imposta a jusante do reservatório...
 TemReservatorio – Informação se tem reservatório: True ou false.

Observação: As opções a seguir são válidas após criado um “cenário” para trabalho.

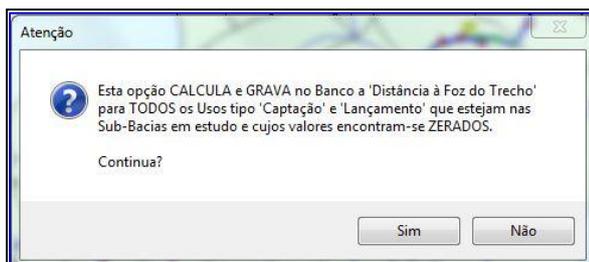
- “Insere Novo Uso”: o novo uso pode ser inserido numa bacia digitando-se as coordenadas UTM N e UTM E em km ou clicando-se na tela.
- “Edita usos Novos e Modificados”: apresenta uma planilha com a relação de todos os usos novos e modificados, tipo, vazão outorgada e a distância à foz no trecho. Permite editar os dados ou apagar.

Ident. Uso DAEE	Tipo	Q Outorgada(m3/h)	Dist.à Foz no Trecho(km)
8B3F6402-0FE6-410F-9631-A44976008FDE	Captação	1	1,49
897D8A58-33D0-4508-9496-D3E4E798E9A7	Captação	20	0,5
696C460F-0F8F-47BC-8BAE-8FD1D1AD2C49	Captação	1	2,34
2D11976C-EEB0-4C86-9E0C-445F889D60A4	Captação	1000	2,24
9311E9B8-C385-4720-AFC7-E2DC00F815DE	Captação	1	1,24
19FE114A-5874-4546-B148-45F0418DC5F2	Captação	1	1,76
1F6D67AE-99CE-4A8D-A010-6F5A6E06944E	Captação	1	0,58
6DACEA0F-7AA6-4E89-A33E-B2F4B792FD00	Captação	1	0,4
Uso_29/ago/2012 18:09:48	Lançamento	10	2,02

- “Edita uso Pré-Existente”: permite editar um uso que existe no banco de dados do DAEE. Esta edição estará sempre associada ao cenário criado.



- “Distância à Foz do Trecho”: permite calcular as distâncias à foz de usos com informação de distância zerada.



- “Verifica Localização dos Usos”: apresenta a relação de usos que apresentam conflito de local no mapa e no banco. Isto acontece quando o usuário está localizado em uma sub-bacia incompatível com a identificação apresentada no banco.

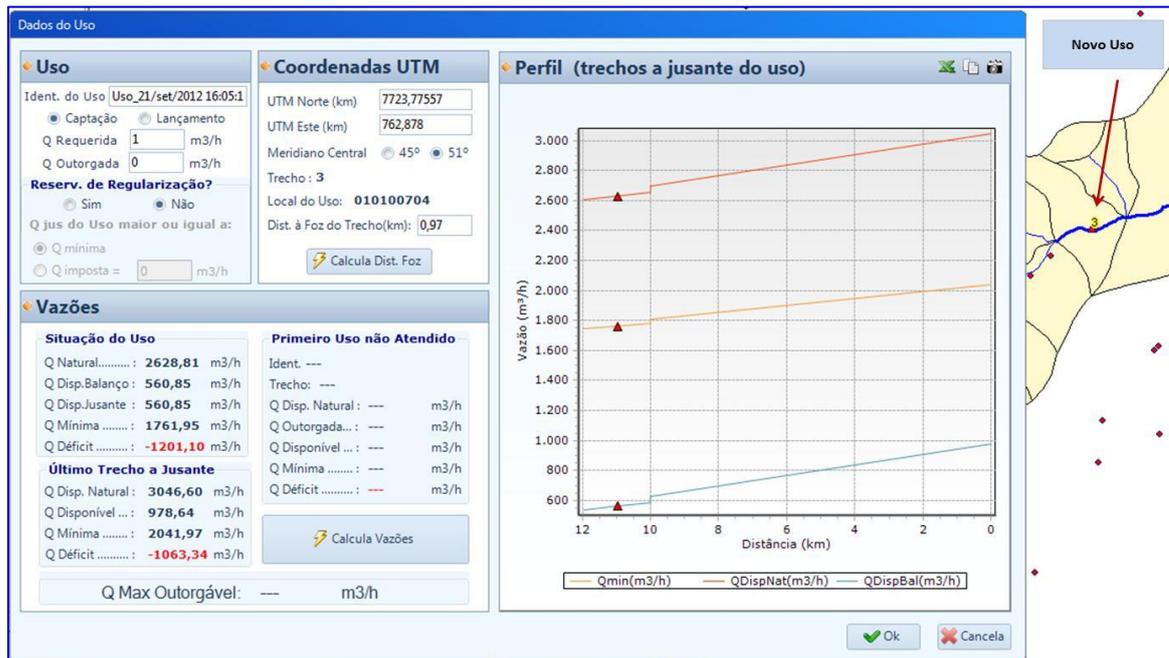
Identificação do Uso	Local no Mapa	Local no Banco
9F4EA7A4-6ECF-4BEE-A0E1-182065D33717	010100704	01010070406
FDfE37CB-136A-48A3-A91E-9266829D7127		010100704
8CFE4592-FFCE-4A55-B7BD-ED316DC9E0F9	01010070401	0101007040103
8DE98B60-6BBB-46A8-B10E-29641B6C3AF0	010100704	01010070405
2D11976C-EEB0-4C86-9E0C-445F889D60A4	010100704	0101007040501
8B3F6402-0FE6-410F-9631-A44976008FDE	01010070402	0101070402

4.6.1. INSERIR USUÁRIO NOVO

Como já apresentado anteriormente, para inserir um uso novo deve-se acessar no Menu Principal → Usos nas Subbacias → Insere Novo Uso: o novo uso pode ser inserido numa bacia de duas formas:

- digitando-se as coordenadas UTM N e UTM E em km. Deve-se entrar com as respectivas coordenadas, vide figura a seguir. Em seguida deve-se preencher todos os dados necessários relativos ao uso (vazão requerida, vazão outorgada e se há reservatório de regularização ou não) e clicar em “Calcula Vazões”, em seguida são apresentados os valores de vazão ou a situação do uso em função da disponibilidade da bacia;

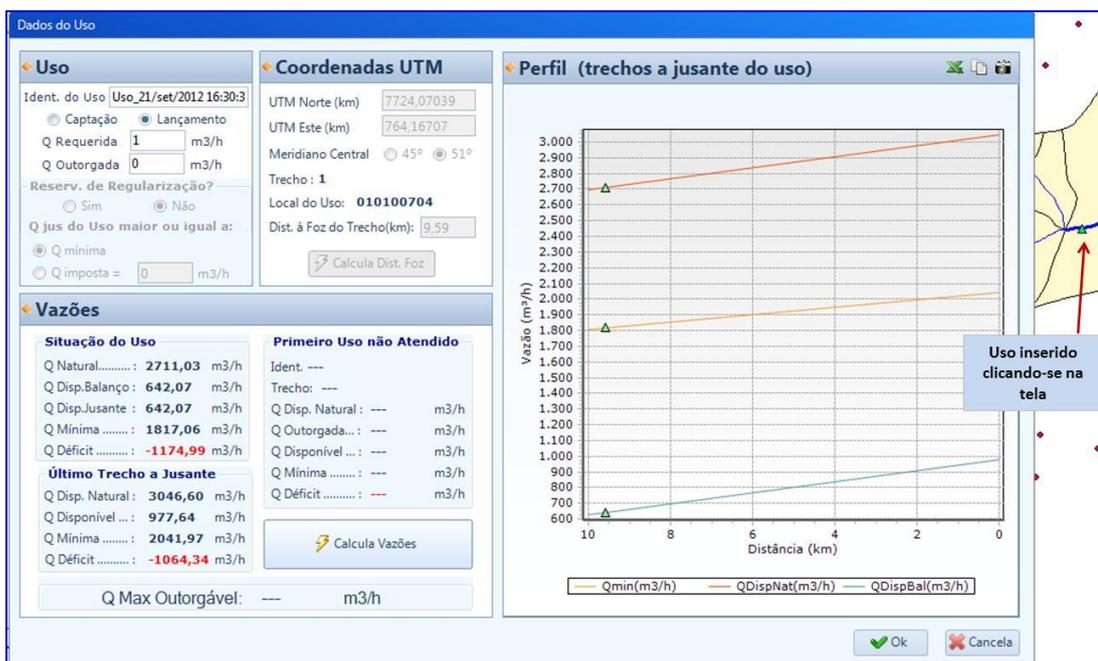
Inserir Novo Uso – entrada por coordenadas



- entrada do novo uso clicando-se na tela.

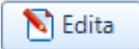
Deve-se clicar na tela sobre o trecho do rio no qual o novo uso será inserido. Logo em seguida abre-se a janela para o preenchimento dos dados (vide figura). Ao entrar com os dados deve-se clicar em calcula vazões. Automaticamente é possível visualizar as vazões calculadas e os respectivos perfis de vazão para o trecho onde foi inserido o uso. **É importante destacar que o uso inserido estará associado somente ao cenário criado pelo usuário.**

Inserir Novo Uso – entrada clicando-se na tela

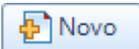


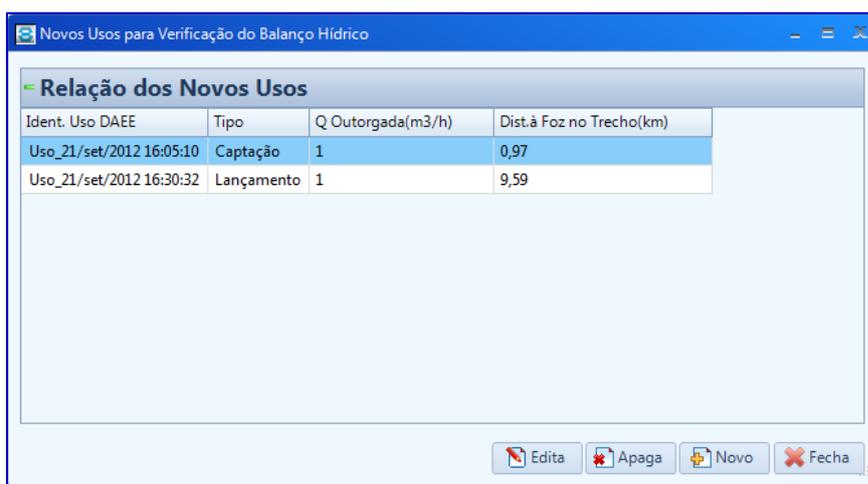
4.6.2. EDIÇÃO DE USOS NOVOS OU PRÉ-EXISTENTES

Os usos podem ser editados, tanto os novos, como os pré-existentes. Como visto anteriormente para editar usos novos e modificados procede-se da seguinte maneira:

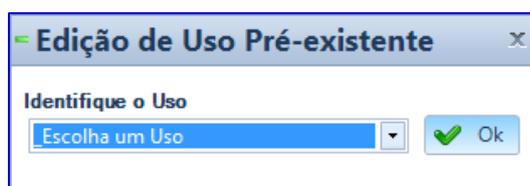
Acessar no Menu Principal → Usos nas Subbacias → **Edita Usos Novos e Modificados**: automaticamente abre-se uma tela com a relação dos usos (vide figura a seguir). Seleciona-se na tabela o uso a ser editado e clica-se em . Abre-se a tela que permite a edição dos dados. Devem-se editar os dados e após clicar em “Calcula Vazões”.

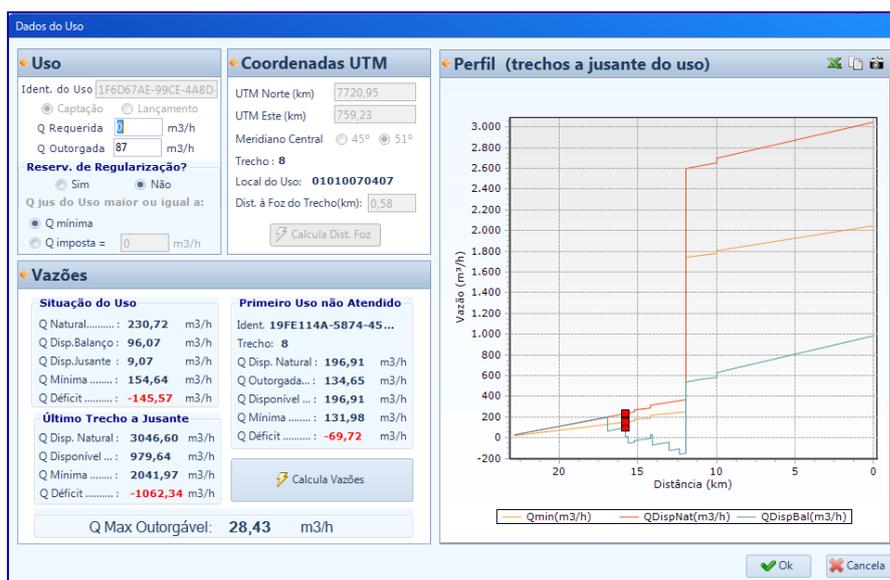
Caso o usuário deseje apagar o uso deve-se acionar o botão  na parte inferior direita da tabela.

Nesta mesma tabela é possível inserir um “uso novo” clicando-se sobre o botão  na parte inferior direita da tabela. Após, é aberta a tela para inserção dos respectivos dados do uso.



Para editar um uso pré-existente deve-se acessar no Menu Principal → Usos nas Subbacias → **Edita Uso Pré-Existente**: automaticamente abre-se uma tela com a relação dos usos pré-existentes (vide figura a seguir). Seleciona-se um uso, clica-se em OK. Após, é aberta uma tela com os dados do uso selecionado (vide figura). Altera-se o dado desejado e clica-se em “Calcula Vazões”.





