

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC  
Departamento de Engenharia Civil  
Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - LabEEE

# Netuno 4

## Manual do Usuário

Enedir Ghisi  
Marcelo Marcel Cordova

Florianópolis, Junho de 2014

# Netuno 4

## Manual do Usuário

---

Prof. EneDir Ghisi, PhD

[enedir@labeee.ufsc.br](mailto:enedir@labeee.ufsc.br) (criação)

Marcelo Marcel Cordova, Eng.

[cordova.mm@gmail.com](mailto:cordova.mm@gmail.com) (programação, com apoio do PIBIC/CNPq/UFSC e FINEP)

# Sumário

1. Introdução .....	5
2. Arquivos para acompanhamento dos exemplos .....	6
3. Simulação de sistemas de captação de água pluvial – Entrada dos dados.....	7
3.1. Dados de precipitação.....	7
3.2. Área de captação .....	8
3.3. Demanda total de água .....	8
3.4. Número de moradores .....	9
3.5. Percentual da demanda total a ser suprida por água pluvial.....	10
3.6. Coeficiente de escoamento superficial.....	10
3.7. Reservatório superior.....	11
3.8. Reservatório inferior.....	12
3.8.1. Simulação para reservatório com volume conhecido .....	12
3.8.2. Simulação para reservatórios com diversos volumes.....	13
4. Simulação de sistemas de captação de água pluvial – Método.....	14
4.1. Simulação com reservatório inferior e sem reservatório superior .....	14
4.2. Simulação com reservatórios inferior e superior .....	16
4.3. Determinação do volume ideal.....	18
5. Análise econômica .....	21
5.1. Volume do reservatório inferior .....	22
5.2. Tarifas de água e esgoto.....	23
5.3. Estimativas de consumo de água .....	26
5.4. Custos iniciais .....	27
5.5. Custos operacionais.....	28
5.5.1. Motobomba.....	28
5.5.2. Outros custos operacionais .....	31

5.6. Simulação e fluxo de caixa (economias e custos mensais) .....	34
6. Simulação de cenários .....	37
7. Exemplos de utilização do Netuno .....	39
7.1. Caso sem reservatório superior .....	39
7.2. Caso com reservatórios superior e inferior.....	41
7.3. Intervalo de volumes para reservatório inferior .....	42
7.3.1. Caso com reservatório inferior ótimo não determinado .....	47
7.4. Caso com análise econômica .....	49
7.5. Simulação de cenários .....	51
8. Erros eventuais .....	58
9. Leitura complementar.....	59
10. Referências .....	62

## 1. Introdução

---

O Netuno é um programa computacional utilizado para simulação de sistemas de captação de águas pluviais. Através de dados que permitem uma modelagem adequada do sistema são apresentados resultados como a relação entre o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial e a capacidade do reservatório, o volume extravasado de água pluvial, entre outros. Como os dados de precipitação devem ser fornecidos em uma base diária, as simulações são calculadas nessa base e os resultados são apresentados em base diária e mensal, a fim de facilitar a análise de comportamentos sazonais do sistema de captação de águas pluviais.

A metodologia utilizada baseia-se em modelos comportamentais, ou seja, a simulação é feita para um conjunto de variáveis conhecidas. Esses modelos diferem, por exemplo, de modelos estocásticos.

Além da simulação de sistemas de captação de águas pluviais, o Netuno também permite a realização de análises econômicas para o sistema simulado. Com a detalhada modelagem desenvolvida, pode-se obter estimativas precisas dos custos e economias envolvidos.

Também está disponível um módulo para simulação de cenários de sistemas de captação de águas pluviais. Nesse módulo, combinações de variáveis podem ser criadas rapidamente, de modo que, em estudos cujo número de simulações é elevado, o tempo de preparação dos dados, simulação e análise pode ser reduzido.

## 2. Arquivos para acompanhamento dos exemplos

---

Para facilidade de acompanhamento dos exemplos mostrados neste Manual, alguns arquivos estão disponíveis na mesma área do site do LabEEE onde está este Manual e o Netuno. A pasta Dados de Precipitação contém três arquivos:

- precFpolis\_2002\_2011.csv;
- precSantanaDolpanema\_2002\_2011.csv;
- precSantos\_1994\_2003.csv.

Tais arquivos contêm dados de precipitação dos municípios de Florianópolis, Santana do Ipanema e Santos, respectivamente. No Capítulo 7 serão apresentados exemplos que utilizarão esses dados.

A pasta Simulação contém cinco arquivos:

- Sim1Manual.csv;
- Sim2Manual.csv;
- Sim3Manual.csv;
- Sim4Manual.csv;
- Sim5Manual.csv.

Esses arquivos contêm diferentes simulações de sistemas de captação de águas pluviais, e também serão utilizados nos exemplos do Capítulo 7.

## 3. Simulação de sistemas de captação de água pluvial – Entrada dos dados

---

Neste capítulo serão apresentados os dados de entrada para a simulação de sistemas de captação de água pluvial do Netuno.

O objetivo desta seção não é entrar na parte metodológica da simulação, mas detalhar o papel de cada variável nas simulações.

### 3.1. Dados de precipitação

O algoritmo utilizado na simulação de sistemas de captação de água pluvial do Netuno considera dados diários de precipitação.

Como esses dados costumam ter milhares de registros, sua utilização no programa se dá através de um arquivo externo, em formato CSV (Valores Separados por Vírgulas). Este tipo de arquivo pode ser manipulado tanto em editores simples de texto, como o Bloco de Notas, quanto em planilhas, como o Microsoft Excel.

No Microsoft Excel, para exportar uma planilha em formato CSV, basta ir em “Salvar Como” e, no campo “Tipo”, escolher “CSV (Separado por vírgulas)”.

O arquivo com dados de precipitação deve estar em formato de vetor-coluna, ou seja, um dado por linha.

Para maior confiabilidade do resultado da simulação, os dados não devem conter descontinuidades, ou seja, dias em que não há dados de precipitação. Caso haja células vazias, o Netuno assumirá que não houve precipitação nesses dias.

Além do vetor com os dados de precipitação, o Netuno requer a data inicial desses dados, a fim de fornecer resultados para cada mês do ano.

Também se exige a definição do descarte da precipitação inicial (em mm). Caso a precipitação em um dado dia esteja abaixo desse valor, o Netuno considerará que não houve precipitação. Esta é uma forma de se simular o descarte da primeira chuva para se evitar o carregamento de sujeira acumulada nos telhados para o reservatório, por exemplo.

Os dados descritos são inseridos através dos campos apresentados na Figura 1. Para iniciar a entrada de dados, clique na célula à direita de "Carregar dados de

precipitação" e escolha o arquivo desejado. O número de registros será preenchido automaticamente de acordo com a quantidade de dados de precipitação existente no arquivo.

Carregar dados de precipitação	
Número de registros	
Data inicial (dd/MM/yyyy)	
Descarte escoamento inicial (mm)	

Figura 1 – Interface principal para carregar os dados de precipitação pluviométrica e iniciar o processo de entrada de dados.

A obtenção dos dados pluviométricos, em base diária, é de responsabilidade do usuário do Netuno. Há uma extensa base de dados de precipitação pluviométrica de municípios brasileiros disponível no site da Agência Nacional de Águas ([hidroweb.ana.gov.br](http://hidroweb.ana.gov.br)). No entanto, os dados devem ser formatados adequadamente para serem usados no Netuno (vetor-coluna e extensão CSV).

### 3.2. Área de captação

A área de captação de água pluvial é dada, segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), pela soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação representada pela projeção horizontal da cobertura da edificação. A unidade da área de captação a ser usada no Netuno é o m<sup>2</sup>.

### 3.3. Demanda total de água

A demanda total de água representa a quantidade de água necessária para atender as necessidades dos usuários da edificação. Esse dado pode ser:

- Fixo, onde se deve definir a demanda diária de água potável per capita;
- Variável, onde a demanda pode ser diária (em litros per capita/dia) ou mensal (litros/mês). A janela para entrada de dados deste segundo caso é apresentada na Figura 2.

Demanda variável

Periodicidade dos dados

Diária  Mensal

Período de repetição

12

Mês	Demanda total de água (litros/mês)
Jan	
Fev	
Mar	
Abr	
Mai	
Jun	
Jul	
Ago	
Set	
Out	
Nov	
Dez	

Figura 2 – Interface para demanda de água variável.

Demanda em base mensal será convertida em base diária automaticamente pelo Netuno, de acordo com a quantidade de dias em cada mês.

Os dados de demanda variável podem ser inseridos manualmente (preenchendo as células) ou carregados diretamente de um arquivo em formato CSV, através do botão “Carregar arquivo”. O primeiro dia da demanda variável será o mesmo da "data inicial" do arquivo de precipitação.

### 3.4. Número de moradores

O número de moradores é utilizado para calcular a demanda diária total de água para cada caso.

Este dado é inserido no programa Netuno por meio do número total de moradores da residência ou usuários da edificação.

Caso selecione-se, para uma determinada simulação, a demanda total de água como variável e com periodicidade mensal, este valor é automaticamente definido como 1, pois as demandas totais considerarão implicitamente o número de moradores na edificação.

O número de moradores variável pode ser inserido manualmente (preenchendo as células) ou carregado diretamente de um arquivo em formato CSV, através do botão “Carregar arquivo”.

### **3.5. Percentual da demanda total a ser suprida por água pluvial**

Este dado é definido a partir de estudos sobre usos finais de água em edificações e representa a porcentagem da demanda de água que pode ser suprida por água pluvial.

Com esse percentual é possível calcular a demanda diária de água pluvial.

O valor inserido no Netuno deve ser maior que zero e menor ou igual a 100. Valores predefinidos em intervalos de 10% estão disponíveis na interface do Netuno. Para valores diferentes, utiliza-se a opção “Outro valor”, disponível logo abaixo de 100%.

### **3.6. Coeficiente de escoamento superficial**

O coeficiente de escoamento superficial é utilizado para representar o percentual do volume total de precipitação que é coletado pelo sistema de água pluvial. Assim, desconsidera-se o volume de água pluvial perdido por absorção e evaporação ao atingir a superfície de captação.

Este coeficiente depende principalmente do tipo de superfície para captação de água pluvial (telha cerâmica, telha metálica etc). Caso o usuário não esteja familiarizado com este coeficiente, deve buscar dados na literatura. A dissertação de mestrado de Vinicius Luis Rocha contém alguns dados (a referência completa está disponível no capítulo 9 deste Manual).