4.7. EXPLORAÇÃO DAS FERRAMENTAS GEOGRÁFICAS

A interface Windows “Usuário-SSD” utiliza tecnologia SIG (Sistema de Informação Geográfica) para acessar a base de dados que contém informações georreferenciadas e tabulares. Algumas ferramentas geográficas básicas estão disponíveis no SSD, entre elas:

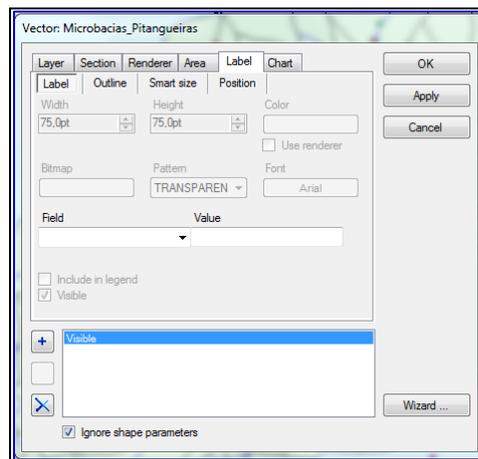
- Funções “ordem” e características visuais no quadro da legenda;
- No Menu Principal do sistema estão disponíveis algumas ferramentas geográficas, que incluem: determinação da área de um polígono, área acumulada (mais de um polígono), comprimento, distância e área limite. Estas ferramentas são apresentadas no manual de utilização do SSD.

No quadro da legenda a ordem em que os layers aparecem na lista é a ordem em que são desenhados na tela do mapa. Para alterar a ordem, clique e arraste o nome do layer para a posição desejada.

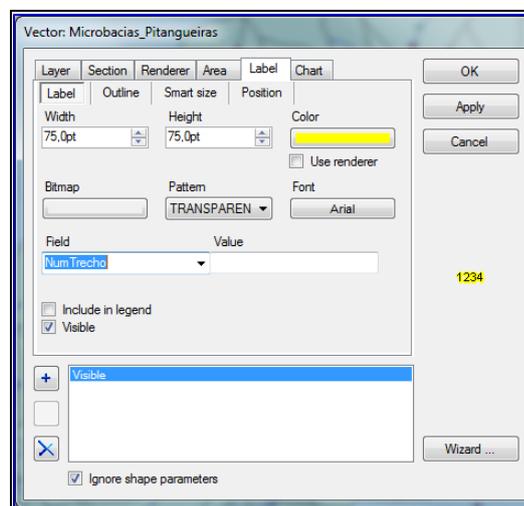
As características visuais de cada layer são pré-definidas (cor, espessura da linha, transparência, texto associado, etc). Tais características podem ser alteradas pelo usuário, através de um duplo clique sobre o nome do layer que consta na legenda. Detalhes sobre esta funcionalidade e outras são apresentados no manual do SSD e pode ser acessado via Menu Principal, em “Ajuda”.

A seguir é apresentado um exemplo ilustrativo das ferramentas de visualização de um layer listado na legenda do SSD. A identificação das sub-bacias (rótulo ou label) pode ser visualizada na tela através do seguinte procedimento:

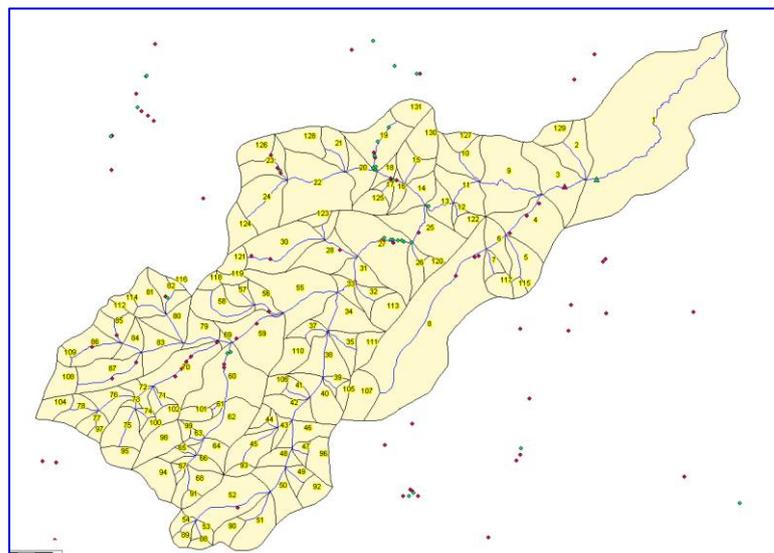
- Dê um duplo clique sobre o nome do layer “microbacias Pitangueiras”. Esta ação abrirá uma tela, conforme figura.



- Acessar “Label”. Definir em “Field” a variável “NumTrecho”, escolher cor e tamanho da fonte (vide figura) e clique em “Apply” e depois ok para visualização do mapa. Este comando apresentará no mapa as microbacias com a respectiva identificação.



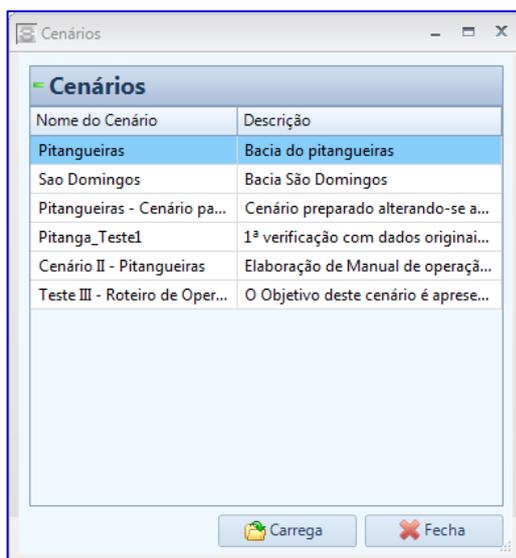
Visualização da identificação das microbacias – através de operação na legenda



4.8. CARREGAR CENÁRIOS PRÉ-EXISTENTES

Quando o objetivo é carregar um cenário pré-existente deve-se proceder da seguinte maneira:

Acesse no Menu Principal → Arquivos → Carrega Cenário. Abre-se uma tela com a relação dos cenários. Clique sobre o cenário desejado e acione o botão “Carrega” na parte inferior da relação de cenários (vide figura). Após, os layers correspondentes ao cenário selecionado são carregados.



4.9. PREPARO DOS LAYERS A SEREM LIDOS NO SSD-OUTORGA-DAEE

Os layers de trabalho do SSDOutorgaDAEE (sub-bacias e hidrografia) necessitam de um tratamento prévio antes de serem lidos no sistema. Este tratamento deve seguir alguns critérios, como segue (ver manual de utilização do SSD):

Layer das Sub-Bacias – características básicas e campos obrigatórios:

- * Shapes do tipo Polígono (polygon)
- * Campo "NumTrecho" - identifica a Sub-Bacia
- * Campo "NumTrechoJ" - corresponde ao "NumTrecho" da Sub-Bacia de Jusante
- * Campo "RegAU" – contém uma letra, de A a U que define a região hidrológica onde se encontra a sub-bacia (dos estudos de regionalização do Estado de São Paulo);
- * Campo "RegXZ" – contém uma letra, de X a Z que define a região hidrológica onde se encontra a sub-bacia (dos estudos de regionalização do Estado de São Paulo).
- * Campo "Precip"- contém o total anual médio precipitado na sub-bacia, em mm(dos estudos de regionalização do Estado de São Paulo).

As sub-bacias de cabeceira devem ter uma única e exclusiva Sub-Bacia de Jusante e não podem ter usos do tipo Captação ou Lançamento

Os campos que se referem aos dados de regionalização são inseridos no layer através de um aplicativo elaborado no ArcGis – “Parâmetros de Regionalização”, desenvolvido pelo LabSid e entregue ao DAEE, por ocasião do desenvolvimento do SSDOutorgaDAEE.

A identificação do número do trecho “Numtrecho” e do número de trecho da bacia a jusante “NumtrechoJ” também deverão ser inseridos previamente por aplicativos específicos.

Layer da Hidrografia - características básicas e campos obrigatórios

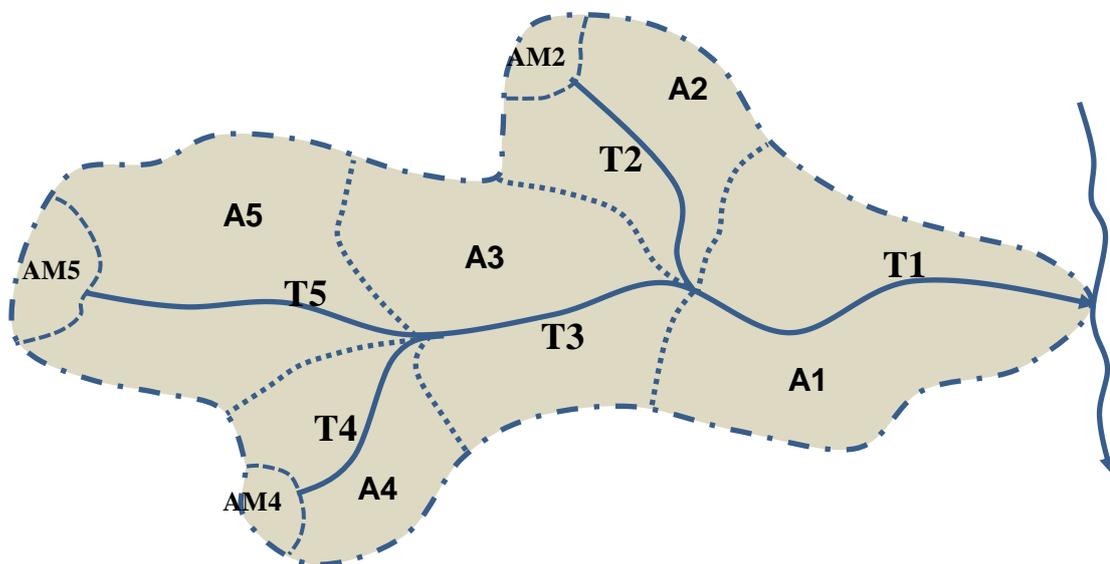
- * Shapes do tipo Linha (arc) -
- * Campo "NumTrecho" - identifica o trecho do rio. Deve ser igual ao "NumTrecho" da Sub-Bacia correspondente
- * Campo "HID_CD" - codificação estilo Otto-Bacias para o curso d'água
- *Todo curso d'água deve iniciar numa sub-bacia que é jusante de uma sub-bacia de cabeceira uma Sub-Bacia de Cabeceira, que é uma sub-bacia que não contém hidrografia
- *Todos os trechos de rio deverão convergir para um mesmo e único trecho exutório.

4.10. BALANÇO HÍDRICO NO SSDOUTORGA

A seguir é apresentado um resumo para explicar a metodologia utilizada no sistema SSD Outorga DAEE para efetuar o balanço hídrico.

A Figura 1 ilustra a representação genérica de uma bacia hidrográfica como unidade do balanço hídrico.

Figura 1: representação de uma bacia hidrográfica considerada como uma Unidade de Balanço (UB).



A seguir é apresentado como a bacia hidrográfica é discretizada.

Discretização da bacia hidrográfica:

- Delimitação da bacia hidrográfica da UB;
- Definição dos trechos de toda a hidrografia;
- Delimitação das sub-bacias e das linhas de nascentes, em função dos trechos definidos;
- Numeração dos trechos e respectivas sub-bacias, de jusante para montante (no caso do exemplo, trechos e sub-bacias numerados de 1 a 5);

As principais características de um trecho qualquer são apresentadas a seguir:

Características de um trecho qualquer, “i”, de uma UB:

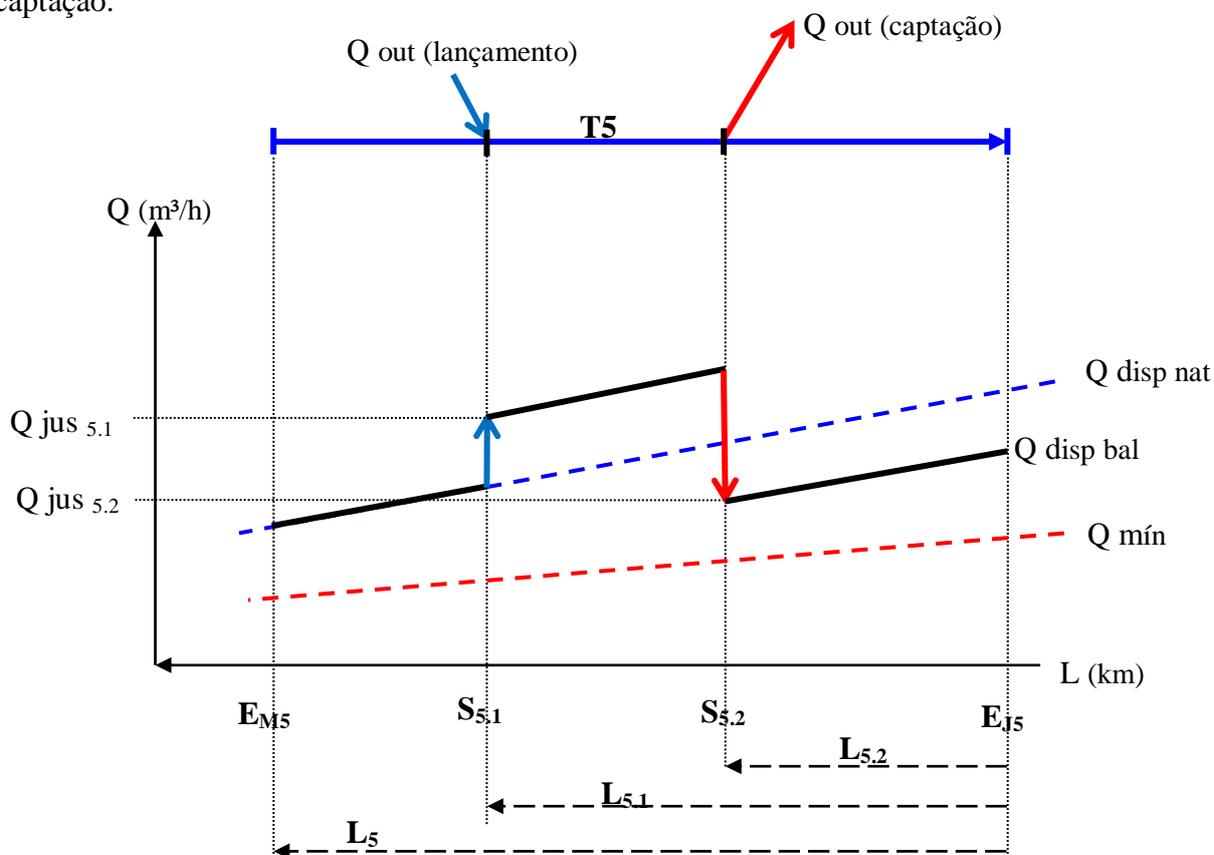
- Número: T_i ;
- Seção da extremidade de jusante – foz do trecho: E_{Ji} ;
- Seção da extremidade de montante: E_{Mi} ;
- Extensão (km) – distância, medida em projeção pelo talvegue, entre a seção da extremidade de jusante (foz do trecho) e a seção da extremidade de montante: L_i ;
- Área de drenagem delimitada pela seção E_{Mi} : A_{Mi} ;
- Área de drenagem delimitada pela seção E_{Ji} : A_{Ji} ;
- Área de drenagem do trecho T_i , entre as extremidades de montante e de jusante: A_i ;
- $A_{Ji} = A_{Mi} + A_i$
- Associados a uma seção qualquer ($S_{i,n}$), localizada num trecho de rio T_i , temos os seguintes parâmetros:
 - Distância à foz do trecho (E_{Ji}): $L_{i,n}$ (sendo $L_{i,n} \leq L_i$)
 - Área de drenagem da sub-bacia delimitada pela seção $S_{i,n}$ (interpolação):

$$A_{i,n} = A_{Mi} + A_i (L_i - L_{i,n}) / L_i$$

A seguir são apresentados alguns exemplos para ilustrar as variáveis utilizadas no processamento do balanço hídrico das águas superficiais.

Variáveis consideradas no Balanço Hídrico Superficial do SSDOutorga

Exemplo 1: considerando dois usos instalados no trecho T5 da Figura 1, um lançamento e uma captação.



Dados:

- Área de drenagem a montante do trecho T5: A_{M5}
- Área de drenagem do trecho T5: A_5
- Extensão do trecho T5: L_5
- Distância da foz do trecho (E_{J5}) até as seções $S_{5,1}$ e $S_{5,2}$: $L_{5,1}$ e $L_{5,2}$ (respectivamente)
(posição das seções dos usos inseridos ou existentes no trecho)
- Vazões de referência para a disponibilidade natural e para a vazão mínima (exigida como mínima remanescente a jusante de qualquer seção): Q disponível natural específica ($Q_{D\ esp}$) e Q mínima específica ($Q_{m\ esp}$), em $m^3/h.km^2$
- Vazão disponível natural e vazão mínima em qualquer seção $S_{i,n}$:
 $Q_{D\ i,n} = Q_{D\ esp\ i,n} \times A_{i,n}$

Processamento:

- Determinação das áreas de drenagem limitadas pelas seções dos usos, S_{5.1} e S_{5.2}:
 - $A_{5.1} = A_{M5} + A_5 (L_5 - L_{5.1})/L_5$
 - $A_{5.2} = A_{M5} + A_5 (L_5 - L_{5.2})/L_5$
- Determinação da vazão natural (Q_D) disponível e da mínima (Q_m) em cada seção:
 - $Q_{D\ M5} = A_{M5} \cdot Q_{D\ esp}$
 - $Q_{m\ M5} = A_{M5} \cdot Q_{m\ esp}$
 - $Q_{D\ 5.1} = A_{5.1} \cdot Q_{D\ esp}$
 - $Q_{m\ 5.1} = A_{5.1} \cdot Q_{m\ esp}$
 - $Q_{D\ 5.2} = A_{5.2} \cdot Q_{D\ esp}$
 - $Q_{m\ 5.2} = A_{5.2} \cdot Q_{m\ esp}$
 - $Q_{D\ J5} = A_{J5} \cdot Q_{D\ esp}$
 - $Q_{m\ J5} = A_{J5} \cdot Q_{m\ esp}$
- Balanço hídrico superficial – seções e vazões correspondentes:
 - E_{M5}:** $Q_{D\ M5} = Q_{DB\ M5} = Q_{J\ M5} \dots$ (não há usos a montante)
 - S_{5.1}:** $Q_{DB\ 5.1} = Q_{D\ 5.1} \dots$ (não há usos a montante)
 - $Q_{J\ 5.1} = Q_{DB\ 5.1} + Q_{Out\ 5.1} \dots$ (lançamento)
 - Déficit** $_{5.1} = 0 \dots \dots \dots (Q_{J\ 5.1} \geq Q_{m\ 5.1})$
 - S_{5.2}:** $Q_{DB\ 5.2} = Q_{J\ 5.1} + (Q_{D\ 5.2} - Q_{D\ 5.1})$
 - $Q_{J\ 5.2} = Q_{DB\ 5.2} - Q_{Out\ 5.2} \dots$ (captação)
 - Déficit** $_{5.2} = 0 \dots \dots \dots (Q_{J\ 5.2} \geq Q_{m\ 5.2})$
 - E_{J5}:** $Q_{DB\ J5} = Q_{J\ 5.2} + (Q_{D\ J5} - Q_{D\ 5.2})$
 - $Q_{J\ J5} = Q_{DB\ J5}$
 - Déficit** $_{J5} = 0 \dots \dots \dots (Q_{J\ J5} \geq Q_{m\ J5})$

Processamento:

- Determinação das áreas de drenagem limitada pela seção do uso, $S_{3.1}$:

$$A_{3.1} = A_{M3} + A_3 (L_3 - L_{3.1})/L_3$$
- Determinação da vazão natural (Q_D) disponível e da mínima (Q_m) em cada seção:

$$Q_{D M3} = A_{M3} \cdot Q_{D esp} \text{ (ou, } Q_{D M3} = Q_{D J5} + Q_{D J4} \text{)}$$

$$Q_{m M3} = A_{M3} \cdot Q_{m esp}$$

$$Q_{D 3.1} = A_{3.1} \cdot Q_{D esp}$$

$$Q_{m 3.1} = A_{3.1} \cdot Q_{m esp}$$

$$Q_{D J3} = A_{J3} \cdot Q_{D esp}$$

$$Q_{m J3} = A_{J3} \cdot Q_{m esp}$$

- Balanço hídrico superficial – seções e vazões correspondentes:

$$E_{M3}: Q_{DB M3} = Q_{DB J5} + Q_{DB J4} = Q_{J M3} \dots\dots\dots \text{(não há uso na seção)}$$

$$S_{3.1}: Q_{DB 3.1} = Q_{J M3} + (Q_{D 3.1} - Q_{D M3})$$

$$Q_{J 3.1} = Q_{DB 3.1} - Q_{Out 3.1} \dots \text{(captação)}$$

$$Déficit_{3.1} = Q_{m 3.1} - Q_{J 3.1} \dots \text{(} Q_{J 3.1} < Q_{m 3.1} \text{)}$$

$$E_{J3}: Q_{DB J3} = Q_{J 3.1} + (Q_{D J3} - Q_{D 3.1})$$

$$Q_{J J3} = Q_{DB J3} \dots\dots\dots \text{(não há uso na seção)}$$

$$Déficit_{J5} = 0 \dots\dots\dots \text{(} Q_{J J3} \geq Q_{m J3} \text{)}$$

Observação:

- o aplicativo aceita, como resultado do balanço, vazões com sinal negativo - como disponibilidade do balanço (na entrada da seção) ou vazão para jusante (de uma seção). Apesar de ser uma impossibilidade, esses valores negativos são apenas o acumulado da contabilidade, de montante para jusante, entre Disponibilidade Natural + Lançamentos – Captações. Esses totais acumulados possibilitam a verificação dos déficits (diferença entre Q_m e Q_J) em qualquer seção, totalizando e informando a magnitude do excesso das demandas em relação à disponibilidade natural.

5. EXERCÍCIOS

A seguir são apresentados os exercícios elaborados com

5.1 INTRODUÇÃO AO SSD-OUTORGA – MENU PRINCIPAL

Este exercício tem o objetivo de fazer uma introdução ao SSD-Outorga. Os principais passos são:

- a) Iniciar o aplicativo, selecionar layers, acessar banco de dados do servidor;
- b) Processar o cálculo da Unidade de Balanço;
- c) Analisar resultados nas planilhas e por meio de gráficos;
- d) Algumas operações básicas para navegação na área do mapa do sistema;
- e) Algumas ferramentas básicas do Menu Principal;
- f) Ativação dos labels (rótulos) dos trechos/sub-bacias;
- g) Salvar um Cenário.

A) INICIAR O APLICATIVO, SELECIONAR LAYERS, ACESSAR BANCO DE DADOS DO SERVIDOR;

Ao inicializar o sistema deve-se entrar com o login e a senha do usuário → [digitar o nome do usuário e a senha].

Menu Principal → **Layers** → **Lê do Banco** → [selecionar o layer das microbacias e da hidrografia correspondente (à bacia hidrográfica a ser analisada)] → **Carrega** [os layers são carregados na área de visualização do mapa].

Menu Principal → **Layers** → **Define Layers de Trabalho** → [deve-se ativar (clicando-se nos quadradinhos) o layer das microbacias e o layer da hidrografia];

Menu Principal → **Usos nas SubBacias** → **Carrega Usos** → [os usos são carregados automaticamente na tela].

B) PROCESSAR O CÁLCULO DA UNIDADE DE BALANÇO

Após carregar os dados necessários da bacia hidrográfica (microbacias e trechos) e os usos nas sub-bacias o cálculo do balanço hídrico é feito através dos seguintes passos:

- Definição das vazões de referência;
- Calcula bacia, após definidos os passos anteriores.

Menu Principal → Balanço Hídrico → Vazões de Referência → [manter as seleções “default”].

Menu Principal → Balanço Hídrico → Calcula Bacia → [após o cálculo retorna automaticamente a planilha com os resultados do balanço hídrico].

C) ANALISAR RESULTADOS NAS PLANILHAS E POR MEIO DE GRÁFICOS

Os resultados do balanço hídrico podem ser visualizados através das seguintes opções:

- Em forma de planilha → última planilha calculada;
- Na forma gráfica → Gráficos;
- Através do Máximo Déficit → Máx Déficit: Visualização cromática

Menu Principal → Resultados → Última Planilha Calculada → [observar as vazões resultantes do balanço por sub-bacias e os déficits ou superávits].

Menu Principal → Resultados → Gráficos → [o gráfico é apresentado para um caminho pré-determinado selecionando-se um trecho de montante e outro de jusante através de um clique do mouse na tela, clicar no trecho 8 e depois no trecho 3].

Menu Principal → Resultados → Máx. Déficit: Visualização cromática → [apresenta a visualização cromática da situação de déficit de cada sub-bacia em escalas de cores após o cálculo do balanço hídrico. A escala de cores é apresentada na legenda, lado esquerdo do mapa. Quanto maior o déficit apresentado maior a intensidade da cor e maior é a criticidade da bacia hidrográfica].

D) ALGUMAS OPERAÇÕES BÁSICAS PARA NAVEGAÇÃO NA ÁREA DO MAPA DO SISTEMA;

Para facilitar a navegação na tela do sistema há alguns recursos disponíveis, como seguem:

- Nível de detalhes (Zoom);
- Deslocamento da tela (Pan);
- Captura de imagens da tela;
- Função do botão secundário do mouse (na área principal).

Barra de Botões →  → Zoom Área, Ajustar à Janela, Pan → [mostra uma área delimitada pelo usuário, clicando no botão ou na letra “Z”, após clique e arraste. Também pode ser acionada pela rodinha do mouse. O ajuste à janela mostra a imagem toda na tela, o “pan” desloca o mapa em qualquer direção].

Barra de Botões →  → **Captura de imagens da tela** → [copia a imagem mostrada no mapa principal que poderá ser exportada para outros aplicativos, Word ou Excel].

Função do botão secundário do mouse (área principal) → [acessa as funções de zoom e deslocamento do mapa, ferramenta geográfica para desenhar área limite, escolha de layer para seleção, cria layer com selecionados, deseleciona layers selecionados, informação do shape, usos no shape, usos no shape].

E) ALGUMAS FERRAMENTAS BÁSICAS DO MENU PRINCIPAL

A interface Windows “Usuário-SSD” utiliza tecnologia SIG (Sistema de Informação Geográfica) para acessar a base de dados que contém informações georreferenciadas e tabulares. Algumas ferramentas geográficas básicas estão disponíveis no SSD, entre elas:

- Funções “ordem” e características visuais no quadro da legenda;
- No Menu Principal do sistema estão disponíveis algumas ferramentas geográficas, que incluem: determinação da área de um polígono, área acumulada (mais de um polígono), comprimento, distância e área limite. Estas ferramentas são apresentadas no manual de utilização do SSD.

Legenda → [para mudança de ordem de apresentação do layer no mapa] → [com o cursor do mouse sobre o nome do layer clique e arraste para a posição desejada].

Legenda → [para mudança das características visuais, por exemplo, alterar a cor da apresentação das sub-bacias] → [com o cursor do mouse sobre o nome do layer (ex. microbacias), dê duplo clique] → [altere na aba área, área, “color” e clique em apply, OK] → [em seguida a cor é alterada].

Menu Principal → **Ferramentas Geográficas** → **Área (km²)** → [ao acionar esta ferramenta o cursor fica habilitado para selecionar o polígono do qual se deseja obter a área e, na Barra de Status, aparece a mensagem “Clique num polígono”, após clicar retorna-se a área do polígono] → [para desativar a função do mouse utilize o botão secundário].

Menu Principal → **Ferramentas Geográficas** → **Área Acumulada (km²)** → [ao acionar esta ferramenta o cursor fica habilitado para selecionar os polígonos dos quais se deseja obter a área resultante. Clica-se nos polígonos desejados e após aciona o botão secundário do mouse para retornar o valor da área acumulada] → [para desativar a função do mouse utilize o botão secundário].

Menu Principal → Ferramentas Geográficas → Comprimento (km) → [ao acionar esta ferramenta o cursor fica habilitado para selecionar um trecho de rio do qual se deseja obter o comprimento] → [para desativar a função do mouse utilize o botão secundário].

Menu Principal → Ferramentas Geográficas → Distância → [fornece a distância entre 2 pontos. Deve-se clicar em um ponto e depois em outro, automaticamente retorna a distância, em km] → [para desativar a função do mouse utilize o botão secundário].

Menu Principal → Ferramentas Geográficas → Área Limite → [corresponde a um polígono que limita uma área para consulta de atributos. O cursor fica habilitado para desenhar um polígono no espaço desejado.] → [para desativar a função do mouse utilize o botão secundário]. → **Clicar no botão secundário do mouse → Área Limite → Dentro/Fora →** [escolhe-se o layer “todos os usos”, seleciona-se dentro, automaticamente os usos que estão dentro do polígono são selecionados] → **Clicar no botão secundário do mouse → Cria layer com selecionados →** [esta operação permite consultar quais usos estão na área delimitada].