O valor inserido deve ser maior que zero e menor ou igual a 1. Valores predefinidos em intervalos de 0,1 estão disponíveis na interface do Netuno. Para valores diferentes, utiliza-se a opção “Outro valor”, disponível logo abaixo de "1 (100% de aproveitamento)".

### 3.7. Reservatório superior

Em um sistema de captação de águas pluviais pode ou não existir um reservatório superior. Caso não exista, se supõe que a água pluvial armazenada é consumida diretamente do reservatório inferior. Caso exista, considera-se que a água pluvial é armazenada no reservatório inferior, recalçada para o reservatório superior e destinada aos pontos de consumo.

Para a entrada de dados no Netuno, se não houver reservatório superior, basta selecionar a opção “Não utilizar reservatório superior”, como mostra a Figura 3.

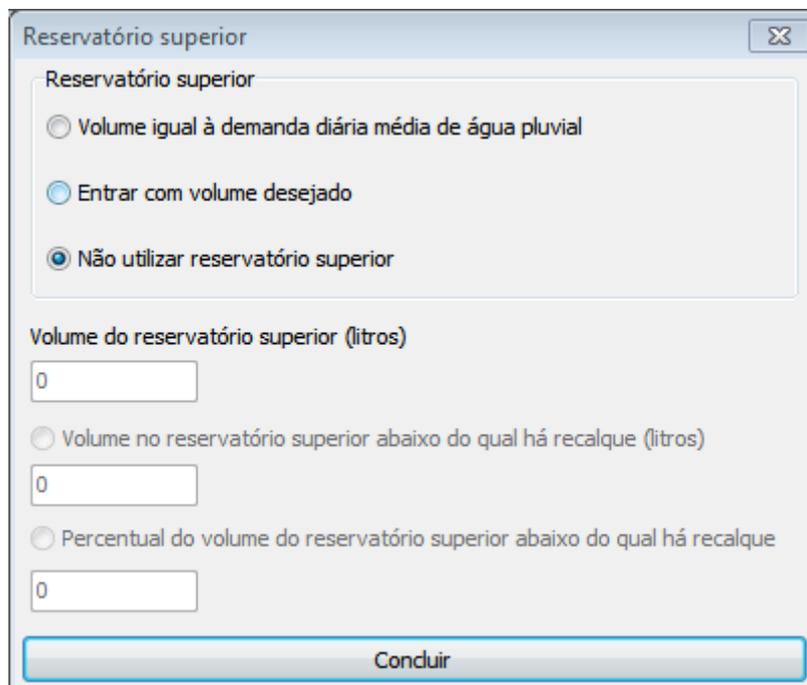


Figura 3 – Interface para escolha da capacidade do reservatório superior.

Caso se queira considerar um reservatório superior, pode-se especificar seu volume, através da opção “Entrar com volume desejado”; ou deixar que o Netuno escolha esse volume, que é definido como sendo igual à demanda diária média de água pluvial. Utiliza-se a demanda diária média, pois tanto a demanda de água potável quanto o número de moradores podem ser variáveis.

Esse volume, portanto, é calculado por meio da Equação (2.1).

$$V_{res\ sup} = d \cdot n_{mor} \cdot \frac{P_{subst}}{100} \quad (2.1)$$

Em que:

- $V_{res.sup}$  é o volume do reservatório superior, definido pelo Netuno, em litros;
- $d$  é a demanda de água per capita/dia, em litros;
- $n_{mor}$  é o número de moradores da edificação;
- $P_{subst}$  é o percentual da demanda total de água que pode ser suprida por água pluvial, em %.

Ainda no caso em que existe um reservatório superior, deve-se determinar o volume de água no reservatório superior abaixo do qual há recalque do reservatório inferior para o superior. Pode-se entrar com esse dado em valor absoluto, em litros, ou em valor relativo, em % do volume do reservatório superior.

Para exemplificar, considerando-se um reservatório superior de 500 litros, se o usuário escolher como “Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque” um valor de 50%, só haverá recalque do reservatório inferior para o superior quando a quantidade de água no reservatório superior for menor que 250 litros.

### **3.8. Reservatório inferior**

O Netuno permite a entrada deste dado de duas formas distintas:

- Reservatório com volume definido pelo usuário, através da opção “Simulação para reservatório com volume conhecido”;
- Reservatório não definido ou definido pelo Netuno, através da opção “Simulação para reservatórios com diversos volumes”.

#### **3.8.1. Simulação para reservatório com volume conhecido**

Neste caso, o usuário indica o volume do reservatório inferior e o Netuno calcula os seguintes valores médios para o período de análise:

- Potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial;
- Percentual de dias em que a demanda de água pluvial é atendida completamente;
- Percentual de dias em que a demanda de água pluvial é atendida parcialmente;
- Percentual de dias em que a demanda de água pluvial não é atendida.

Também são determinadas, através do botão “Valores mensais”, as médias mensais das variáveis supracitadas, além dos seguintes dados:

- Volume consumido de água pluvial (média diária);
- Volume consumido de água potável (média diária);
- Volume extravasado de água pluvial (média diária);
- Média diária de recalques, caso haja um reservatório superior.

O período de análise é igual ao período correspondente aos dados de precipitação.

### **3.8.2. Simulação para reservatórios com diversos volumes**

Para realizar a simulação, deve-se definir o “Volume máximo (litros)” da simulação e o “Intervalo entre volumes (litros)”. Por exemplo, se o volume máximo for 10.000 litros, e o intervalo for 250 litros, serão feitas simulações para 0, 250, 500, ..., 9.750 e 10.000 litros.

A opção “Indicar volume ideal para o reservatório inferior” está desmarcada por padrão. Caso seja selecionada, é necessário preencher o campo “Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m<sup>3</sup>)” para a determinação do volume ideal. Na Seção 4.3 é apresentado o método utilizado para determinar o volume ideal do reservatório inferior.

Neste caso, o resultado da simulação será um gráfico de potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial em função dos diversos volumes do reservatório inferior.

Além do gráfico de potencial de abastecimento por água pluvial, na janela “Simulação para reservatórios com diversos volumes” também podem ser gerados gráficos de consumo de água pluvial (através do botão “Consumo de água pluvial”), volume extravasado (através do botão “Volume extravasado”) e atendimento da demanda de água pluvial (através do botão “Atendimento de água pluvial”).

Todos os resultados da simulação podem ser visualizados através do botão “Planilha de dados”. Esta planilha também pode ser exportada (em formato CSV).

## 4. Simulação de sistemas de captação de água pluvial – Método

Nesta seção será apresentado o método empregado na simulação de um sistema de captação de água pluvial. Há algumas diferenças entre o caso somente com um reservatório inferior, e o caso com um reservatório inferior e um superior.

Esses dois casos serão apresentados na sequência.

### 4.1. Simulação com reservatório inferior e sem reservatório superior

O volume de água pluvial que escoar pela superfície de captação em um dado dia é obtido por meio da Equação (4.1).

$$V_{ac}^i = P_i \cdot A \cdot C \quad (4.1)$$

Em que:

$V_{ac}^i$  é o volume de água que escoar pela superfície de captação em um dado dia  $i$ , em litros;

$P_i$  é a precipitação pluviométrica no dia  $i$ , em mm;

$A$  é a área de captação, em  $m^2$ ;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial, adimensional, entre 0 e 1.

O volume disponível no reservatório após a captação de água pluvial, e antes do consumo, é dado por meio da Equação (4.2).

$$V_{inf\ in}^i = \min \begin{cases} V_{inf} \\ V_{inf\ fim}^{i-1} + V_{ac}^i \end{cases} \quad (4.2)$$

Em que:

$V_{inf\ in}^i$  é o volume disponível no reservatório no início do dia, em litros;

$V_{inf}$  é o volume do reservatório, em litros;

$V_{inf\ fim}^{i-1}$  é o volume disponível no reservatório no final do dia anterior, em litros;

$V_{ac}^i$  é o volume de água que escoar pela superfície de captação em um dado dia  $i$ , em litros.

O volume de água pluvial consumido em um dia é dado por meio da Equação (4.3).

$$V_c^i = \min \begin{cases} D_{pluv}^i \\ V_{inf\ in}^i \end{cases} \quad (4.3)$$

Em que:

$V_c^i$  é o volume de água pluvial consumido no dia  $i$ , em litros;

$D_{pluv}^i$  é a demanda de água pluvial no dia  $i$ , em litros;

$V_{inf\ in}^i$  é o volume disponível no reservatório no início do dia, em litros.

Após o consumo, o volume de água pluvial disponível no reservatório é dado por meio da Equação (4.4).

$$V_{inf\ fim}^i = \min \begin{cases} V_{inf\ in}^i - V_c^i \\ V_{inf} - V_c^i \end{cases} \quad (4.4)$$

Em que:

$V_{inf\ fim}^i$  é o volume de água pluvial disponível no reservatório ao final do dia, em litros;

$V_{inf\ in}^i$  é o volume disponível no reservatório no início do dia, em litros;

$V_c^i$  é o volume de água pluvial consumido no dia  $i$ , em litros;

$V_{inf}$  é o volume do reservatório, em litros;

$V_c^i$  é o volume de água pluvial consumido no dia  $i$ , em litros.

As equações acima são calculadas para todos os dados de precipitação disponibilizados pelo usuário. Também são determinadas variáveis adicionais:

- Volume extravasado: caso  $V_{ac}^i + V_{inf\ fim}^i > V_{inf}$ , haverá extravasamento, dado por meio da Equação (4.5);

$$V_{ext}^i = V_{inf\ fim}^i - V_{inf\ in}^i + V_{ac}^i \quad (4.5)$$

Em que:

$V_{ac}^i$  é o volume de água que escoar pela superfície de captação em um dado dia  $i$ , em litros;

$V_{inf\ in}^i$  é o volume disponível no reservatório no início do dia, em litros;

$V_{inf\ fim}^i$  é o volume de água pluvial disponível no reservatório ao final do dia, em litros;

$V_{inf}$  é o volume do reservatório, em litros;

$V_{ext}^i$  é o volume extravasado no dia  $i$ , em litros;

- Se  $V_c^i = D_{pluv}^i$ , a demanda de água pluvial foi atendida completamente no dia  $i$ ;

Em que:

$V_c^i$  é o volume de água pluvial consumido no dia  $i$ , em litros;

$D_{pluv}^i$  é a demanda de água pluvial no dia  $i$ , em litros.