Clicar no botão secundário do mouse → Área Limite → Somatória → [escolha o layer “todos os usos”, escolha a identificação “Bco_SiglaTipoUso” e o atributo a ser somado “Bco_Vazao” e aciona OK] → [após é possível visualizar os atributos selecionados e a somatória resultante para os usos que estão dentro da área limite].

OBS: As funções relacionadas à Área Limite podem ser habilitadas tanto a partir do menu ferramentas como através de um clique com o botão secundário do mouse.

F) ATIVAÇÃO DOS LABELS (RÓTULOS) DOS TRECHOS/SUB-BACIAS

Objetivo: Facilitar a identificação das sub-bacias ativar os “labels”

- **Legenda →** [na legenda com o cursor sobre o nome do layer “Microbacias_Pitangueiras”, dê um duplo clique] → [Clique na aba Label, Field escolher NumTrecho, Apply e depois OK. No mapa da bacia ficam destacados os números de cada um dos trechos e sub-bacias discretizados na cartografia].

G) SALVAR UM CENÁRIO

Para que se possa fazer o balanço hídrico superficial com a utilização do SSD Outorga DAEE é necessário que se carreguem os layers básicos de trabalho. São eles:

- Layer das sub-bacias;
- Layer dos trechos dos rios;
- Layer com os usos nas sub-bacias.

Após todos os layers de trabalho carregados é adequado e importante que se crie um cenário (neste é possível editar os dados dos usuários, tendo a garantia de preservação dos dados originais). Para gravar um cenário:

Menu Principal → Arquivos → Salva Cenário Como → [esta operação permite salvar o cenário e fazer uma breve descrição do cenário.].

5.2 TRABALHANDO COM CENÁRIOS

Esta atividade tem a função de explorar algumas funções básicas do SSD para um cenário criado. São eles:

- a) Carregar um Cenário anteriormente salvo
- b) Alterar Vazão de Referência e Vazão Mínima
- c) Editar um uso
- d) Modificar uma captação existente, analisar resultado em planilhas e gráficos
- e) Verificar uso alterado assinalado no mapa

A) CARREGAR UM CENÁRIO ANTERIORMENTE SALVO

Menu Principal → Arquivos → Carrega cenário → [escolha o cenário base].

B) ALTERAR VAZÃO DE REFERÊNCIA E VAZÃO MÍNIMA

Menu Principal → Balanço Hídrico → Vazões de Referência → Disponibilidade natural de estiagem → [escolher $Q_{P\%}$, 95% e % igual a 100] → **Vazão mínima a ser mantida →** [escolher $Q_{7,T}$, 10 e % igual a 50]

C) EDITAR UM USO

Os usos podem ser editados, tanto os pré-existentes, como os novos. A edição dos usos pré-existentes é feita da seguinte forma:

Menu Principal → Usos nas Subbacias → Edita Uso Pré-existente → [escolhe-se um uso pela sua identificação e alteram-se os campos das vazões, requerida e outorgada no quadro de uso e no quadro de vazões clica-se em “calcula vazões”].

A edição dos usos novos é feita da seguinte forma:

Menu Principal → Usos nas Subbacias → Edita Usos Novos e Modificados → [escolhe-se o uso para edição na relação de usos novos e seleciona-se na tabela o uso a ser editado, clica-se em edita, alteram-se os campos das vazões, requerida e outorgada no quadro de uso e no quadro de vazões clica-se em “calcula vazões”].

D) MODIFICAR UMA CAPTAÇÃO EXISTENTE, ANALISAR RESULTADO EM PLANILHAS E GRÁFICOS

Obs: Observe no mapa a sub-bacia 60, uso 79769EFB, anote os resultados do balanço para a vazão outorgada de 29,06 m³/h e verifique que o uso é representado por um símbolo (triângulo na cor vermelha).

Menu Principal → Usos nas Subbacias → Edita Uso Pré-existente → [escolhe-se um uso da sub-bacia 60 – 79769EFB substitui a vazão outorgada de 29,06 para 40 m³/h pela sua identificação e alteram-se os campos das vazões, requerida e outorgada no quadro de uso e no quadro de vazões clica-se em “calcula vazões”] → [observe a alteração no perfil dos trechos no quadro ao lado] → [observe em resultados, na última planilha calculada a alteração dos resultados do balanço hídrico no uso da sub-bacia 60 – 79769EFB] .

E) VERIFICAR USO ALTERADO ASSINALADO NO MAPA

Observe no mapa a sub-bacia 60, acesse **Menu Principal → Resultados → Última Planilha Calculada →** selecione o uso 79769EFB, este aparecerá em destaque no mapa. Antes da alteração da vazão outorgada este uso era representado por um triângulo na cor vermelha, após a alteração da vazão é identificado por um “quadrado” na cor vermelha, que o caracteriza como uma “captação modificada”. Desta forma, é possível verificar visualmente no mapa através dos símbolos, quais usos são “captação” e “lançamento” e quais já foram modificados.

5.3 VERIFICAÇÃO DE UM REQUERIMENTO DE NOVOS USOS (CA E LA)

- a) Entrar com uma captação e um lançamento por coordenadas UTM;
- b) Idem, utilizando o cursor do mouse (ponto no mapa) – ferramenta Zoom;
- c) Verificação dos efeitos: demanda x disponibilidade; vazão para jusante x mínima;
- d) Efeitos para jusante: superávits e déficits;
- e) Análise e julgamento: por trechos e até a foz da UB;
- f) Planilhas e gráficos: consulta e transferência para Excel

- a) Inserir uma captação (CA) utilizando o cursor do mouse no Trecho 62
Menu Principal → **Arquivos** → **Carrega Cenário** → [*escolher o cenário*] → **Carrega**
 [o cenário escolhido, criado anteriormente, é colocado na tela; é preciso calcular o balanço]
Menu Principal → **Balanço Hídrico** → **Calcula Bacia**
 [o cálculo da bacia é processado com os dados baixados com o cenário]

Para facilitar a inserção de um ponto de captação no T62, vamos ampliar essa sub-bacia: Na barra de ferramentas superior, clicar no botão **Zoom Área** e desenhar um retângulo em torno das sub-bacias 99, 101, 62, 64 para ampliar essa região do mapa.

Inserir um ponto em T62:

- Menu Principal** → **Usos nas sub-bacias** → **Inserir novo uso** → **Clicando na tela**
 [o cursor adota formato de cruz]

No trecho T62, clicar no ponto do rio onde se deseja inserir o uso.

Surge a janela **Dados do Uso**: nessa janela estão os campos característicos de captações e lançamentos.

Por meio dessa janela são introduzidos novos usos e editados usos já existentes ou inseridos anteriormente.

Clicar em **Cancelar** (nos exercícios, vamos introduzir usos por meio de coordenadas UTM).

- b) Inserir uma captação de 30 m³/h no trecho T62 utilizando coordenadas UTM
Usos nas sub-bacias → **Inserir novo uso** → **Por coordenadas**
 Aparece janela **Dados do Uso**
 No quadro **Coordenadas UTM** clicar em **51°** (Meridiano Central)
 Em UTM Norte (km) digitar **7.714,14**
 Em UTM Este (km) digitar **748,50**
 No quadro **Uso**, em **Ident. do uso** digitar **Uso_62.01_CA** (será o nome identificador do uso), clicar em **Captação**, e digitar **30** nos campos **Q Requerida** e **Q Outorgada**.
 Clicar em **Calcula Vazões** (são calculados todos os trechos, desde o T62 ao T1 – foz da UB).
 O gráfico do quadro **Perfil (trechos a jusante do uso)** mostra a situação após a introdução do uso.
 Observar as demais informações disponibilizadas na janela.

- c) Inserir um lançamento de 22 m³/h no trecho T62, a jusante da captação introduzida, utilizando coordenadas UTM (repetir movimentos de 03.02).

Usos nas sub-bacias → **Inserir novo uso** → **Por coordenadas**
 Janela **Dados do Uso** → **Coordenadas UTM** → **51°**

Em UTM Norte (km) digitar **7.714,48**

Em UTM Este (km) digitar **748,89**

No quadro **Uso**, em **Ident. do uso** digitar **Uso_62.02_LA** (nome identificador do uso), clicar em **Lançamento**, e digitar **22** nos campos **Q Requerida** e **Q Outorgada**.

Clicar em **Calcula Vazões** (são calculados todos os trechos, desde o T62 ao T1 – foz da UB).

Observar o gráfico do quadro **Perfil (trechos a jusante do uso)** e as demais informações disponibilizadas na janela.

d) Inserir, no trecho T64 (a montante do T62, anterior) uma captação e um lançamento, utilizando coordenadas UTM.

Repetindo os passos do item 03.3, entrar com

- uma captação de 17 m³/h, no T64, nas coordenadas: 7.713,25 km N e 747,97 km E

[nome “Uso_64.01_CA”; clicar em Calcula Vazões e em OK]

- um lançamento de 11 m³/h, no T64, nas coordenadas: 7.713,56 km N e 748,10 km E

[nome “Uso_64.02_LA”; clicar em Calcula Vazões e em OK]

e) **Menu Principal → Balanço Hídrico → Calcula Bacia**

Toda a UB (Unidade de Balanço) é processada e surge uma janela com a tabela “**Usos nas Sub-bacias**”.

Ampliar a janela e observar os campos, dados e informações fornecidas.

Analisar todos os campos apresentados. Observar que a **Sub-bacia** ou **Uso** assinalado na tabela é assinalado no mapa. Por exemplo, clicar na sub-bacia 23, verificando que ela fica assinalada no mapa. Clicar nos usos dessa sub-bacia e verificar como ficam assinalados, um de cada vez.

Utilizar a ferramenta Zoom e verificar os usos da sub-bacia 23.

Clicando no canto superior esquerdo, toda a tabela é selecionada. Utilizando dos atalhos Ctrl+C e Ctrl+V é possível “copiar” e “colar” toda a tabela numa planilha de Excel, por exemplo. Da mesma forma, pode-se selecionar parte da tabela (algumas linhas) e transportar o conteúdo para o Excel.

f) **Menu Principal → Resultados → Gráficos**

Com o cursor (que assume o formato de cruz) clicar no traçado do rio no trecho **68** e em seguida no trecho **60**: surge o gráfico do “Caminho” 68 – 60.

No canto superior esquerdo está o quadro com os trechos representados no gráfico. Ao clicar num trecho ele é salientado no gráfico.

No canto inferior esquerdo pode-se escolher as variáveis a serem mostradas: **área** em função da distância à **foz do caminho** ou **vazões** (Q mínima, Q disponível natural e Q disponível do balanço).

Posicionando-se a seta (do mouse) sobre um ponto do gráfico é mostrado o par X e Y respectivo.

Para o caminho escolhido, 68 – 60, observar que:

- Nos trechos 68, 66, 64 62 não ocorrem Déficits em relação à Q mínima;

- No trecho 60, entre as distâncias 0,97 e 0,53 km da foz do caminho, há 440 m de rio com vazões Disponíveis do Balanço inferiores à Q mínima.

Voltando à tabela Última Planilha Calculada, observar os valores e o quanto o trecho está comprometido.

Repetindo os passos, gerar um gráfico do caminho 60 – 1 e analisar a situação desde o trecho (60) com problema até a foz da Unidade de Balanço.

5.4 INTRODUÇÃO DE UMA CAPTAÇÃO COM RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO (CA E RESERVATÓRIO).

- CA (captação) requerida ultrapassa limite possível de ser outorgado na seção
- Análise de 2 soluções: redução da CA requerida ou reservatório de regularização
- Verificar déficits: se apenas na seção do uso ou se resulta em déficits maiores para jusante
- Opções de vazão para jusante do reservatório: $\frac{1}{2}$ da $Q_{7,10}$ ou Q Imposta
- Definir a Q mín para jus do reservatório para zerar déficits

a) Inserir uma captação (CA) utilizando o cursor do mouse no **Trecho 83**

Usos nas sub-bacias → **Inserir novo uso** → **Por coordenadas**

Janela **Dados do Uso** → **Coordenadas UTM** → clicar em **51°** (Meridiano Central)

Em UTM Norte (km) digitar **7.717,37**

Em UTM Este (km) digitar **746,04**

No quadro **Uso**, em **Ident. do uso** digitar **Uso_83.01_CA** (nome identificador do uso),

clicar em **Captação**, e digitar **24,5** nos campos **Q Requerida** e **Q Outorgada**.

Clicar em **Calcula Vazões**.

O gráfico do quadro **Perfil (trechos a jusante do uso)** mostra a situação após a introdução do uso.

b) Observar que:

- A introdução da **CA = 24,5 m³/h** provocou um Déficit de **10,0 m³/h**, na saída da seção do uso;
- Em **Primeiro uso não atendido** aparece, no trecho 59, na seção do uso “9311E9B8...”, um déficit de **12,14 m³/h**, maior, portanto, do que o déficit gerado na própria seção da CA introduzida;
- Na parte inferior da janela é informado: Q máxima outorgável = **12,36 m³/h**;
- Essa é a maior vazão que pode ser outorgada na seção do “**Uso_83.1_CA**” de forma a zerar o déficit na seção do trecho 59, acima descrita: **Q máx outorgável = 24,5 – 12,14 = 12,36**.

O DAEE deverá informar ao usuário que:

- A CA máxima a fio d’água na seção pretendida é de **12,36 m³/h**;
- Caso o usuário queria captar os **24,5 m³/h**, será necessário implantar um reservatório de regularização.

Nesse caso, o DAEE precisa estabelecer a mínima vazão a ser mantida para jusante do reservatório a ser implantado.

Conforme mostra a janela **Dados do Uso**, não basta exigir que a mínima para jusante seja a $Q_{\text{mín}} = \frac{1}{2} Q_{7,10}$. Aqui se faz necessário anular o déficit gerado no trecho 59 (mostrado acima), que é de 12,14 m³/h.

Portanto, a $Q_{\text{Jus}} = Q_{\text{imposta}} = Q_{\text{Disp Bal}} - CA + \text{Déficit} = 58,51 - 24,50 + 12,14 = 46,15$ m³/h.

[Experimentar corrigir apenas o déficit na seção, de 10,0 m³/h, verificando que o aplicativo indica que há déficit a jusante de 2,14].

c) Como no item “5.3.f”, gerar o gráfico do caminho “83 – 59”. Ampliar a área da janela do gráfico para melhorar a visualização. Observar que a linha da Disponibilidade do Balanço toca a linha da Q mínima apenas na seção situada a 1,24 km da foz do caminho, com vazão de 233,9 m³/h.

5.5 GERAÇÃO DE VAZÕES “NEGATIVAS” PELO SSD-OUTORGA

Situação existente: a introdução de captações ao longo dos anos provocou uma demanda acumulada superior às restrições de **Q mínima** e superior, também, à própria **Q_{7,10}**, considerada como disponibilidade natural.

Significado de mostrar valores negativos de vazões disponíveis do balanço hídrico: informar a magnitude do déficit acumulado; possibilita testar qual a **Q_{P%}** que possibilitaria atender a todas as demandas da bacia.

a) Introduzir captação no trecho T4, na seção com o IdUso “ABA72AFF...”: CA = 180 m³/h.

Menu Principal → **Usos nas bacias** → **Edita usos novos e modificados**.

Surge janela “**Novos usos para verificação do balanço hídrico**”.

Na lista de usos, procurar pelo uso identificado como “ABA72AFF...”. Clicar em **Editar**.

Janela: **Dados do uso**.

Vazão requerida e outorgada está como “0”.

Inserir o valor 180 em Q outorgada.

Na seção em análise: Q Disp Bal = 132,53 e Q mín = 120,34 m³/h.

Outorgável a fio d’água (na seção): 132,53 – 120,34 = 12,19 m³/h.

Com a introdução de CA = 180 m³/h, fica assim a contabilidade na seção:

Q Disp Jusante = Q Disp Bal – CA = 132,53 – 180 = -47,47 m³/h (vazão negativa!!).

Déficit = QDisp Jus – Q mínima = -47,47 – 120,34 = -167,81 m³/h.

A captação existente ultrapassa o limite de outorga em 167,81 m³/h.

A disponibilidade natural na seção, de 240,69 m³/h, com a magnitude da Q_{7,10}, é superada em 47,47 m³/h no acumulado dos usos consuntivos desde montante até a seção, inclusive.

b) Introduzir uma captação no trecho T1, gerando vazão negativa na saída da UB.

Menu Principal → **Usos nas bacias** → **Inserir Novo Uso** → **Por coordenadas**.

Janela “**Dados do Uso**”.

Entrar com os seguintes dados:

- MC 51°; UTM – 7726,58 km N e 766,62 km E;
- Nome do uso – “**Uso_01.01_CA**”;
- Captação: **1700 m³/h**;

Clicar em **Calcula Vazão**

Resultados dos cálculos:

- Dados na seção do uso (vazões em m³/h)
 - L foz = 5,21 km
 - Q DispNat = 1919,28
 - Q Disp Bal = 1438,70
 - Qmín = 959,89
 - Q Disp Jus = **-261,30**
 - Déficit = **1221,19**
- Dados na seção da foz da UB (Unidade de Balanço) do rio Pitangueiras – entrega para o receptor (vazões em m³/h)
 - L foz = 0 km

- Área de drenagem total da bacia: $A = 235,3 \text{ km}^2$.
- $Q \text{ Disp Nat} = 2042,0$ - $Q \text{ Disp Bal} = -139,11$ - $Q_{\text{mín}} = 1021,0$
- $Q \text{ Disp Jus} = -139,11$ e - Déficit = 1160,1

c) Verificação da situação geral da bacia estudada – trechos com déficits.

Menu Principal → Resultados → Máx. Déficit: visualização cromática

Na área de legenda, à esquerda da tela, surge uma escala cromática com intervalos de gradação de déficits. As sub-bacias com maior déficit ficam salientadas em vermelho escuro.

Abrir a Planilha Calculada e, dela, a planilha Resumo, com dados dos trechos ou sub-bacias, e observar os valores dos máximos déficits.

d) Comentários a respeito do interesse em produzir totalizações com vazões negativas. As vazões com sinal negativo, como as apresentadas neste exercício, servem para estimar a magnitude do excesso de demandas para usos consuntivos instalados na bacia ou sub-bacia hidrográfica limitada pela seção de cálculo.

Elas são o acumulado das diferenças entre $Q \text{ Disp Bal} - CA + LA$, ou
 $Q \text{ Disp Nat}_{\text{Seção}} - \Sigma (CA - LA)_{\text{Nascente} - \text{Seção}}$ (para usos a fio d'água)

No caso do exemplo, se quisermos manter a bacia estudada com as vazões mínimas no patamar inferior estabelecido, de 50% da $Q_{7,10}$, teríamos de cortar o déficit de 1221,19 m^3/h da seção do “Uso_01.1_CA”.

Se a pretensão for limitar os usos consuntivos até um total máximo da mesma magnitude da disponibilidade natural (a $Q_{7,10}$), teríamos de cortar usos no montante de 261,3 m^3/h .

Teoricamente, nesse caso, estaríamos utilizando 100% da disponibilidade natural no evento de estiagem em que ocorresse vazões da magnitude da $Q_{7,10}$.

f) A **vazão afluyente externa** originária de uma bacia com $Q \text{ Disp Jus} < 0$.

Supondo uma bacia hidrográfica separada em duas partes, por algum motivo, se a sub-bacia de montante apresenta, em sua extremidade de jusante, $Q \text{ Disp Jus} < 0$, a $Q \text{ Disp Bal}$ afluyente externa à de jusante será

$Q \text{ Afl Ext} = 0$.

Neste exemplo 5, a $Q \text{ Disp Jus}_{\text{UB}} = -139,1 \text{ m}^3/\text{h}$.

Esse valor significa que os usos consuntivos totais finais instalados na bacia que constitui a UB calculada ultrapassam a magnitude da $Q \text{ Disp Nat}$ ($= Q_{7,10}$) em 139,1 m^3/h .

Esse conhecimento, ou esse valor indicativo de excesso de demanda, serve para se tomar decisões com relação a essa bacia hidrográfica que forma a UB analisada.

Se fossemos, por exemplo, rodar o balanço hídrico do Rio Pardo, na UGRHI do Baixo Pardo, utilizando a $Q \text{ Disp Nat} = Q_{7,10}$, essa bacia iria ser representada por uma **Vazão Afluyente Externa = 0** “entrando” pela margem esquerda do Rio Pardo nas coordenadas UTM 7730,0 km N e 769,4 km E (aproximadas).

Significando que num evento de estiagem com essa probabilidade de ocorrência de vazão mínima ($Q_{7,10}$) essa determinada bacia afluyente não contribui com vazão alguma, pois toda sua disponibilidade está comprometida com usos consuntivos de água. A consideração, é claro, é teórica.

Importante: para continuar, “zerar” as captações introduzidas:

retornar ABA72AFF CA = 0 e Uso_01.01_CA ... CA = 0 e “Salvar Cenário”.

5.6 VAZÃO AFLUENTE EXTERNA.

Chamar cenário da parte maior da bacia seccionada – uma Unidade de Balanço da qual se extraiu uma sub-bacia afluyente.

Preferiu-se estudar essa sub-bacia em separado devido a complexidades locais.

Os processamentos do balanço são feitos em separado.

Para “rodar” o balanço da bacia receptora, a sub-bacia citada é substituída por uma “Vazão Afluyente Externa”.

- a) Permanecer na tela com o “CenárioBase_BH2_micro X” – da bacia completa.
($Q_{\text{Disp Nat}} = Q_{7,10}$; $Q_{\text{Mín}} = \frac{1}{2} Q_{7,10}$)

Arquivos → Carrega Cenário → “CenárioBase_BH2...”

A sub-bacia que vamos isolar da Unidade de Balanço original é a formada pelos trechos 8 a 4. Ela será processada em separado e a vazão disponível do (seu) balanço em seu exutório será considerada como uma vazão afluyente externa entrando na extremidade de montante do trecho 3. Observar os dados nas planilhas “Usos nas sub-bacias” e “Resumo”.

Na planilha “Resumo”, na sub-bacia 4, a extremidade de jusante do T4 apresenta os seguintes dados:

$Q_{\text{Jus Nat}}_{T4J} = 247,12$, $Q_{\text{Jus Mín}}_{T4J} = 123,56$ e $Q_{\text{Jus Disp}}_{T4J} = 138,96$ (vazões em m^3/h).

Portanto, após o cálculo do balanço, essa sub-bacia está contribuindo para a extremidade de montante do trecho T3 com uma disponibilidade do balanço de **138,964** m^3/h e sua área de drenagem é **28,474** km^2 .

Nota: extrair a área de drenagem na extremidade de jusante de T4 do gráfico desse trecho.

No gráfico do caminho T9 – T3 verificamos os seguintes dados:

Extremidade jusante T9..... $Q_{\text{Jus Disp}}_{T9J} = 1.304,78$ e

Extremidade de montante T3 $Q_{\text{Disp Bal}}_{T3M} = 1.443,75$

A diferença entre essas vazões é **138,964 = $Q_{\text{Jus Disp}}_{T4J}$** , ou a disponibilidade do balanço no exutório de T4.

- b) Baixar o cenário “Cenário_Ex.06_SubB_Afluyente” – sub-bacia afluyente, extraída da UB original.

Arquivos → Carrega Cenário → “Cenário_Ex.09_SubB_Afluyente”

Gráficos e planilhas apresentam todos os dados referentes a essa nova Unidade de Balanço que, assim isolada, pode ser processada em separado.

Modificações no cenário dessa UB alterarão a magnitude da **$Q_{\text{Jus Disp}}_{T4J}$** na seção da extremidade de jusante do trecho T4 – seção T4.- exutório da bacia.

Nota: ao isolarmos essa sub-bacia, o aplicativo, considerando os dados referentes às microbacias formadoras da nova UB, recalcula as variáveis hidrológicas Q_{MLT} , $Q_{7,10}$, $Q_{\text{P\%}}$, etc., utilizando a precipitação média (ponderada) da nova área delimitada. A UB formada pelas microbacias 4, 5, 6, 7 e 8 apresenta magnitudes diferentes para a $Q_{7,10}$, por exemplo: $Q_{7,10} = 8,637$ e $\frac{1}{2} Q_{7,10} = 4,319$ $\text{m}^3/\text{h.km}^2$. Isso faz com que os resultados de disponibilidade natural, mínima, disponibilidade do balanço e disponibilidade para jusante das seções sejam um pouco diferentes dos valores do cenário constituído por toda a bacia do rio Pitangueiras, aqui estudada como exemplo.

Assim, na seção T4J, no exutório da sub-bacia: $Q \text{ Jus Disp}_{T4J} = 137,782 \text{ m}^3/\text{h}$ e $A_{T4J} = 28,474 \text{ km}^2$.

Esses são os dados da vazão afluyente externa a serem utilizados no cenário que analisaremos a seguir.

c) Entrar com vazão afluyente externa numa Unidade de Balanço receptora.

Arquivos → **Carrega Cenário** → **“Cenário_Ex.09_Bacia_Receptora”**

Observar a ausência da sub-bacia constituída pelos trechos numerados de 8 a 4.

Consultar o gráfico do caminho dos trechos 9 – 3.

Analisar os dados desses trechos nas planilhas “Usos nas sub-bacias” e “Resumo”.

Sem a contribuição do exutório de T4, da sub-bacia 8-4, a

$Q \text{ Disp Bal}_{T3M} = Q \text{ Jus Disp}_{T9J} = 1.305,22$

Balanço Hídrico → **Vazões Afluentes Externas** → janela **“Q Afluentes Externas”** →

→ clicar em **“Ident. Sub-bacia”** → ordena por ordem crescente → **“Sub-bacia 3”**

→ inserir na coluna **“Q Aflu. Ext”** → **137,782**

→ inserir na coluna **“Área Dren”** → **28,474** → clicar em **“OK”**

O balanço é recalculado e é apresentada a planilha **“Usos nas Sub-bacias”**.

Clicando em **“Resumo”**, é apresentada a planilha com os dados dos trechos ou sub-bacias constituintes da UB analisada nesse cenário.

Na linha da **sub-bacia 03** são apresentados dos dados:

- $Q \text{ Aflu Ext} = 137,782 \text{ m}^3/\text{h}$; $\text{Área Dren} = 28,47 \text{ km}^2$;

- $Q \text{ mont disponível} = 1.443,00 \text{ m}^3/\text{h}$

Na linha da **sub-bacia 009**:

- $Q \text{ jus disponível} = 1305,22 \text{ m}^3/\text{h}$

A afluência à extremidade de montante do **trecho 003** é igual à soma da vazão disponível para jusante do trecho **9** mais a vazão afluyente externa inserida: $137,78 + 1305,22 = 1443,00 \text{ m}^3/\text{h}$.

d) Vazão afluyente negativa?

Suposição: a sub-bacia contribuinte, no caso a formada pelos trechos 004 a 008, apresenta, como resultado de seu balanço (atualizado), uma vazão com sinal negativo em seu exutório, por exemplo

$Q \text{ jus disp}_{T4} = -200,0 \text{ m}^3/\text{h}$.

Qual valor utilizar como vazão afluyente na bacia receptora, **“- 200”** ou **“0”**?

Q afl ext < 0: num caso como o aqui estudado, da bacia do rio Pitangueiras, de dimensões médias (cerca de 200 km^2), pode ser desejável ou interessante para “rodar” o balanço hídrico da bacia toda para verificar o estado de criticidade da mesma. Considerando que houvesse justificativa para a separação da sub-bacia “4-8”.

Q afl ext = 0: (mesmo que o exutório apresente vazão de disponibilidade negativa) supor o caso de um receptor de dimensões muito maiores que a sub-bacia contribuinte. Por exemplo, o rio Pardo, com milhares de km^2 , que é receptor do rio Pitangueiras.

Ao proceder à verificação das disponibilidades hídricas do caudal do rio Pardo, para evitar “rodar” um balanço com milhares de usuários situados em seus afluentes, podemos substituir esses afluentes por vazões afluentes externas (atualizadas).

Se um desses afluentes apresentar vazão disponível do balanço para jusante com valor negativo, isso indica que esse corpo d'água, para a disponibilidade natural de estiagem considerada, já não contribuirá com descargas para seu receptor. Nesses casos, devemos substituir esse afluente por uma vazão afluente externa igual a zero. Ou seja, não há expectativa de contribuição hídrica superficial vinda desse afluente para o corpo receptor.

Lembrar que “vazão negativa não existe”. É mero resultado acumulado que mostra a magnitude do total acumulado das demandas (consuntivas) em relação à disponibilidade natural considerada.