- Se  $0 < V_c^i < D_{pluv}^i$ , a demanda de água pluvial foi atendida parcialmente no dia  $i$ ;
- Se  $V_c^i = 0$ , a demanda de água pluvial não foi atendida no dia  $i$ .

Como a demanda total de água é um dado de entrada, pode-se determinar o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento da água pluvial através da Equação (4.6).

$$E_{pot} = 100 \cdot \sum_{i=1}^N \frac{V_c^i}{D_{tot}^i} \quad (4.6)$$

Em que:

$E_{pot}$  é o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento da água pluvial, em %;

$V_c^i$  é o volume de água pluvial consumido no dia  $i$ , em litros;

$D_{tot}^i$  é a demanda total de água no dia  $i$ , em litros.

Como um dos dados de entrada é a data inicial dos dados de precipitação, e se assume que os dados são contínuos, as variáveis acima (volume consumido de água pluvial, volume consumido de água potável, volume extravasado, e se houve atendimento total, parcial ou nulo) são determinadas para cada mês do ano.

## 4.2. Simulação com reservatórios inferior e superior

A principal diferença com relação ao caso anterior é que, com a existência de dois reservatórios, a água captada é armazenada primeiramente no reservatório inferior, recalçada para o superior, e só então pode ser consumida.

Tanto o volume de água pluvial que escoar pela superfície de captação,  $V_{ac}^i$ , quanto o volume disponível no reservatório após a captação de água pluvial,  $V_{inf\ fim}^i$ , são os mesmos calculados na seção anterior.

Para o recalque de água pluvial do reservatório inferior para o reservatório superior, considera-se que:

- Primeiramente haverá recalque ao mesmo tempo em que há consumo de água pluvial (proveniente do reservatório superior);
- Em seguida, caso ainda haja demanda de água pluvial, e caso o reservatório inferior esteja vazio, e o superior tenha água, haverá consumo sem recalque.

Os pontos acima podem ser melhor entendidos através de um exemplo. Suponha que:

- Após a captação de água pluvial o reservatório inferior fique com 400 litros de água;
- A demanda de água pluvial é de 450 litros (definida pelo usuário);
- A capacidade do reservatório superior é de 300 litros (definida pelo usuário);
- Há recalque quando o volume de água no reservatório superior é inferior a 150 litros (definida pelo usuário);
- Ao início do dia, a quantidade de água no reservatório superior é de 200 litros.

Ocorrerá o seguinte:

1. Haverá consumo de 50 litros. Faltarão 400 litros para atender a demanda;
2. Após esse consumo, o reservatório superior terá 150 litros de água. Logo, poderá haver recalque. Como há água suficiente no reservatório inferior, haverá recalque de 150 litros de água, ou seja, o reservatório superior será preenchido completamente, e o reservatório inferior ficará com 250 litros de água;
3. Haverá consumo de 150 litros de água do reservatório superior. Faltarão 250 litros para atender a demanda;
4. Após esse consumo, o reservatório superior terá 150 litros de água. Logo, poderá haver recalque. Como há água suficiente no reservatório inferior, haverá recalque de 150 litros de água, ou seja, o reservatório superior será preenchido completamente, e o reservatório inferior ficará com 100 litros de água;

5. Haverá consumo de 150 litros de água do reservatório superior. Faltarão 100 litros para atender a demanda;
6. Após esse consumo, o reservatório superior terá 150 litros de água. Logo, poderá haver recalque. Com a água disponível no reservatório inferior, haverá recalque de 100 litros. O reservatório superior terá 250 litros;
7. Haverá consumo de 100 litros do reservatório superior, ou seja, até atender a demanda. O reservatório superior terá 150 litros de água, mas não haverá recalque, pois o reservatório inferior está vazio.

Observe que as etapas 1-2, 3-4 e 5-6 correspondem ao primeiro ponto indicado anteriormente, ou seja, consumo ao mesmo tempo em que há recalque. Já a etapa 7 corresponde ao segundo ponto, ou seja, consumo sem recalque, pois o reservatório inferior está vazio.

As condições para verificar se houve extravasamento são as mesmas apresentadas na seção anterior. O potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial também é calculado da mesma forma.

Como nesta condição há recalque, também se determina o volume recalcado total durante o dia, dado pela soma dos recalques individuais, e o número de recalques ocorridos.

### **4.3. Determinação do volume ideal**

Para o volume do reservatório inferior, pode-se escolher um valor fixo ou um intervalo de valores. Para este segundo caso, são necessários o volume máximo e o intervalo entre volumes.

Desta forma, se o volume máximo escolhido for, por exemplo, 5000 litros, e o intervalo for de 250 litros, serão realizadas simulações em que o volume do reservatório inferior é de 250 litros, 500 litros, etc.

Cada uma dessas simulações contém os resultados citados acima, como potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial, volume extravasado, atendimentos de água pluvial (total, parcial ou nulo), de forma que se pode observar os gráficos em que o eixo x representa o volume do reservatório inferior, e o eixo y uma dessas variáveis.

Uma opção que não é mandatória é a determinação do volume ideal. Para encontrar esse volume, primeiramente considere o percentual de utilização de água pluvial, dado pela Equação (4.7).

$$P_{pluv} = \frac{E_{pot}}{P_{subst}} \quad (4.7)$$

Em que:

$P_{pluv}$  é o percentual de utilização de água pluvial, em %;

$E_{pot}$  é o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento da água pluvial, em %;

$P_{subst}$  é o percentual da demanda total de água que pode ser suprida por água pluvial, em %.

Enquanto a Equação (4.6) fornece um potencial de economia de água potável em relação à demanda total de água, a Equação (4.7) tem como referência a demanda de água pluvial. Por exemplo, supondo que  $P_{subst} = 40\%$  e  $E_{pot} = 35\%$ , o valor de  $P_{pluv}$  será 87,5%, ou seja, neste caso há água pluvial para atender 87,5% da demanda por este tipo de água.

A relação entre o volume do reservatório inferior e o percentual de utilização de água pluvial tem, tipicamente, a aparência da Figura 4, assim como o potencial de economia de água potável.

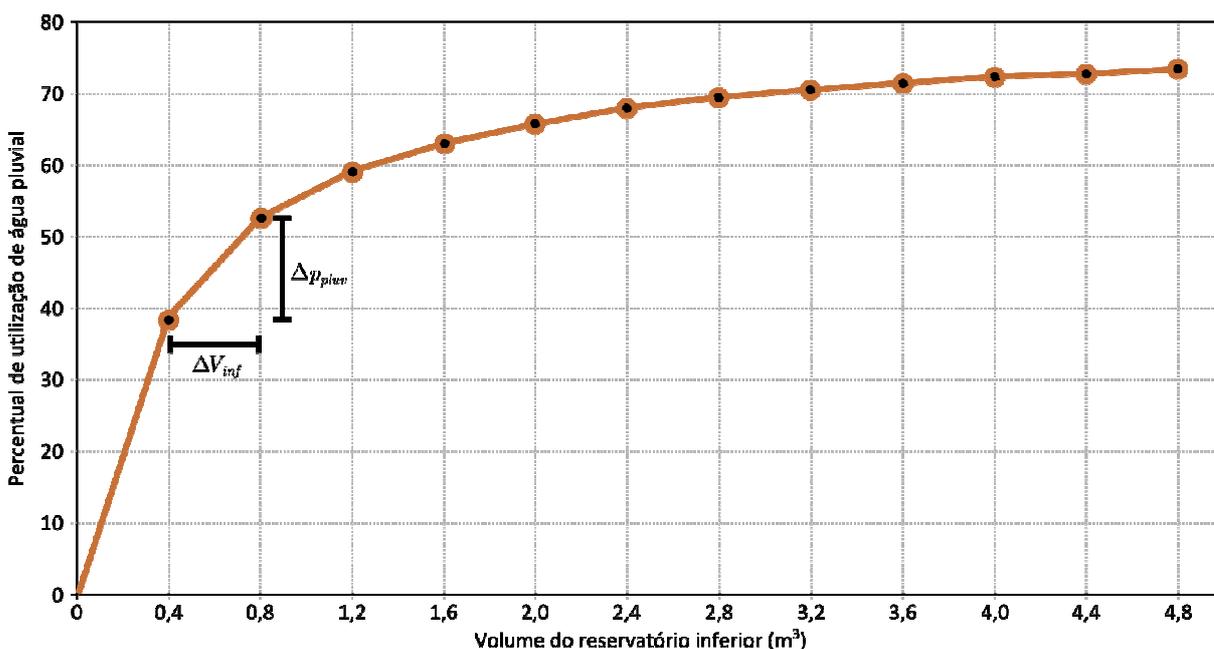


Figura 4 – Exemplo de variação do percentual de utilização de água pluvial.

Como as simulações são realizadas em intervalos discretos (na Figura 4, a cada 400 litros), tem-se que  $\Delta p_{pluv}/\Delta V_{inf}$  é constante em cada intervalo (entre 0 e 400 litros, entre 400 e 800 litros, etc.). O volume ideal para o reservatório é então definido através da Equação (4.8).

$$\frac{\Delta p_{pluv}}{\Delta V_{inf}} \leq \Delta_{ideal} \quad (4.8)$$

Em que:

$\Delta p_{pluv}$  é a variação no percentual de utilização de água pluvial, em %;

$\Delta V_{inf}$  é a variação no volume do reservatório inferior, em m<sup>3</sup>;

$\Delta_{ideal}$  é um parâmetro indicado pelo usuário. Na janela principal do Netuno, na caixa “Intervalo da simulação”, campo “Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m<sup>3</sup>)”, como mostra a Figura 5.