5.7 RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO: SOLUÇÃO E PROBLEMA?

Quando CA requerida supera máximo disponível para outorga, uma solução é instalar barramento, formando reservatório de regularização.

Características de reservatórios de regularização:

- Capacidade de regularização: função da contribuição da sub-bacia a montante;
- Volume útil necessário: função de aflúências x vazão média regularizada;
- Usos consuntivos a montante (vazões médias): devem ser descontados da contribuição natural;
- $Q_{\text{Mín Jus}}$: definida pelo DAEE na análise do requerimento da CA; é função da situação dos trechos de jusante.
- Vazão firme regularizada (média): $Q_F = CA_{\text{Média}} + Q_{\text{Mín Jus}}$ e $Q_F \leq Q_{\text{MLT Seção}}$.

Condição necessária a ser respeitada em qualquer sub-bacia:

- $\Sigma (CA_{\text{Médias}})_{\text{Bacia}} + Q_{\text{Mín Jus Reserv}} \leq Q_{\text{MLT Seção}}$.

Reservatório de regularização leva ao esgotamento da disponibilidade a montante: tanto a fio d'água, quanto com novas regularizações.

Estimativa do volume útil (VU) necessário para suprir demandas e restrições.

Duração de VU já existente: julgamento subjetivo?

Importância da imposição, na outorga, da $Q_{\text{Mín Jus}}$ do reservatório de regularização (restrição).

- a) No trecho T8, no uso com Id “19FE114A...”, vamos aumentar sua captação de 30 para 100 m³/h.

Antes, observar na planilha “Usos nas Sub-bacias” a situação dos trechos T8 e T4:

- T8: 3 seções com captações, 30, 25 e 15 m³/h, com superávits de 35,99, 22,32 e 9,05 m³/h;
- T4: 2 seções com captações, 25 e 13,16 m³/h, com superávits de 12,08 e **7,08** m³/h;

Usos na bacia → **Edita novos usos e modificados** → **Relação dos Novos Usos** →
→ “19FE114A...” → **Editar** → **Dados do Uso**.

Entrar com **Q out: 100** m³/h (entrada) → **Reserv de Regularização: Não** → **Calcula Vazões**
Voltar à Última Planilha Calculada com os “Usos nas Sub-bacias” e observar o efeito da ampliação, em “19FE114A...”, da CA de 30 para 100 m³/h.

- T8 - déficits apresentados nas 3 seções: **1,76 km** – (34,01) – 0,58 km (47,68) e 0,4 km – (60,95) m³/h;
- T4: as 2 seções passaram a apresentar Déficits: 2,1 km – (57,92) e 1,06 km – (**62,92**) m³/h;

Para autorizar o reservatório em “19FE114A...” (no T8), é necessário corrigir todos os déficits para jusante, gerados pelo aumento da captação em “T8-1,76 km”. Para isso, basta “zerar” o maior déficit gerado: o de 62,92 m³/h.

Corrigir a vazão mínima para jusante de “19FE114A...” (ou T8-1,76 km) por meio da janela de edição:

Usos na bacia → **Edita novos usos e modificados** → **Relação dos Novos Usos** →
 → “19FE114A...” → **Editar** → **Dados do Uso.** (Q out = 100 m³/h, inserida anteriormente).
 → **Reserv de Regularização: SIM** → **Q jus Uso maior ou igual a:** →
Q imposta → entrar com **94,90** (= Q Disp Bal – CA + 62,92 = 131,98 – 100 + 62,92) →
Calcula Vazões

Observar o gráfico à direita – todas as seções de jusante foram corrigidas e apresentam superávits. Na seção “T4-1,06 km” resultou: **Q jus uso = Q mín.**

b) No cenário em análise, temos os seguintes dados da Regionalização Hidrológica:

- **Região “N/y”** (a = -26,23; b = 0,0278; A = 0,4119; B = 0,0295; X₁₀ = 0,689; C_{7,10} = 0,80)
- **Q_{Média esp}** (l/s.km²) = -26,23 + 0,0278 **P_{Média anual}** (mm/ano)
- **P_{Média anual}** = **1.300** (mm/ano) (aproximadamente)
- **Q_{Média esp}** = **9,909** (l/s.km²) = **35,672** m³/h.km²
- **Q_{7,10}** = 0,80 [0,689 (0,4119+0,0295) 9,909] = 2,411 l/s.km² = **8,679** m³/h.km²
- **Q_{12,10 esp}** = 0,528 **Q_{Média esp}** = 5,232 l/s.km² = **18,83** m³/h.km²
 (maior vazão firme regularizada intra-anual = mínima média de 12 meses consecutivos)

Análise da bacia formada pelos trechos 4, 5, 6, 7 e 8:

- Abrir o gráfico do caminho **T8 – T4** (em **Resultados** → **Gráfico**)
- No Gráfico, clicar em **Áreas** (em **Variáveis**, à esquerda)
- Com a seta do cursor do mouse apontar para o ponto da reta da área correspondente à L = 0 km: surge (por alguns segundos) os valores (0; 28,474), indicando a área total dessa sub-bacia – 28,474 km²;
- Vazão média (da Regionalização) da sub-bacia:
Q_{MLT} = Q_{M esp} . A = 35,67 . 28,4 = **1013** m³/h;
- Somatória das captações (vazões médias) na sub-bacia (no T8 e no T4):
Σ (CA₈₋₄ + Q_{Jus Imposta}) = [(100,0+94,9) +25,0 +15,0] + (25,0 + 13,16) = **273,06** m³/h;
- Conclusão: somatória das médias captadas é inferior à **Q_{MLT}** da sub-bacia (27%).

Verificação da seção da captação de 100 m³/h, com reservatório de regularização:

- Abrir a planilha com os dados dos usos;
- Área de drenagem na seção do uso “19FE114A...”: **A = 15,2** km²;
- **Q_{Média}** na seção = 15,2 km² . 35,67 m³/h.km² = **542** m³/h;
- Vazão firme regularizada: **Q_F** = 100,0 + 94,9 = **194,9** m³/h;
- Relação **Q_F / Q_{Média}** = **0,36**(36%)O.K.!

c) Verificação da possibilidade da instalação de novas captações no treco T8, a montante do reservatório da seção “19FE114A...” (L_{Foz} = 1,76 km).

Qualquer retirada de água (vazão de captação com uso consuntivo) da bacia a montante do reservatório irá retirar volumes que deveriam afluir ao mesmo para possibilitar a regularização da $Q_F = 100,0 + 94,9 = 194,9 \text{ m}^3/\text{h}$

O usuário, informado sobre a necessidade de instalar a represa (com seu barramento), vai projetar essa infraestrutura tentando otimizar seu investimento, estimando o volume útil (VU) em função da disponibilidade hídrica da bacia, considerando eventuais usos consuntivos a montante.

Uma vez instalado o barramento, o VU máximo disponível não pode mais ser ampliado.

Significa que todo volume retirado da bacia a montante do reservatório irá comprometer a duração de seu VU, ou seja, o reservatório de regularização esgota a disponibilidade para outorga a montante, tanto para captações (usos consuntivos) a fio d'água como captações em reservatórios.

d) Verificação do volume de regularização intra-anual, da Regionalização, pelas mínimas médias de 1 a 12 meses consecutivos, para a região N/y e $P = 1300 \text{ mm/ano}$:

- Para $Q_F = 194,9 \text{ m}^3/\text{h} = 0,054 \text{ m}^3/\text{s}$
- Resulta: $V_C = 28.700 \text{ m}^3$ e $d_C = 1,85 \text{ meses}$

Se houvesse outras captações (usos consuntivos médios anuais) a montante seria preciso somar seus valores na Q_F .

e) Duração do VU – reservatório existente.

Nem sempre é possível verificar o VU necessário para suprir as demandas instaladas, pela complexidade de alguns casos. Por exemplo, sub-bacias com vários reservatórios em cascata. Uma avaliação preliminar pode ser feita comparando-se o volume diário produzido pela captação (vazão média do período de estiagem) com o volume útil do reservatório (VU).

No caso analisado em “07.a” e “07.b”, a $CA_{Média} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$.

Volume diário da captação: $24 \times 100 = 2.400 \text{ m}^3/\text{dia}$.

Em “07.d” estimamos $VU = 28700 \text{ m}^3$, o que daria para suportar os $2400 \text{ m}^3/\text{dia}$ durante uns 12 dias, considerando vazões afluentes muito baixas e iguais às defluentes mantidas para jusante.

É um número!

Por outro lado, se o usuário apresentasse um VU de 5800 m^3 , suficiente para apenas dois dias de captação, concluiríamos que é muito pouco.

Nota importante: É do USUÁRIO a responsabilidade pela manutenção da mínima exigida para jusante (estabelecida na outorga de direito de uso). Essa vazão mínima é uma restrição à operação do sistema captação-reservatório. É preciso, entretanto, que o VU dê condição de operação ao sistema.

5.8 UTILIZAÇÃO DE Q DISP NAT = QP%: ANÁLISE DE RISCO DE NÃO ATENDIMENTO.

Situações de excesso de demandas de usos consuntivos em relação à disponibilidade natural podem ser analisadas com a verificação de qual vazão, da curva de duração de vazões característica da bacia estudada, satisfaz as demandas consideradas.

Antes de iniciar o exercício, introduzir as seguintes captações: no T52, no uso “8B3F6402...”, fazer CA = 16 m³/h; no T48, no uso “48.01_CA”, fazer CA = 60 m³/h.

a) Analisar o caminho envolvendo os seguintes trecho: 52, 50, 48, 46,42, 40, 38, 36 e 34.

Menu Principal → Resultados → Gráfico

Clicar no trecho 52 (a montante) e no trecho 34 (de jusante).

O **Gráfico** mostra que há déficits nos trechos 48, 38 e 34, com usos, que também podem ser verificados na planilha **Resumo**:

Vazões em m³/h

Trecho	Seção/Usos	L _{FT} (km)	A (km²)	Q _{DN}	Q _{DB}	CA	Q _{Jus Bal}	Q _{Mín}	Déficit	Q _{Jus Bal} /Q _{Mín}
48	Uso_48.01_CA	0,5	13,91	120,75	104,75	60	44,75	60,37	-15,62	74%
38	Uso_38.01_CA	1,62	28,05	243,47	167,47	80	87,47	121,73	-34,26	72%
34	Uso_34.01_CA	1,18	35,33	306,62	150,62	72	78,62	153,31	-74,69	51%

O maior déficit gerado na sub-bacia, para as hipóteses estabelecidas e para as captações instaladas, é de 74,7 m³/h, no trecho 34.

b) Dados da Regionalização Hidrológica característicos do cenário em análise:

- **Região “N/y”** (a = -26,23; b = 0,0278; A = 0,4119; B = 0,0295; X₁₀ = 0,689; C_{7,10} = 0,80)
- **Q_{Média esp}** (l/s.km²) = -26,23 + 0,0278 **P_{Média anual}** (mm/ano)
- **P_{Média anual}** = **1.300** (mm/ano) (aproximadamente)
- **Q_{Média esp}** = **9,909** (l/s.km²) = **35,672** m³/h
- **Q_{7,10}** = 0,80 [0,689 (0,4119+0,0295) 9,909] = 2,411 l/s.km² = **8,679** m³/h.km²
- Curva de duração de vazões da Região “N”: **Q_{P%}** = **q%** · **Q_{Média esp}**

Frequências acumuladas	70%	80%	85%	90%	95%	100%
Adimensionais - q%	0,592	0,506	0,469	0,420	0,363	0,223
Q_{P% esp} (m³/h.km²)	21,12	18,05	16,73	14,98	12,95	7,95

c) Alterar a vazão de referência, de **Q_{7,10}** para **Q_{95%}**.

Menu Principal → Balanço Hídrico → Vazões de Referência →

→ “Disponibilidade Natural de Estiagem” → “Q_{P%}”

Em “**Q_{P%}”** → “**Média mensal de**” → “**95**” % → “**Porcentagem**” = **100** % da **Q_{P%}** disp

Em “**Vazão mínima a ser mantida**”, conservar “**1/2 da Q_{7,10}**”.

Clicar em “**OK**” e, em seguida, recalculer a bacia - **Balanço Hídrico → Calcula Bacia**.

A planilha recalculada, com os dados dos usos, mostra os seguintes resultados nas seções de interesse:

Vazões em m³/h

Trecho	Seção/Usos	L _{FT} (km)	A (km²)	Q _{DN}	Q _{DB}	CA	Q _{Jus Bal}	Q _{Mín}	Superávit	Q _{Jus Bal} /Q _{7,10}
48	Uso_48.01_CA	0,5	13,91	180,16	164,16	60	104,16	60,37	+43,78	86%
38	Uso_38.01_CA	1,62	28,05	363,25	287,25	80	207,25	121,73	+85,52	85%
34	Uso_34.01_CA	1,18	35,33	457,47	301,47	72	229,47	153,31	+76,16	75%

Como resultado do aumento da magnitude da disponibilidade de estiagem, da $Q_{7,10 \text{ esp}}$ (8,679 m³/h.km²) para a $Q_{95\% \text{ esp}}$ (12,95 m³/h.km²), todos os déficits foram anulados.

O acréscimo percentual da disponibilidade natural foi de 49,2 % (12,95/8,679).

Significa que, mesmo para vazões baixas, da magnitude de médias mensais que são superadas 95% do tempo, as demandas da sub-bacia dos trechos T54 a T34 são abastecidas, com manutenção de descargas para jusante que superam vazões equivalentes a 50% da $Q_{7,10}$. Vazões médias mensais assim baixas ($Q_{95\%}$), ou de magnitude inferior, ocorreriam em um mês a cada vinte meses, em média.

Na tabela acima, as vazões do balanço para jusante dos usos, $Q_{\text{JUS USO}}$, tem as seguintes relações com a $Q_{7,10}$: 86%, 85% e 75% (respectivamente para os usos 48.01, 38.01 e 34.01). No caso, significa que se a $Q_{\text{Mín esp}}$ fosse da ordem de 70% da $Q_{7,10}$, ainda assim as condições estariam satisfeitas considerando a disponibilidade igual à $Q_{95\%}$.

70% da $Q_{7,10 \text{ esp}}$ = $0,7 \cdot 8,68 = 6,08 \text{ m}^3/\text{h.km}^2 = 1,69 \text{ l/s.km}^2$

d) Comentários a respeito da utilização de $Q_{\text{Disp Nat}} = Q_{P\%}$.

Observar que, com a manutenção da $Q_{\text{Mín esp}} = \frac{1}{2} Q_{7,10 \text{ esp}} = 4,34 \text{ m}^3/\text{h.km}^2 = 1,21 \text{ l/s.km}^2$, a disponibilidade de vazões para serem outorgadas sofreu um acréscimo de 98,4 %:

$(12,95 - 4,34) / (8,68 - 4,34) = 8,61/4,34$.

Considerando vazões específicas (por unidade de área de drenagem), se fizermos

$Q_{\text{Disp Nat}} = Q_{95\%} = 12,95 \text{ m}^3/\text{h.km}^2$ e $Q_{\text{Mín}} = \frac{1}{2} Q_{95\%} = 6,475 \text{ m}^3/\text{h.km}^2$ (1,8 l/s.km²)

teremos uma disponibilidade para outorga de 6,475 m³/h por km² de área de drenagem.

Se esgotarmos essa disponibilidade para outorga e se ocorrerem vazões tão baixas como a $Q_{7,10}$, o que ocorrerá com as mínimas mantidas no curso d'água?

Se $Q_{\text{Disp Nat}}$ cair para $8,68 \text{ m}^3/\text{h.km}^2 = Q_{7,10}$ e as demandas forem iguais a $6,48 \text{ m}^3/\text{h.km}^2$, a vazão remanescente no rio resultará $2,2 \text{ m}^3/\text{h.km}^2$, valor correspondente a 25% da $Q_{7,10}$ ($2,2/8,68$).

Poderíamos pensar numa solução para a concessão de captações em que os usos prioritários fossem verificados para serem atendidos com um nível de muito baixa disponibilidade natural: $Q_{\text{Disp Nat}} = Q_{7,10}$.

Esgotada essa disponibilidade, novos usos, como irrigação, por exemplo, seriam concedidos verificando-se para uma disponibilidade igual à $Q_{95\%}$. Na sequência, novos usuários seriam verificados para uma disponibilidade até a $Q_{90\%}$.

Esses usuários seriam comunicados sobre o risco de não atendimento de suas captações e deveriam, por imposição da outorga, desligar suas captações sempre que o rio apresentasse vazões abaixo de determinada magnitude nas seções de suas derivações.

Esse processo requer, entretanto, forte envolvimento e participação da comunidade de usuários da bacia hidrográfica, para viabilizar o controle das captações por eles próprios, além do envolvimento do respectivo CBH. A experiência dos usuários e o monitoramento da bacia permitiria, ao longo dos anos, uma melhor avaliação das disponibilidades hídricas de estiagem e dos riscos de não atendimento.

e) Um rio em estresse de demandas.

Suposição: num curso d'água, com vários irrigantes instalados (“A”, “B” e “C”, de montante para jusante), após vários meses de forte estiagem apresenta vazões muito baixas. Num determinado momento, o irrigante “B” ficará sem água suficiente em sua captação e terá de desligar sua motobomba. Dessa seção para jusante, o rio recuperará vazões temporariamente. O irrigante “C”, situado a jusante daquele que interrompeu sua irrigação, e que estava sem irrigar devido à pouca

vazão do rio, liga sua bomba, satisfeito. O irrigante “A”, situado a montante de “B”, sofre com a escassez e desliga seu motor, possibilitando que “B”, algumas horas depois, possa ligar sua bomba novamente, causando nova crise de escassez na seção de “C”, o qual volta a desligar seu equipamento.

A situação pode se tornar mais crítica, os irrigantes podem perder suas safras e não se interessar mais por irrigar, deixando para tentar a sorte após o retorno das chuvas, provocando uma recuperação das vazões do rio.

Devido a esse comportamento caótico, desorganizado, dificilmente um usuário consegue “secar” completamente o rio para jusante de sua seção (a não ser por curtos períodos). Mesmo nos casos de reservatórios com captação, em que pode não ocorrer vertimento por longos períodos, sempre há escoamento por percolação ao longo do maciço.

O processo descrito resulta de que os interesses individuais se sobrepujam aos interesses da comunidade de usuários de determinada bacia. A constituição de uma associação ou condomínio de usuários da água da bacia hidrográfica poderia possibilitar o estabelecimento de regras, restrições, horários de utilização, limites de volume por usuário, controle de vazões mínimas no rio, etc., que possibilitariam a convivência conflituosa entre (demandas+interesses) x (disponibilidade+sustentabilidade).

Essa questão, da distribuição da água para a irrigação de culturas, que foi essencial à sobrevivência e ao progresso econômico de nossa espécie, foi resolvida mediante acordos, contratos sociais, pactos firmados dentro da sociedade, geralmente com intervenção muito forte do estado: babilônios, egípcios, incas, maias, astecas, etc.

A outorga não é instrumento suficiente para o estabelecimento de acordos sociais complexos, mas é condição necessária para o regramento desses acordos ou pactos de uso da água entre usuários de determinada região. O regramento deve ter base técnica, mesmo que preliminar - baseada em dados médios como da regionalização hidrológica -, mas que pode e deve ser aprimorada com monitoramento local, controles e ajustes, considerando que são processos dinâmicos.

Atenção: retornar a situação anterior. Fazer vazão de referência = $Q_{7,10}$! No T52, retornar o uso “8B3F6402...” para CA= 0. Salvar o cenário.

5.9 RESTRIÇÃO PARA OUTORGA A UM ÚNICO USUÁRIO.

Um único usuário pode requerer (e receber) outorga para uma captação que esgote toda a disponibilidade da sub-bacia a montante.

Sugestão: estabelecer um redutor para a concessão de outorga a fio d'água para um único usuário em uma bacia (ou sub-bacia) hidrográfica.

- a) Disponibilidade para outorga (DO) de captação em uma seção (S) de rio:

$$DO_S = (Q \text{ Disp Nat}_S - Q \text{ mín}_S) - (\sum CA_{\text{Mont}} - \sum LA_{\text{Mont}})$$

ou seja, DO_S = (máxima disponibilidade para outorga em S) menos (os usos consuntivos acumulados desde o divisor de águas até S).

Assim, em qualquer seção analisada isoladamente, a máxima disponibilidade para outorga é $MDO_S = Q \text{ Disp Nat}_S - Q \text{ mín}_S$. (sem contabilizar CA e LA a montante).

Se for concedido, a fio d'água, para um único usuário (o 1º a se instalar na bacia) toda a vazão

$$CA_S = MDO_S = Q \text{ Disp Nat}_S - Q \text{ mín}_S,$$

a montante de S não restará disponibilidade de vazões para outorga a fio d'água e, se houver intenção de instalar captação com reservatório de regularização, a vazão mínima para jusante do mesmo será

$$Q \text{ imposta (para jusante)} = Q \text{ Disp Bal (afluente)} = Q \text{ Disp Nat}$$

- b) **Inserir captação = máximo disponível no trecho T48 (Uso_48.01_CA).**

Usos nas Sub-bacias → Editar novos usos e modificados → Relação dos Novos Usos →

→ clicar em “Uso_48.01_CA” → **Editar** → janela “Dados do Uso”

→ Inserir Q outorgada = **60,37** m³/h → “Calcula Vazão” → “OK”

Analisar o gráfico do caminho T52 – T48. Verificar que, na seção em que inserimos CA = 60,37, no T48,

LF = 0,5 km, a Q Jus Uso = Q mín, com Superávit = 0. Área de drenagem = 13,9 km² (1390 ha).

Resultado: esgotamento da disponibilidade para outorga desde essa seção até o divisor de águas a montante.

- c) Inserir CA = 16 m³/h na seção do uso “8B3F6402...”, no T52.

Usos nas Sub-bacias → Editar novos usos e modificados → Relação dos Novos Usos →

→ “8B3F6402...” → **Editar** → “Dados do Uso” → Q outorgada = **16,0** m³/h → “Calcula Vazão”

Observar em “Primeiro Uso não Atendido” o Déficit = 16 m³/h (que é = CA inserida no T52).

No gráfico à direita, na seção do “Uso_48.01_CA”, a linha da disponibilidade do balanço na saída da seção ficou abaixo da Q mín, indicando que a inserção da nova captação no T52 não é permitida.

Portanto, a fio d'água não podemos mais inserir qualquer uso consuntivo nos 13,9 km² (1.390 ha) a montante da seção “Uso_48.01_CA” do T48!!!!

Vamos tentar, então, inserir a captação com um reservatório de regularização.

Usos nas Sub-bacias → Editar novos usos e modificados → Relação dos Novos Usos →

→ “8B3F6402...” → **Editar** → “Dados do Uso” → Q outorgada = **16,0** m³/h

→ “Reserv. De Regularização” → “Sim” → Q jus uso >= → “Q mín”

Não adiantou, pois na seção “8B3F6402...”, a **Q Jus Uso** ($21,08 = 37,08 - 16$) já era maior que a **Q mín** (18,54).

Entrar, então, com **Q imposta = 30,0** m³/h (na janela de edição “Dados do Uso”).

Verificar, no gráfico à direita, que a imposição de 30 m³/h para jusante do barramento do T52 foi insuficiente, pois o Déficit na seção do “**Uso_48.01_CA**” ainda é de 7,07 m³/h.

Inserir **Q imposta = 37,08** m³/h e verificar que o déficit na seção de captação do T48 foi eliminado.

Conclusão: o reservatório de regularização (na seção “8B3F6402...” do T52), com uma mínima imposta para jusante de 37,08 m³/h mantém o rio em condição aceitável, porém, se for possível reservar o volume necessário, precisará regularizar uma vazão firme igual a 53,08 m³/h ($16 + 37,08$), 3,3 vezes superior à captação desejada (16,0) (!).

No caso, calculando a capacidade de regularização intra-anual, para TR = 10 anos, para $Q_F = 53,08$ m³/h, resulta $V_C = 6000$ m³ e $d_C = 1,6$ meses.

d) Impondo restrição para a captação de um único usuário em uma bacia ou sub-bacia. **Inicialmente: “zerar” a captação inserida no uso “8B3F6402 ...”, no T52, e marcar Reservatório = Não.**

Por exemplo, estabelecer, para um único usuário em uma bacia, o limite de 70% da MDO_S (item 10.1) - 70% da máxima disponibilidade para outorga na seção S, genérica.

Refazendo os passos de 5.9.b e 5.9.c:

Usos nas Sub-bacias → Edita novos usos e modificados → Relação dos Novos Usos →
 → “**Uso_48.01_CA**” → **Editar** → “**Dados do Uso**”

Na seção desse usuário, $MDO = 120,75 - 60,37 = 60,37 \rightarrow 0,7 \cdot 60,37 = 42,2$

→ Inserir **Q outorgada = 42,2** m³/h → “**Calcula Vazão**” → “**OK**”

Verificar o gráfico do caminho T52 – T48: há sobra de vazões para outorga a montante da seção da captação inserida no T48.

Inserir captação no T52:

Usos nas Sub-bacias → Edita novos usos e modificados → Relação dos Novos Usos →
 → “**8B3F6402...**” → **Editar** → “**Dados do Uso**”

Na seção desse usuário, $MDO = 37,08 - 18,54 = 18,54 \rightarrow 0,7 \cdot 18,54 = 13,0$

→ Inserir **Q outorgada = 13,0** m³/h → “**Calcula Vazão**” → “**OK**”

Chamar o gráfico do caminho T52 – T48. Verificar que ainda resta disponibilidade vazões para outorga a montante do uso do T48 e a montante do uso do T52.

Analisar, na planilha calculada, os resultados das seções dos trechos 52, 50, 48: permanecem superávits nas seções.

Nota: os 60,37 m³/h da captação do item 5.9.b (área de drenagem = 13,9 km²) poderiam irrigar uma área de uns 35 ha, ou seja, seriam necessários 1390 ha para suprir a necessidade de 35 ha: 40 ha de bacia hidrográfica para sustentar 1 ha de agricultura irrigada.

Comentário: a imposição de um redutor para a máxima vazão outorgável a um único empreendedor, em uma bacia ou sub-bacia hidrográfica, promove uma melhor distribuição do recurso hídrico disponível aos usuários, preservando vazões e oportunidades.

Atenção: ao final, desfazer as inserções, retornando 48.01_CA para CA = 0 e 8B3F6402 para CA = 0.

5.10 Q MÍNIMA PARA JUSANTE DE RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO E DE CAPTAÇÕES A FIO D'ÁGUA.

Nos trechos T52, T50 e T48, introduzir captações no valor respectivo de 16, 60 e 17 m³/h, nessa ordem de entrada, considerando $Q_{\text{mín}} = \frac{1}{2} Q_{7,10}$ em qualquer seção, tanto para usos a fio d'água como para reservatórios de regularização.

De forma semelhante, introduzir captações de 16, 60 e 60 m³/h, nessa ordem, nos mesmos trechos acima, considerando $Q_{\text{mín}} = \frac{1}{2} Q_{7,10}$ nas seções a fio d'água e $Q_{\text{mín}} = 100\% Q_{7,10}$ nas seções de reservatórios de regularização.

Analisar, nos dois casos, as consequências para jusante do cancelamento das captações do trecho T50 onde se havia instalado captações com reservatórios de regularização.

a) Introdução de captações – condição $Q_{\text{mín}} = \frac{1}{2} Q_{7,10}$ para todas as seções.

Menu Principal → **Usos na bacia** → **Edita novos usos e modificados**

Tabela “**Novos Usos para Verificação do Balanço Hídrico**” com a “**Relação dos Novos Usos**”.

1ª entrada de CA – trecho T52

Clicar no uso “**8B3F6402...**” e no botão “**Editar**”.

Janela para edição: “**Dados do Uso**”.

Q out: 16 m³/h (entrada) → **Reserv de Regularização:** Não → Calcula Vazões

2ª entrada de CA – trecho T50

Usos na bacia → **Edita novos usos e modificados** → **Relação dos Novos Usos**

Clicar no uso “**Uso_50.01_CA...**” → “**Editar**”.

Janela: “**Dados do Uso**”.

Q out: 60 m³/h (entrada) → **Reserv de Regularização:** SIM →

Q Jus → => ® Q mín → Calcula Vazões

3ª entrada de CA – trecho T48 (outorgar o máximo permitido)

Usos na bacia → **Edita novos usos e modificados** → **Relação dos Novos Usos**

Clicar no uso “**Uso_48.01_CA...**” → “**Editar**” → Janela “**Dados do Uso**”.