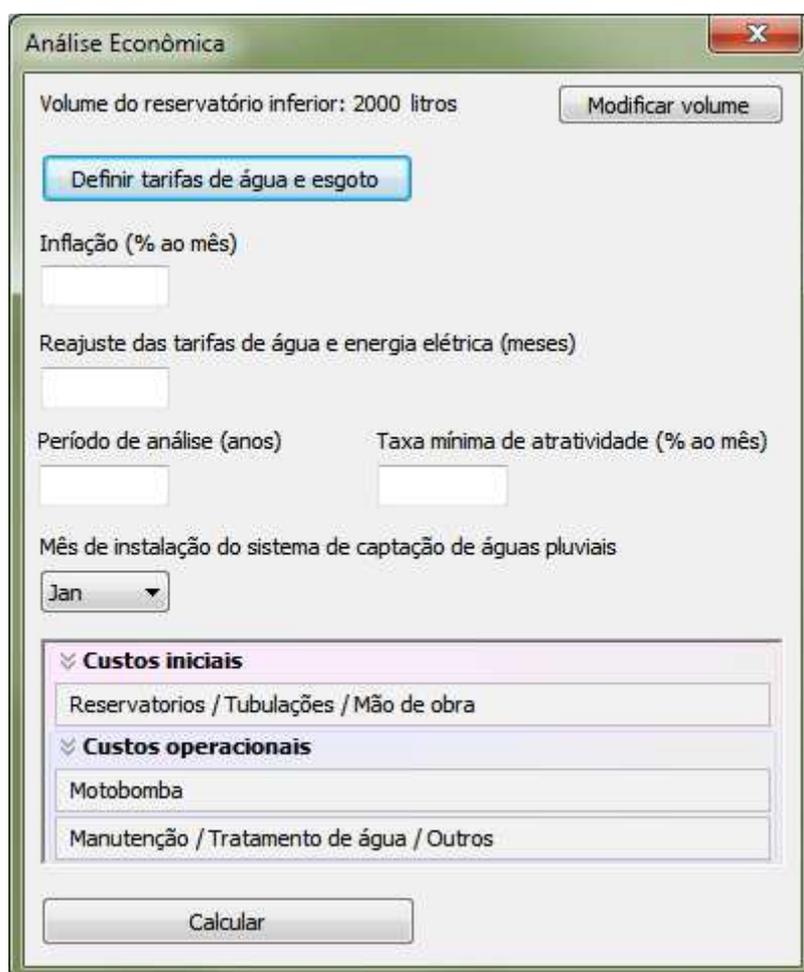
Figura 5 – Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial.

Caso  $\Delta p_{pluv}/\Delta V_{inf} > \Delta_{ideal}$  em todo o intervalo de simulação definido pelo usuário, o volume ideal fica indeterminado. Na Seção 7.3.1 será apresentado um exemplo em que isso ocorre.

Opcionalmente, o usuário pode determinar o volume ideal por meio de análise visual do gráfico de potencial de economia de água potável versus volume do reservatório inferior, obtido na simulação.

## 5. Análise econômica

O Netuno também permite verificar a viabilidade financeira do sistema, através do botão “Análise Econômica” (Figura 6).



A interface de software para análise econômica, intitulada "Análise Econômica", apresenta os seguintes elementos:

- Volume do reservatório inferior: 2000 litros (com botão "Modificar volume")
- Botão "Definir tarifas de água e esgoto"
- Inflação (% ao mês) (campo de entrada)
- Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses) (campo de entrada)
- Período de análise (anos) (campo de entrada)
- Taxa mínima de atratividade (% ao mês) (campo de entrada)
- Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais (menu suspenso com "Jan" selecionado)
- Seção de custos:
  - Custos iniciais**: Reservatórios / Tubulações / Mão de obra
  - Custos operacionais**: Motobomba; Manutenção / Tratamento de água / Outros
- Botão "Calcular"

Figura 6 – Interface para a análise econômica.

Através dos custos de construção e manutenção, e das economias de água, é possível criar um fluxo de caixa. Com o fluxo de caixa, o Netuno estima o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno.

Os custos de um sistema de captação de água pluvial podem ser divididos em duas categorias:

- Custos iniciais, de construção, como o(s) reservatório(s), motobomba(s), tubulações, mão de obra, etc.;

- Custos de operação e manutenção, como a energia consumida pela(s) motobomba(s), desinfecção da água armazenada, limpeza, etc.

Para uma análise de fluxo de caixa são necessárias, além dos custos e economias, as seguintes variáveis:

- Período de análise: número de anos para realizar a análise econômica;
- Inflação: estimativa mensal da inflação;
- Período de reajuste dos custos de manutenção e das tarifas de água e energia;
- Taxa mínima de atratividade: em base mensal;
- Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais.

Nas seções abaixo são apresentadas as janelas onde são inseridos os custos de construção e manutenção do sistema.

### 5.1. Volume do reservatório inferior

Na janela principal do Netuno, o volume do reservatório inferior pode ser definido pelo usuário, caso a opção “Simulação para reservatório com volume conhecido” esteja selecionada na caixa “Reservatório inferior”.

Com a opção “Simulação para reservatórios com diversos volumes”, o Netuno pode definir o volume ideal para o reservatório inferior baseado nos percentuais de utilização de água pluvial, como explicado na Seção 4.3. Neste caso, uma janela aparecerá perguntando se o volume ideal deve ser utilizado na análise econômica, como mostra a Figura 7.



Figura 7 – Volume do reservatório inferior para a análise econômica.

No entanto, se o usuário não selecionar a opção “Indicar volume ideal para o reservatório inferior”, ou se o Netuno não puder definir o volume ideal para o reservatório inferior, a janela da Figura 8 será mostrada.

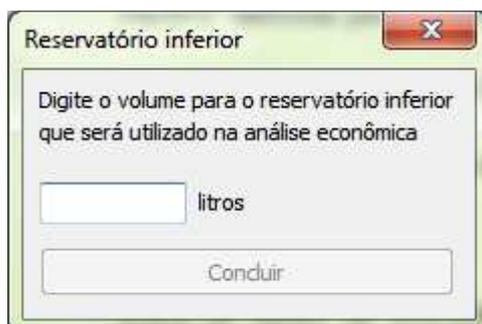
A imagem mostra uma janela de diálogo com o título "Reservatório inferior" e um botão de fechar (X) no canto superior direito. O texto dentro da janela pede ao usuário para digitar o volume para o reservatório inferior que será utilizado na análise econômica. Abaixo do texto, há um campo de entrada de texto seguido pela palavra "litros". Na base da janela, há um botão rotulado "Concluir".

Figura 8 – Especificação do volume do reservatório inferior na análise econômica.

Caso o usuário queira alterar o volume, essa janela pode ser acessada através do botão “Modificar volume”, na janela da Análise Econômica.

## 5.2. Tarifas de água e esgoto

As tarifas de cobrança de água potável são utilizadas pelo Netuno para o cálculo da economia financeira mensal ao se utilizar um sistema de aproveitamento de água pluvial.

A janela utilizada para a inserção dos dados referentes à tarifa de água é apresentada na Figura 9.

Normalmente, a tarifa de água é composta por valores distintos para diferentes faixas de consumo. No Netuno, a inserção da tarifa é feita escolhendo entre “Abaixo de”, “Entre” e “Acima de”, até que todas as faixas sejam preenchidas.

Para a primeira faixa de consumo, algumas companhias de água e esgoto determinam um valor fixo, independente do consumo dentro dessa faixa. Para este fim existe a opção “Custo fixo”.

Nas faixas subsequentes de consumo, o valor da tarifa é considerado proporcional ao volume consumido. Logo, a opção “Custo fixo” não fica disponível.

Figura 9 – Interface para entrada de tarifas de água, tarifas de esgoto e impostos.

Matematicamente, em um dado mês  $i$ , o valor da conta de água quando há aproveitamento de água pluvial (desconsiderando tarifa de esgoto e impostos) é estimado por meio da Equação (5.1).

$$C_{\text{água}}^{\text{com pluv}} = f(V_{\text{pot}}^i, c_{\text{água}}) \quad (5.1)$$

Em que:

$C_{\text{água}}^{\text{com pluv}}$  é o valor da conta de água quando há aproveitamento de água pluvial desconsiderando tarifa de esgoto e impostos, em R\$;

$f(V_{\text{pot}}^i, c_{\text{água}})$  é a função que determina o custo da conta de água com base nos patamares de tarifas;

$V_{pot}^i$  é o volume de água potável consumido no mês  $i$ , em litros;  
 $C_{água}$  são os patamares de tarifas indicados pelo usuário, em R\$ (para patamar com tarifa fixa) ou R\$/m<sup>3</sup> (para patamares com tarifa variável).

De forma análoga, em um dado mês  $i$ , o valor da conta de água quando não há aproveitamento de água pluvial (desconsiderando tarifa de esgoto e impostos) é estimado por meio da Equação (5.2).

$$C_{água}^{sem\ pluv} = f(V_{pluv}^i + V_{pot}^i, C_{água}) \quad (5.2)$$

Em que:

$C_{água}^{sem\ pluv}$  é a parcela da conta de água sem aproveitamento de água pluvial desconsiderando tarifa de esgoto e impostos, em R\$;

$V_{pluv}^i$  é o volume de água pluvial consumido no mês  $i$ , em litros;

$V_{pot}^i$  é o volume de água potável consumido no mês  $i$ , em litros;

$C_{água}$  são os patamares de tarifas indicados pelo usuário, em R\$ (para patamar com tarifa fixa) ou R\$/m<sup>3</sup> (para patamares com tarifa variável).

Ou seja, o volume total de água consumido em um dado mês é composto do volume de água pluvial e do volume de água potável.

Além da tarifa de água, deve-se escolher o tipo de custo referente à tarifa de esgoto. Esta tarifa pode ser fixa, em que se insere o valor em R\$, ou variável, em que o valor será um percentual do valor da tarifa de água.

Por fim, podem ser inseridos impostos fixos (em R\$) e variáveis (em % do valor total da conta sem a tarifa de esgoto).

O cálculo do custo total da conta de água depende do tipo de tarifa de esgoto. Para os casos com ou sem aproveitamento pluvial, respectivamente, são utilizadas as Equações (5.3) e (5.4).

$$C_{total}^{com\ pluv} = \begin{cases} C_{água}^{com\ pluv} \cdot \left(1 + \frac{j_{var}}{100}\right) + j_{fixo} + j_{esgoto}, & \text{se tarifa de esgoto for fixa} \\ C_{água}^{com\ pluv} \cdot \left(1 + \frac{j_{var}}{100} + \frac{j_{esgoto}}{100}\right) + j_{fixo}, & \text{se tarifa de esgoto for variável} \end{cases} \quad (5.3)$$

$$C_{total}^{sem\ pluv} = \begin{cases} C_{\acute{a}gua}^{sem\ pluv} \cdot \left(1 + \frac{j_{var}}{100}\right) + j_{fixo} + j_{esgoto}, & \text{se tarifa de esgoto for fixa} \\ C_{\acute{a}gua}^{sem\ pluv} \cdot \left(1 + \frac{j_{var}}{100} + \frac{j_{esgoto}}{100}\right) + j_{fixo}, & \text{se tarifa de esgoto for variável} \end{cases} \quad (5.4)$$

Em que:

$C_{total}^{sem\ pluv}$  é o custo total da conta de água com aproveitamento pluvial, em R\$;

$C_{total}^{com\ pluv}$  é o custo total da conta de água sem aproveitamento pluvial, em R\$;

$C_{\acute{a}gua}^{sem\ pluv}$  é a parcela da conta de água sem aproveitamento de água pluvial desconsiderando tarifa de esgoto e impostos, em R\$;

$C_{\acute{a}gua}^{com\ pluv}$  é o valor da conta de água quando há aproveitamento de água pluvial desconsiderando tarifa de esgoto e impostos, em R\$;

$j_{var}$  é o imposto variável, em %;

$j_{fixo}$  é o imposto fixo, em R\$;

$j_{esgoto}$  é a tarifa de esgoto, em R\$.

A economia financeira proporcionada pelo aproveitamento de água pluvial em um dado mês  $i$  é calculada por meio da Equação (5.5).

$$E_{\acute{a}gua}^i = C_{total}^{sem\ pluv} - C_{total}^{com\ pluv} \quad (5.5)$$

Em que:

$E_{\acute{a}gua}^i$  é a economia em um dado mês  $i$ , em R\$;

$C_{total}^{sem\ pluv}$  é o custo total da conta de água sem aproveitamento de água pluvial, em R\$;

$C_{total}^{com\ pluv}$  é o custo total da conta de água com aproveitamento de água pluvial, em R\$.

### 5.3. Estimativas de consumo de água

Após preencher os dados referentes às tarifas de água e esgoto, é possível obter as estimativas iniciais de consumos e economias mensais de água, mostradas na Figura 10, através do botão “Estimativas de consumo de água”.

Esses valores consideram resultados da simulação com os dados presentes na janela principal do Netuno, assim como os valores da conta de água com e sem a captação de água pluvial.

Como são estimativas iniciais, não é considerada a inflação nos valores monetários e na economia mensal.



Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Volume de água pluvial recalcado (litros)	Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Jan							
Fev							
Mar							
Abr							
Mai							
Jun							
Jul							
Ago							
Set							
Out							
Nov							
Dez							

Figura 10 – Estimativas iniciais de consumos e economias mensais de água.

#### 5.4. Custos iniciais

No Netuno, os custos de construção são considerados no período zero – instalação do sistema, em que não há captação de água pluvial. Estes custos são os seguintes:

- Reservatório inferior;
- Reservatório superior;
- Mão de obra;
- Tubulações;
- Acessórios.

A janela em que esses dados são inseridos se encontra na Figura 11.

The image shows a software dialog box titled "Custos iniciais". It contains five input fields for entering costs in Brazilian Reals (R\$). The fields are arranged in a grid: "Reservatório inferior" and "Reservatório superior" in the top row; "Mão-de-obra" and "Tubulações" in the middle row; and "Acessórios" in the bottom row. Each field is labeled with "Custo (R\$)". At the bottom of the dialog box is a "Concluir" button.

Figura 11 – Janela para entrada dos custos iniciais.

## 5.5. Custos operacionais

Na operação de um sistema de captação de água pluvial, ocorrem alguns custos operacionais. No Netuno, esses custos são divididos em duas categorias:

- Custo de operação da(s) motobomba(s), cujos detalhes serão apresentados na Seção 5.5.1;
- Outros custos operacionais, cujos detalhes serão apresentados na Seção 5.5.2.

### 5.5.1. Motobomba

Se o usuário escolher, na janela principal do Netuno, a existência de um reservatório superior, é necessário fornecer informações sobre a motobomba utilizada para recalcar a água pluvial do reservatório inferior para o reservatório superior.

A janela em que são inseridos esses dados é apresentada na Figura 12, e a descrição de cada parâmetro é mostrada na Tabela 1.

Figura 12 – Janela para entrada de dados referentes à motobomba.

Tabela 1 – Parâmetros referentes à motobomba.

Parâmetro	Descrição	Unidade
Potência unitária	Potência de cada motobomba, fornecida pelo fabricante. Valor pode ser inserido em forma decimal ou fracionária (como $\frac{1}{2}$ , $\frac{3}{4}$ , etc.), e unidade de potência pode ser CV ou W.	CV ou W
Rendimento	Rendimento da(s) motobomba(s) em regime permanente. O rendimento considerado na simulação é o rendimento total, igual ao produto entre o rendimento da bomba e do motor do conjunto motobomba. Na modelagem atual do Netuno, considera-se que o rendimento da motobomba é o mesmo tanto para a partida quanto para a operação.	%
Vazão	Vazão de cada motobomba.	Litros/hora
Tempo de partida	Tempo necessário para que o conjunto motobomba consuma, em regime constante, a mesma quantidade de energia utilizada para sua partida.	Segundos
Custo unitário	Custo de cada motobomba.	R\$
Tarifa de energia elétrica	Valor cobrado pela companhia de energia elétrica. Ao contrário da tarifa de água, neste caso não se considera a existência de faixas de consumo.	R\$/kWh
Imposto fixo	Imposto fixo cobrado sobre o custo de tarifa de energia elétrica.	R\$
Imposto variável	Imposto variável (percentual do custo de energia elétrica).	%
Considerar motobomba reserva	Se esta opção estiver selecionada, o custo inicial será dobrado, simulando a aquisição de duas motobombas idênticas. Esta opção não afeta o tempo de operação e conseqüente consumo de energia elétrica.	-

Tais parâmetros são necessários para determinar o custo de energia elétrica em cada mês do período em análise. Inicialmente, deve-se determinar o tempo total de operação da motobomba, que é dividido em duas parcelas: tempo total de partida e tempo total de recalque, através da Equação (5.6).

$$t_{total}^i = t_{part/mês}^i + t_{rec}^i \quad (5.6)$$

Em que:

$t_{total}^i$  é o tempo total que a motobomba ficou ligada no mês  $i$ , em horas;

$t_{part/mês}^i$  é o tempo hipotético de partida total da motobomba no mês  $i$ , em horas;

$t_{rec}^i$  é o tempo de recalque total mensal da motobomba, em horas.

O tempo hipotético de partida da motobomba é dado pela Equação (5.7).

$$t_{part/mês}^i = n_{recs/dia}^i \cdot n_{dias/mês}^i \cdot t_{part} \quad (5.7)$$

Em que:

$t_{part/mês}^i$  é o tempo hipotético de partida total da motobomba no mês  $i$ , em horas;

$n_{recs/dia}$  é o número de recalques diários, obtido do resultado da simulação;

$n_{dias/mês}^i$  é o número de dias no mês  $i$ ;

$t_{part}$  é o tempo necessário para que o conjunto motobomba consuma, em regime permanente, a mesma quantidade de energia utilizada para sua partida, em horas.

E o tempo de recalque total mensal da motobomba é dado pela Equação (5.8).

$$t_{rec}^i = \frac{V_{rec}^i}{q} \quad (5.8)$$

Em que:

$t_{rec}^i$  é o tempo de recalque total mensal da motobomba, em horas.

$V_{rec}^i$  é o volume total recalcado pela motobomba no mês  $i$ , em litros;

$q$  é a vazão nominal da motobomba, em litros/hora.

Assim, pode-se determinar a energia elétrica total consumida pela motobomba, por meio da Equação (5.9).

$$E_{mb}^i = \frac{P_{mb}}{\eta} \cdot t_{total}^i \quad (5.9)$$

Em que:

$E_{mb}^i$  é a energia consumida pela motobomba no mês  $i$ , em kWh;

$P_{mb}$  é a potência nominal da motobomba, em kW;

$\eta$  é o rendimento da motobomba, dado pelo produto entre o rendimento da bomba e do motor do conjunto motobomba, adimensional;

$t_{total}^i$  é o tempo total que a motobomba ficou ligada no mês  $i$ , em horas.

Considerando uma tarifa fixa de energia elétrica, o custo em um dado mês  $i$  da operação das mototombas é obtido através da Equação (5.10), que inclui impostos fixos e variáveis.

$$C_{mb}^i = E_{mb}^i \cdot c_{en} \cdot \left(1 + \frac{j_{var}}{100}\right) + j_{fixo} \quad (5.10)$$

Em que:

$C_{mb}^i$  é o custo de energia elétrica no mês  $i$ , desconsiderando inflação, em R\$;

$E_{mb}^i$  é a energia consumida pela(s) motobomba(s) no mês  $i$ , em kWh;

$c_{en}$  é a tarifa de energia elétrica, em R\$/kWh;

$j_{var}$  é o imposto variável, calculado sobre a energia consumida no mês, em %;

$j_{fixo}$  é o imposto fixo, em R\$.

### 5.5.2. Outros custos operacionais

Além dos custos já mencionados, existe a possibilidade de se inserir outros custos, como manutenção, desinfecção da água, etc.

A janela de outros custos operacionais é acessada através do botão “Manutenção / Tratamento da água / Outros” e é apresentada na Figura 13, em que (a) mostra a janela com custo fixo e (b) com custo variável. Abaixo são detalhadas as diferenças.

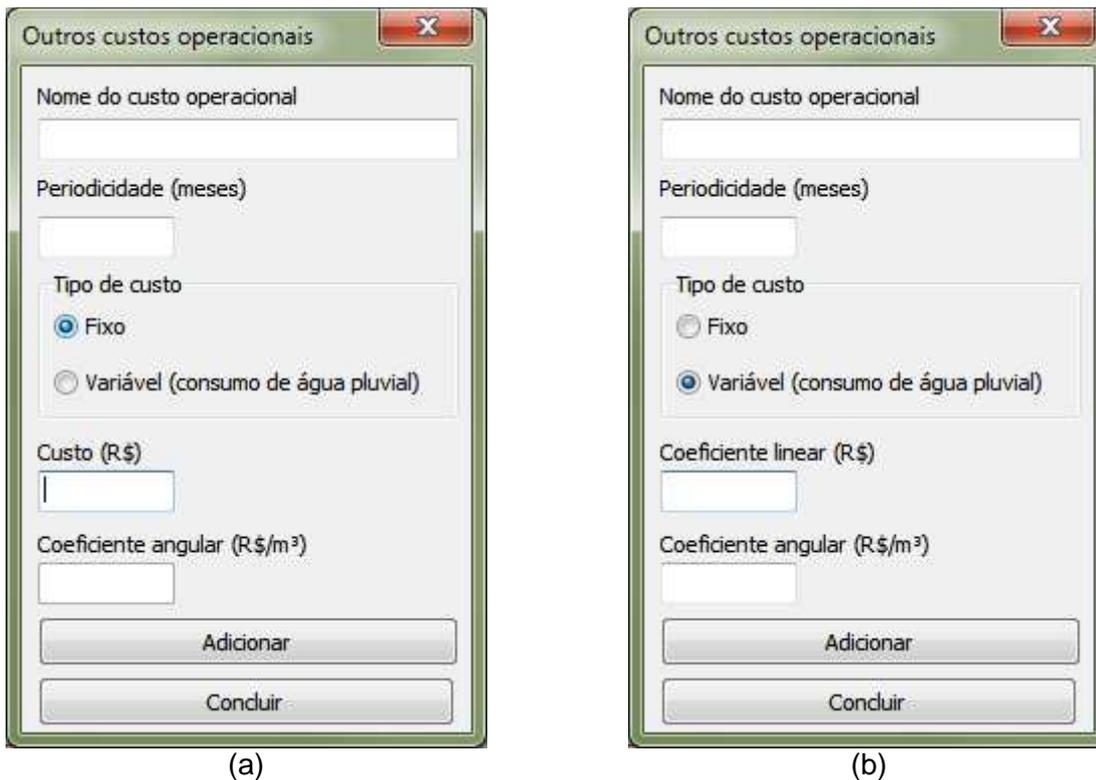


Figura 13 – Janela para entrada de outros custos operacionais.