Observar CA máxima que poderíamos outorgar a fio d'água nessa seção:

Q Disp Bal – Q mín = 77,49 – 60,37 = 17,12 m³/h

Entrar com **Q out:** 17 m³/h → **Reserv de Regularização:** Não → Calcula Vazões

Verificar, por meio de “Gráfico” a condição do “caminho” abrangido pelos trechos 52 a 46.

Menu Principal → **Resultados** → **Gráfico**

(Se já houver um caminho assinalado no mapa, o aplicativo pergunta se é para manter o mesmo ou se quer analisar outro caminho).

O cursor assume o formato de cruz. Clicar no rio do trecho 52 e, após, clicar no rio do trecho 46.

Surge o gráfico do caminho 52 – 46. Observar o traçado da Q Disp Balanço em relação à Q mínima.

Agora, em **Resultados**, clicar em **Última Planilha Calculada**.

Na planilha, analisar os resultados dos trechos 52, 50 e 48.

Na seção da CA inserida no T52, resultou um Superávit de 2,54 m³/h (apenas).

Na seção da CA inserida no T50, devido ao reservatório de regularização e à imposição de $Q_{\text{mín}} = \frac{1}{2} Q_{7,10}$, resultou $Q_{\text{Disp Jus}} = Q_{\text{mín}}$ (Superávit = 0 = Déficit).

Na seção da CA inserida no T48, resultou um Superávit de 0,12 m³/h (apenas!!).

Toda a disponibilidade foi comprometida, praticamente.

Nota importante: uma das consequências da inserção do reservatório de regularização em **Uso_50.01_CA** é que resulta uma diferença entre

$$\mathbf{Q\ Disp\ Bal} \text{ (entrada da seção) – } \mathbf{Q\ mín} \text{ (saída) = CA aparente a fio d'água na seção} \\ = 70,51 - 43,25 = 27,26 \text{ m}^3/\text{h}$$

Esse é o valor da retirada de vazão na seção 50.01 (do T50) utilizado nos cálculos do balanço.

b) O irrigante denominado “**Uso_50.01_CA**”, que captava **60 m³/h**, e que instalou o reservatório de regularização, pede cancelamento da outorga (retira os equipamentos, por qualquer motivo). Como consequência, o reservatório não é mais operado. O uso torna-se simplesmente um barramento sem captação e, nessa seção, passa a ocorrer **Q Disp Bal** (na entrada da seção) = **Q Disp Jus** (na saída).

Retirada do **Uso** do Cenário.

Usos na bacia → **Edita novos usos e modificados** → **Relação dos Novos Usos**

Clicar no uso “**Uso_50.01_CA...**” → “**Editar**”.

Janela: “**Dados do Uso**”.

Q out: 0 m³/h (entrada) → **Reserv de Regularização:** NÃO

Verificar novamente, por meio de “Gráfico”, a condição do “caminho” abrangido pelos trechos 52 a 46.

Menu Principal → **Resultados** → **Gráfico**

O cursor assume o formato de cruz. Clicar no rio do trecho 52 e, após, clicar no rio do trecho 46. Surge o gráfico do caminho 52 – 46. Observar o traçado da Q Disp Balanço em relação à Q mínima.

Verificar pela planilha: **Resultados** → **Última Planilha Calculada**.

Na planilha, analisar os resultados dos trechos 52, 50 e 48.

Na seção da CA inserida no T52, permaneceu o Superávit = 2,54 m³/h.

Na seção do T50, com a retirada da CA = 60 m³/h, mas que impactava a contabilidade no valor de uma retirada (aparente) de 27,25 m³/h, resultou: Superávit = 27,25 m³/h (Q Disp Bal – Q mín).

Na seção da CA inserida no T48, o Superávit que era de 0,12, com o acréscimo dos 27,25 liberados a montante, aumentou para 27,37 m³/h (27,25 + 0,12).

c) Introdução de captações com a condição de **Q mín = 1/2 Q_{7,10}**, para seções com captações a fio d'água e **Q imposta para jusante = 100% Q_{7,10}**, para jusante de reservatórios de regularização.

Menu Principal → **Usos na bacia** → **Edita novos usos e modificados**

Tabela “**Novos Usos para Verificação do Balanço Hídrico**” com a “**Relação dos Novos Usos**”.

1ª entrada de CA – trecho T52 (idem anterior)

Uso “**8B3F6402...**” → “**Editar**” → “**Dados do Uso**”.

Q out: 16 m³/h (entrada) → **Reserv de Regularização:** Não → Calcula Vazões

2ª entrada de CA – trecho T50

Usos na bacia → **Edita novos usos e modificados** → **Relação dos Novos Usos**

Uso “**Uso_50.01_CA...**” → “**Editar**” → “**Dados do Uso**”.

Q out: 60 m³/h (entrada) → **Reserv de Regularização:** SIM

Q imposta → = Q_{7,10} Seção = 86,51 = Q Disp Nat → Calcula Vazões

3ª entrada de CA – trecho T48 (outorgar o máximo permitido ou próximo de)

Usos na bacia → **Edita novos usos e modificados** → **Relação dos Novos Usos**

Uso “**Uso_48.01_CA...**” → “**Editar**” → “**Dados do Uso**”.

Observar a CA máxima que poderíamos outorgar a fio d’água nessa seção:

Q Disp Bal – Q mín = 120,75 – 60,37 = 60,38 m³/h

Entrar com **Q out: 60 m³/h** → **Reserv de Regularização: Não** → **Calcula Vazões**

Verificar, por meio de “Gráfico” a condição do “caminho” abrangido pelos trechos 52 a 46.

Menu Principal → **Resultados** → **Gráfico** (Clicar no trecho 52 e no trecho 46).

Observar o traçado da Q Disp Balanço em relação à Q mínima.

Na planilha, analisar os resultados dos trechos 52, 50 e 48.

Menu Principal → **Resultados** → **Última Planilha Calculada**

Seção da CA inserida no T52: resulta Superávit = 2,54 m³/h.

Seção da CA inserida no T50: devido ao reservatório de regularização, com a imposição de Q mín para jusante = 100% Q_{7,10}, resultou Q Disp Jus = Q Disp Nat = 86,51 m³/h.

Seção da CA inserida no T48: resultou um Superávit de 0,38 m³/h.

Aqui também, quase toda a disponibilidade foi comprometida.

Nota: perceber o que a Q Disp Bal na seção do reservatório é 70,51 m³/h, inferior à Q Disp Jus, que passou para 86,51 (igual à Q Disp Nat = Q_{7,10}). O efeito dessa solução é o da geração de disponibilidade hídrica pelo reservatório de regularização e a consequência disso podemos analisar a seguir.

d) Vamos repetir a retirada da captação do T50.

O irrigante denominado “**Uso_50.01_CA**”, que captava 60 m³/h, e que instalou o reservatório de regularização, pede cancelamento da outorga, retira os equipamentos e vende a propriedade. Como consequência, o reservatório não é mais operado. O uso torna-se simplesmente um barramento sem captação e, nessa seção, passa a ocorrer **Q Disp Bal** (na entrada da seção) = **Q Disp Jus** (na saída).

Retirada do **Uso** do “Cenário”.

Usos na bacia → **Edita novos usos e modificados** → **Relação dos Novos Usos**

→ “**Uso_50.01_CA...**” → “**Editar**” → “**Dados do Uso**”

Q out: 0 m³/h (entrada) → **Reserv de Regularização: NÃO**

Verificar novamente, por meio de “Gráfico”, a condição do “caminho” abrangido pelos trechos 52 a 46.

Menu Principal → **Resultados** → **Gráfico**

Observar o traçado da Q Disp Balanço em relação à Q mínima. O trecho 48 ficou comprometido com a perda da geração “temporária” de água pelo reservatório.

Verificar as seções dos trechos 52, 50 e 48 na planilha: **Resultados** → **Última Planilha Calculada**.

Na seção da CA inserida no T52, permaneceu (inalterado) o Superávit = 2,54 m³/h.

Na seção do T50, com a retirada da CA = 60 m³/h, que impactava a contabilidade com um acréscimo de vazão de 16 m³/h (86,51 – 70,51), ocorreu uma redução na vazão de saída da seção, a Q Disp Jus, de 86,51 para 70,51 m³/h, resultando um Superávit = 27,25.

Na seção da CA inserida no T48, o Superávit que era de 0,38, com o decréscimo de 16 m³/h da seção Uso_50.01_CA, resultou num Déficit de 15,62 m³/h (0,38 – 16,0)!!!!

Devido a esse tipo de consequência, não se deve exigir diferentes magnitudes de vazões mínimas a serem mantidas para jusante das seções dos usos. Além de falsificar a disponibilidade hídrica natural, inserem desigualdades entre os usuários, como se pode ver no exemplo, em que o Uso_50.01_CA tem de compensar as retiradas da captação a montante, na seção Uso_52.01_CA. Deve haver isonomia no tratamento dos usuários.

No caso de obras de maior porte, como grandes barragens com reservatórios de regularização de vazões, é possível estabelecer restrições para a manutenção de vazões mínimas a jusante dos aproveitamentos. Por seu porte e condição de segurança, com baixo risco de obsolescência ou colapso, essas infraestruturas, e seus efeitos, têm duração de muitas décadas. Alguns casos podem ser citados: os aproveitamentos dos Sistemas Cantareira e Alto Tietê e os aproveitamentos hidrelétricos do rio Tietê.

5.11 DISTRIBUIÇÃO EQUITATIVA DAS VAZÕES DISPONÍVEIS ENTRE USUÁRIOS DE UMA UNIDADE DE BALANÇO.

Três usuários solicitam a intervenção do DAEE para que a totalidade da disponibilidade hídrica de superfície de uma sub-bacia seja distribuída igualmente entre eles.

- a) Vamos fazer o exercício nos trechos T52, T50 e T48.

No trecho T52 temos o usuário “8B3F6402...”, que vamos denominar “52.1”.

No trecho T50 temos o usuário “50.1” e no T48, o usuário “48.1”.

Dados (da planilha calculada):

Seção	L _{Foz} (km)	A (km ²)	Q DN	Q mín	MDO
52.1	1,49	4,27	120,75	37,08	18,54
50.1	0,94	9,97	86,5	43,25	43,25
48.1	0,5	13,91	120,75	60,37	60,37

$$MDO = MDO_{esp} \cdot A$$

Acessar o gráfico do caminho T52 – T48: com as captções “zeradas”, temos apenas as linhas de Q Disp Nat e Q mín.

Como resolver a questão da isonomia entre os usuários situados diferentes pontos do talvegue e, portanto, em seções que delimitam distintas sub-bacias.

1) Os 3 usuários querem derivar toda a disponibilidade para outorga:

$CA_{52.1} + CA_{50.1} + CA_{48.1} =$ máxima disponibilidade na seção limite de jusante do “problema”, ou seja

$$CA_{52.1} + CA_{50.1} + CA_{48.1} = MDO_{48.1} = MDO_{esp} \cdot A_{48.1} \dots\dots\dots (1)$$

Se querem esgotar toda a disponibilidade para outorga, é como se os três fossem deslocados para a seção de captação mais a jusante.

A questão é: como determinar a magnitude de cada captação e manter uma mesma condição para todos?

2) Para ser equitativo, é necessário que a **relação** entre vazão de captação e o máximo disponível para outorga em cada seção seja a mesma em todas as seções das três captções pretendidas. Ou seja:

$$CA_{52.1} / MDO_{52.1} = CA_{50.1} / MDO_{50.1} = CA_{48.1} / MDO_{48.1}$$

$$\text{ou } CA_{52.1} / MDO_{esp} \cdot A_{52.1} = CA_{50.1} / MDO_{esp} \cdot A_{50.1} = CA_{48.1} / MDO_{esp} \cdot A_{48.1}$$

Resultando na igualdade

$$CA_{52.1} / A_{52.1} = CA_{50.1} / A_{50.1} = CA_{48.1} / A_{48.1} \dots\dots\dots (2)$$

Desenvolvendo para a seção mais a montante, CA52.1, substituindo as igualdades de (2) em (1),

$$CA_{52.1} + CA_{52.1} (A_{50.1}/A_{52.1}) + CA_{52.1} (A_{48.1}/A_{52.1}) = MDO_{esp} A_{48.1}$$

Substituindo e resolvendo, temos

$$CA_{52.1} = [A_{52.1} / (A_{52.1} + A_{50.1} + A_{48.1})] \cdot MDO_{esp} \cdot A_{48.1}$$

Da mesma forma, resulta

$$CA_{52.1} = [A_{50.1} / (A_{52.1} + A_{50.1} + A_{48.1})] \cdot MDO_{esp} \cdot A_{48.1}$$

$$CA_{48.1} = [A_{48.1} / (A_{52.1} + A_{50.1} + A_{48.1})] \cdot MDO_{esp} \cdot A_{48.1}$$

Como $MDO_{esp} \cdot A_{48.1} = 60,37 \text{ m}^3/\text{h}$, $A_{52.1} = 4,27$, $A_{50.1} = 9,97$, $A_{48.1} = 13,91$

e $A_{52.1} + A_{50.1} + A_{48.1} = 28,15 \text{ km}^2$

Resulta $CA_{52.1} = 9,15 \text{ m}^3/\text{h}$ $CA_{50.1} = 21,38 \text{ m}^3/\text{h}$ e $CA_{48.1} = 29,83 \text{ m}^3/\text{h}$

Verificando as condições das igualdades (1) e (2)

(1): $9,15 + 21,38 + 29,83 = 60,36 = MDO_{48.1} = 60,37 \text{ m}^3/\text{h}$

(2): $9,15 / 18,54 = 21,38 / 43,25 = 29,83 / 60,37 = 0,494$

b) Inserir as vazões determinadas acima por meio do caminho

Usos nas Sub-bacias → Edita novos usos e modificados → Relação dos Novos Usos

e verificar os resultados no “Gráfico” do caminho T52 – T48 e na Última Planilha Calculada.

Comentário final: seguindo a mesma lógica das relações de proporcionalidade ponderada pelas áreas de drenagem, é possível solucionar casos em que vários usuários causam déficits e determinar qual percentagem do déficit é devido a qual usuário, e outros casos nos quais é preciso distribuir responsabilidades de forma proporcional e equitativa.

SSD-Outorga-DAEE
 Desenvolvido por Honório Lisboa Neto
 LabSid - Laboratório de Sistemas de Suporte à Decisão
 Escola Politécnica - USP

Curso ministrado em novembro e dezembro de 2012 por:
 Silvana Susko Marcellini - FCTH
 Francisco N. Gusso e Mario K. Nakashima - DAEE/DPO