O campo “Periodicidade (meses)” representa de quantos em quantos meses o custo inserido será computado. Esse custo pode ser fixo ou variável. Se for fixo, é necessário preencher o campo “Custo (R\$)”, e o campo “Coeficiente angular (R\$/m<sup>3</sup>)” é desabilitado. No segundo caso, considera-se que o custo é proporcional ao volume de água pluvial consumido naquele mês (estes valores correspondem à terceira coluna das “Estimativas de consumo de água”, acessível através da janela da Análise econômica). Neste caso, os campos “Coeficiente linear (R\$)” e “Coeficiente angular (R\$/m<sup>3</sup>)” devem ser preenchidos.

Na Figura 14 é mostrado um exemplo gráfico dos dois casos de custos operacionais. A linha em azul tem custo fixo, de R\$ 30. Logo, este é o preenchimento do campo “Custo (R\$)”. Já a linha em vermelho representa um custo variável com o volume consumido de água pluvial. O caso apresentado considera que o “Coeficiente linear (R\$)” tem valor R\$ 20 (onde a curva cruza o eixo das ordenadas), e que o “Coeficiente angular (R\$/m<sup>3</sup>)” tem valor 6 R\$/m<sup>3</sup>, o que representa a inclinação da reta. Ou seja, a reta em vermelho pode ser representada através da Equação (5.11), em que x é o volume consumido de água pluvial e y é o custo.

$$y = 6x + 20 \quad (5.11)$$

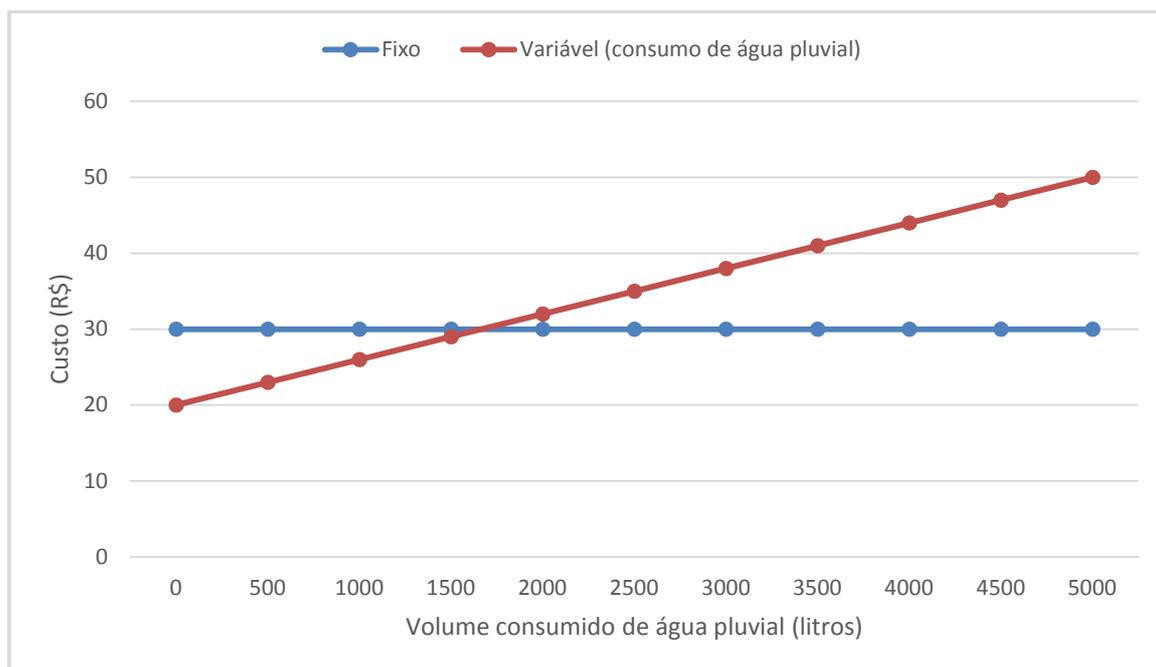


Figura 14 – Exemplos de custo fixo e custo variável.

Os custos operacionais devem ser estimados pelo usuário. Após preencher os campos acima, ao clicar em "Adicionar" a janela é expandida, e os custos adicionados são mostrados conforme a Figura 15.

A janela 'Outros custos operacionais' contém os seguintes elementos:

- Nome do custo operacional: [campo de texto]
- Periodicidade (meses): [campo de texto]
- Tipo de custo:
  - Fixo
  - Variável (consumo de água pluvial)
- Coefficiente linear (R\$): [campo de texto]
- Coefficiente angular (R\$/m³): [campo de texto]
- Botões: Adicionar, Editar, Concluir

Uma tabela no lado direito da janela exibe os custos adicionados:

Nome	Período de rep.	Coef. linear	Coef. angular
Limpeza	6	50	0
Cloro	2	10	4

Figura 15 – Janela para entrada de outros custos operacionais (janela expandida).

Os custos já adicionados podem ser editados ou excluídos através do botão "Editar".

## 5.6. Simulação e fluxo de caixa (economias e custos mensais)

A simulação da análise econômica é realizada através do botão “Calcular”. Abaixo do botão são apresentadas três informações:

- Valor presente líquido: permite comparar o investimento inicial (compra e instalação de equipamentos) com a economia futura na conta de água. Se esse valor for positivo, significa que o investimento é economicamente vantajoso;
- Tempo de retorno do investimento: tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento;
- Taxa interna de retorno: taxa de juros que iguala, em determinado momento do tempo, o valor presente das entradas (economia na conta de água) com o das saídas (custos de instalação e manutenção) previstas de caixa.

O fluxo de caixa, formado pelas economias e custos mensais, pode ser visualizado através do botão “Economias e custos mensais”.

Duas opções estão disponíveis:

- Dados simplificados: em que aparecem os custos totais mensais. Este formato é o clássico fluxo de caixa, logo é adequado para verificar o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o tempo de retorno do investimento;
- Dados detalhados: em que os custos e economias são apresentados separadamente.

Na Figura 16, é apresentado um exemplo da janela de custos e economias com dados simplificados.

Mês	Economia (R\$)	Custos (R\$)
0 (Janeiro)	0,00	2310,00
1 (Fevereiro)	56,45	18,41
2 (Março)	62,50	19,63
3 (Abril)	60,48	19,23
4 (Maio)	62,08	19,49
5 (Junho)	57,73	18,68
6 (Julho)	56,58	18,39
7 (Agosto)	54,91	18,12
8 (Setembro)	56,93	18,66
9 (Outubro)	62,50	19,63
10 (Novembro)	60,48	19,23
11 (Dezembro)	62,50	19,63
12 (Janeiro)	64,01	20,01
13 (Fevereiro)	57,82	18,81
14 (Março)	64,01	20,06
15 (Abril)	61,95	19,64
16 (Maio)	63,59	19,91
17 (Junho)	59,13	19,08
18 (Julho)	57,96	18,79

Figura 16 – Janela de resultados de custos e economias (dados simplificados).

Na Figura 17 são apresentados os dados detalhados da mesma simulação.

Mês	Economia (R\$)	Custo (R\$)
<b>Mês 0 (Janeiro)</b>		
Economia de água potável	0,00	
<b>Custos</b>		
Reservatório inferior		1200,00
Reservatório superior		300,00
Mão de obra		400,00
Tubulações		100,00
Acessórios		50,00
Custo Motobomba(s)		260,00
<b>Mês 1 (Fevereiro)</b>		
Economia de água potável	56,45	
<b>Custos</b>		
Energia elétrica motobomba(s)		13,41
Cloro		5,00
<b>Mês 2 (Março)</b>		
Economia de água potável	62,50	
<b>Custos</b>		
Energia elétrica motobomba(s)		14,63
Cloro		5,00
<b>Mês 3 (Abril)</b>		
Economia de água potável	60,48	
<b>Custos</b>		
Energia elétrica motobomba(s)		14,23
Cloro		5,00

Figura 17 – Janela de resultados de custos e economias (dados detalhados).

Tanto os dados simplificados quanto os detalhados podem ser exportados em formato CSV, através do botão “Exportar”.

## 6. Simulação de cenários

Em muitos estudos de captação de água pluvial é necessário realizar diversas simulações com pequenas variações nos parâmetros. Por exemplo, pode-se desejar simular a construção de um sistema de captação de água pluvial em cidades diferentes, ou seja, variando os dados de precipitação.

Para facilitar esses casos, o Netuno fornece um módulo para simulação de cenários, que pode ser acessado através da janela principal do Netuno, no menu “Simulação”, “Simulação de cenários”. Na Figura 18 é apresentada a janela da simulação de cenários.

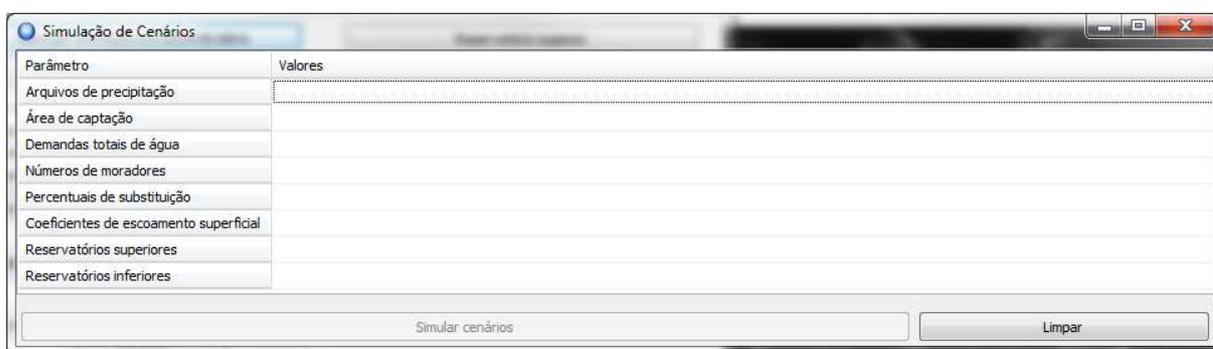


Figura 18 – Janela para simulação de cenários.

Ao clicar na segunda coluna de cada um dos parâmetros de simulação, abre uma nova janela que permite a inserção dos dados. Na Figura 19, é mostrada a janela para entrada de dados de precipitação.

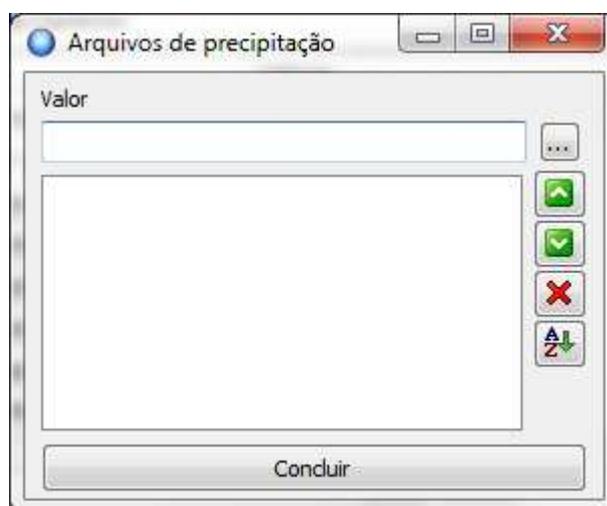


Figura 19 – Janela para entrada de dados de precipitação na simulação de cenários.

Ao clicar no botão “...” é aberta uma janela para escolha do arquivo contendo os dados de precipitação. Após escolher um arquivo, seu caminho é acrescentado à lista.

Os dados presentes na lista podem ser reordenados manualmente (dois primeiros botões ao lado da lista) ou em ordem alfabética (último botão ao lado da lista), assim como excluídos (terceiro botão ao lado da lista).

Ao clicar em “Concluir”, os dados inseridos na lista são mostrados na planilha da Figura 18.

Os parâmetros “Demandas totais de água” e “Números de moradores” podem ser escolhidos como variáveis, assim como em uma simulação individual do Netuno. A tela para inserção dos dados é a mesma apresentada na Seção 3.3.

Para o parâmetro “Reservatórios superiores”, a entrada de dados é feita de forma similar à da Figura 3, na página 11.

O parâmetro “Reservatórios inferiores” pode conter um único reservatório com volume definido, caso em que só é necessário o volume; ou um intervalo de reservatórios, em que a janela de entrada de dados é mostrada na Figura 20.

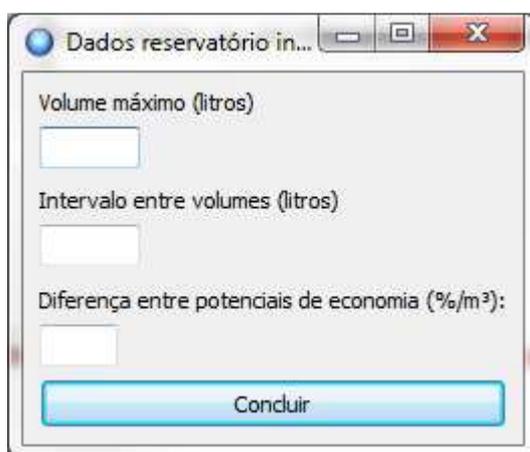


Figura 20 – Janela para entrada de dados referentes ao reservatório inferior (simulação de cenários).

Na Seção 7.5 são mostrados os resultados obtidos neste tipo de análise, através de um exemplo ilustrativo.

## 7. Exemplos de utilização do Netuno

Neste capítulo são apresentados alguns exemplos de utilização do Netuno.

### 7.1. Caso sem reservatório superior

Nesta seção será apresentada uma simulação de um sistema de captação de águas pluviais. Os dados utilizados são hipotéticos, com exceção dos dados de precipitação, extraídos do Hidroweb (hidroweb.ana.gov.br).

Essa simulação pode ser carregada no Netuno utilizando o botão “Carregar simulação previamente salva”, escolhendo o arquivo “Sim1Manual.csv”.

Os dados que serão mantidos fixos na simulação são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados de simulação.

Dados de precipitação	Localidade: Florianópolis (arquivo precFpolis_2002_2011.csv) Data inicial: 01/01/2002 Descarte do escoamento inicial: 1 mm Número de registros: 3652
Área de captação	100 m <sup>2</sup>
Demanda total de água	100 litros per capita/dia
Número de moradores	3
Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial	40%
Coeficiente de escoamento superficial	0,9

No primeiro caso, será considerado que não há um reservatório superior, e que o reservatório inferior é de 2000 litros. Na Figura 21 pode-se ver a janela do reservatório superior, em que a opção “Não utilizar reservatório superior” está selecionada. Na Figura 22 pode-se ver a janela principal do Netuno, com o resultado da simulação.

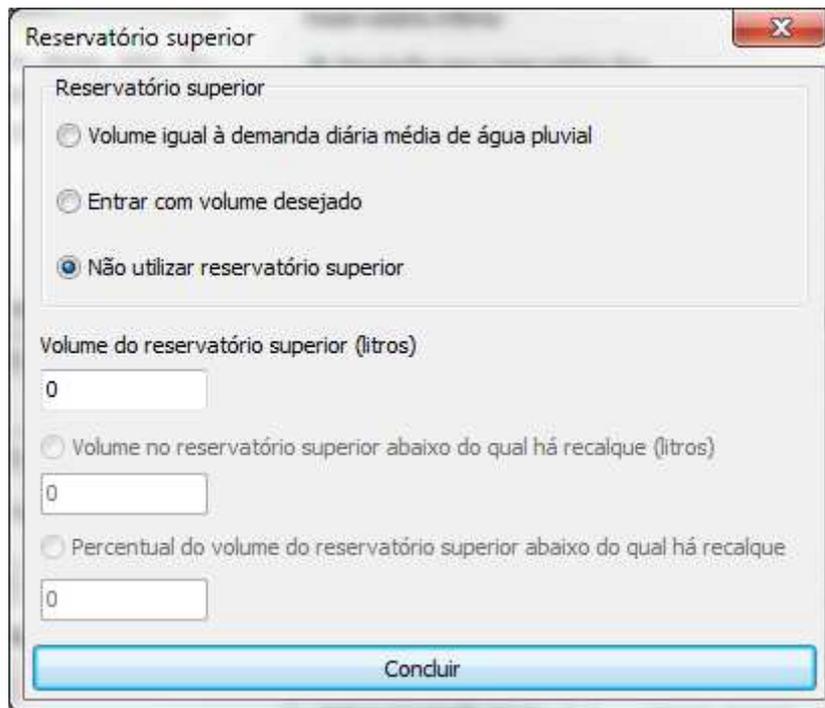


Figura 21 – Janela com entrada de dados referentes ao reservatório superior (Simulação 1).

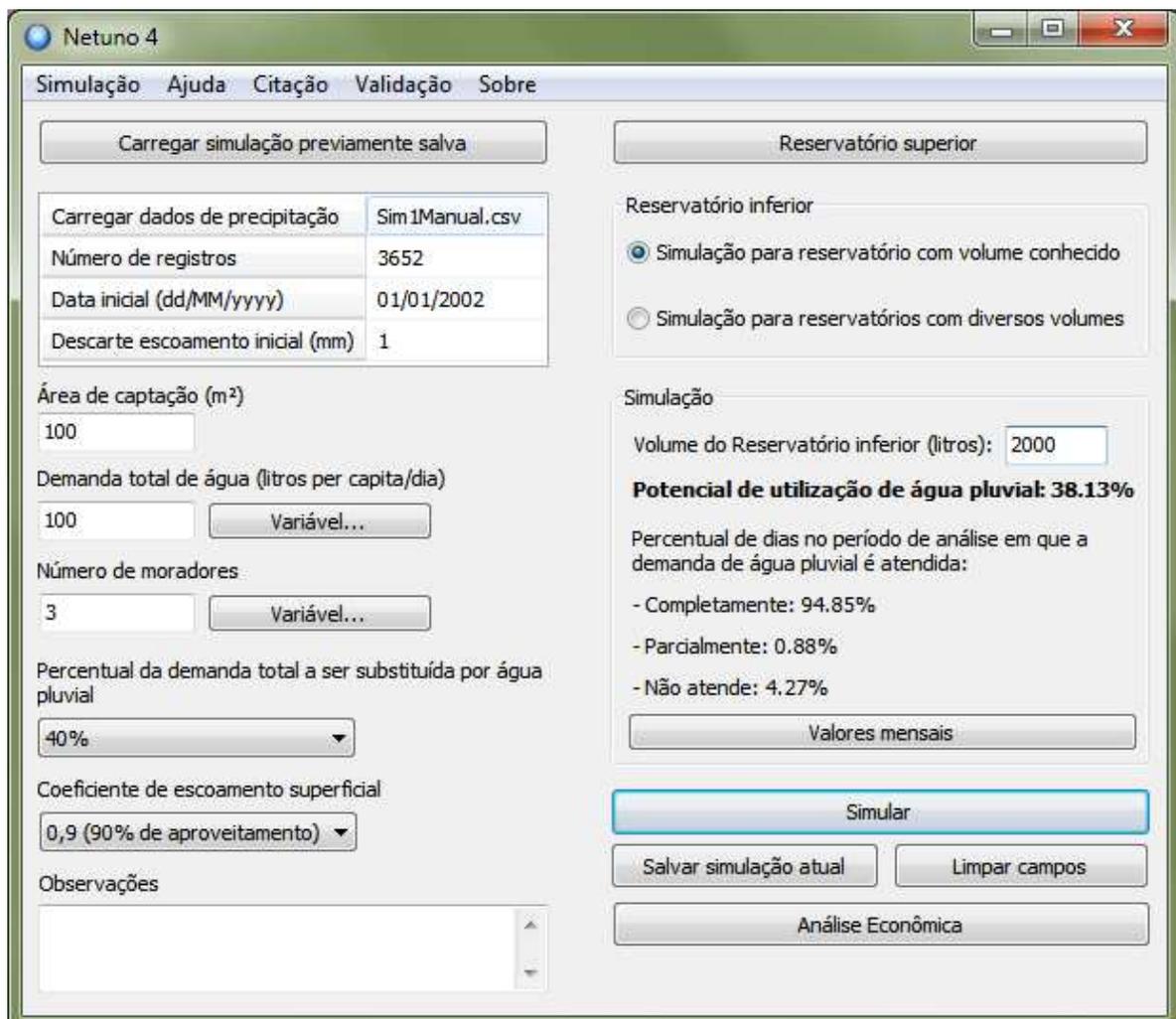


Figura 22 – Janela principal da Simulação 1.

Os resultados apresentados na Figura 22 referem-se a uma média. Para uma visão mais detalhada, com base mensal, ao clicar em “Valores mensais”, aparece a janela da Figura 23.

Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)	Média diária de recalques
Janeiro	40.00	120.00	180.00	597.86	100.00	0.00	0.00	0.00
Fevereiro	40.00	120.00	180.00	561.23	100.00	0.00	0.00	0.00
Março	40.00	120.00	180.00	482.54	100.00	0.00	0.00	0.00
Abril	40.00	120.00	180.00	362.42	100.00	0.00	0.00	0.00
Maió	38.15	114.45	185.55	377.19	94.84	0.97	4.19	0.00
Junho	35.81	107.44	192.56	108.35	88.00	2.67	9.33	0.00
Julho	33.86	101.58	198.42	202.26	83.55	2.26	14.19	0.00
Agosto	32.57	97.70	202.30	274.17	79.35	3.55	17.10	0.00
Setembro	37.65	112.96	187.04	443.04	94.00	0.67	5.33	0.00
Outubro	40.00	120.00	180.00	363.90	100.00	0.00	0.00	0.00
Novembro	39.72	119.15	180.85	475.73	99.00	0.33	0.67	0.00
Dezembro	40.00	120.00	180.00	455.60	100.00	0.00	0.00	0.00
<b>Média</b>	<b>38.13</b>	<b>114.39</b>	<b>185.61</b>	<b>391.12</b>	<b>94.85</b>	<b>0.88</b>	<b>4.27</b>	<b>0.00</b>
<b>Total ano</b>		<b>41752</b>	<b>67748</b>	<b>142760</b>				

Figura 23 – Janela com resultados mensais da Simulação 1.

Nota-se que em vários meses o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial é de 40%, o mesmo valor do “Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial”. Isso significa que, durante esses meses, o aproveitamento de água pluvial foi máximo, o que se confirma pela coluna “Atendimento completo”, em que os valores são 100%.

Também se observa que a coluna “Média diária de recalques” contém somente zeros. Isso ocorre porque nessa simulação não há reservatório superior, logo não há recalque.

## 7.2. Caso com reservatórios superior e inferior

Como mostrado nas Seções 3.7 e 4.2, pode-se simular o sistema de captação com a existência de dois reservatórios: um inferior e um superior.

Neste exemplo, que pode ser carregado utilizando o arquivo Sim2Manual.csv, o volume do reservatório superior foi considerado igual a 500 litros, e o recalque ocorre quando o volume do reservatório superior fica abaixo de 75% de seu volume nominal. Ao preencher este valor no campo “Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque”, o campo “Volume no reservatório superior

abaixo do qual há recalque” é automaticamente preenchido com 375 litros. Os resultados mensais desta simulação estão apresentados na Figura 24.

Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)	Média diária de recalques
Janeiro	40.00	120.00	180.00	532.18	100.00	0.00	0.00	1.92
Fevereiro	40.00	120.00	180.00	503.59	100.00	0.00	0.00	1.93
Março	40.00	120.00	180.00	430.48	100.00	0.00	0.00	1.91
Abril	40.00	120.00	180.00	295.56	100.00	0.00	0.00	1.92
Mai	39.32	117.97	182.03	312.74	98.06	0.65	1.29	1.82
Junho	37.42	112.27	187.73	62.16	93.00	1.33	5.67	1.67
Julho	35.40	106.21	193.79	122.04	87.42	2.26	10.32	1.56
Agosto	34.13	102.38	197.62	209.95	82.90	3.55	13.55	1.49
Setembro	37.65	112.96	187.04	368.42	94.00	0.67	5.33	1.79
Outubro	40.00	120.00	180.00	299.65	100.00	0.00	0.00	1.92
Novembro	40.00	120.00	180.00	415.00	100.00	0.00	0.00	1.92
Dezembro	40.00	120.00	180.00	388.45	100.00	0.00	0.00	1.92
<b>Média</b>	<b>38.65</b>	<b>115.95</b>	<b>184.05</b>	<b>327.38</b>	<b>96.25</b>	<b>0.71</b>	<b>3.04</b>	<b>1.81</b>
<b>Total ano</b>		<b>42320</b>	<b>67180</b>	<b>119495</b>				

Figura 24 – Janela com resultados mensais da Simulação 2.

Observa-se que a última coluna contém valores diferentes de zero. Isso ocorre porque é necessário que a água armazenada no reservatório inferior seja recalçada para o superior.

É importante ressaltar que o número de recalques diários é sempre um número inteiro (mesmo que não haja água suficiente para preencher o reservatório superior), mas a média diária de recalques ao longo de cada mês é geralmente um número fracionário.

O número médio de recalques diários é utilizado no cálculo do consumo de energia elétrica da motobomba, como mostrado na Seção 5.5.1.

### 7.3. Intervalo de volumes para reservatório inferior

Nesta seção é mostrado um exemplo em que o usuário não fixa o volume do reservatório inferior. Desta forma, são realizadas simulações para um intervalo de volumes, como explicado na Seção 4.3.

Serão utilizados os mesmos dados de entrada da Seção 7.2, com exceção do reservatório inferior, que será preenchido com os seguintes dados:

- Simulação para intervalo de reservatórios;
- Volume máximo: 5.000 litros;

- Intervalo entre volumes: 250 litros;
- Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial: 1 %/m<sup>3</sup>.

A variável “Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial” é utilizada na determinação do volume ideal para o reservatório inferior, como explicado na Seção 4.3.

Ao simular com estes dados (que pode ser inseridos no Netuno utilizando o arquivo Sim3Manual.csv), obtém-se um gráfico de potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial igual ao apresentado na Figura 25.

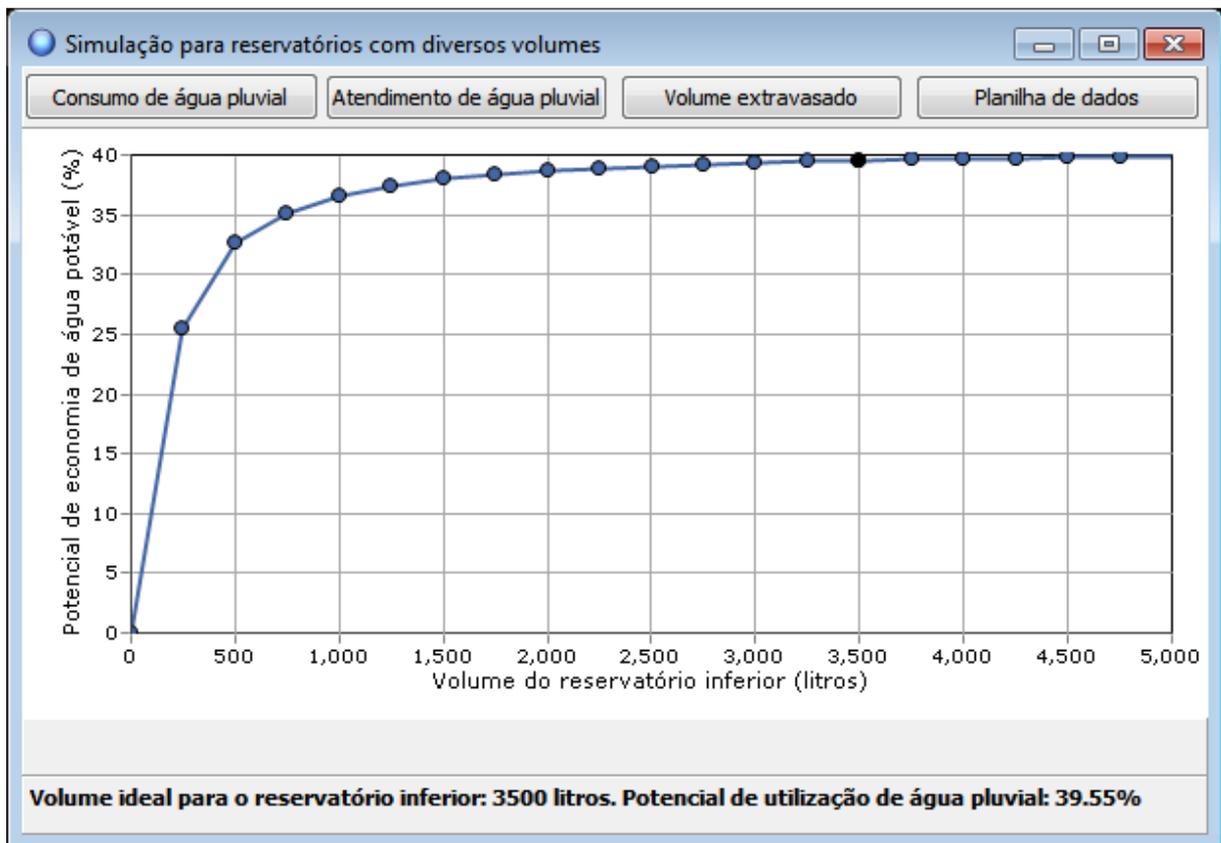


Figura 25 – Janela com resultados da Simulação 3.

E na parte inferior da janela há a seguinte informação: “Volume ideal para o reservatório inferior: 3500 litros. Potencial de economia de água potável: 39,55%”, o que corresponde ao ponto em preto na Figura 25. Esse volume ideal é obtido como indicado na Seção 4.3.

Outros três gráficos podem ser gerados no Netuno, através dos botões “Consumo de água pluvial” (Figura 26), “Atendimento de água pluvial” (Figura 27) e “Volume extravasado” (Figura 28).

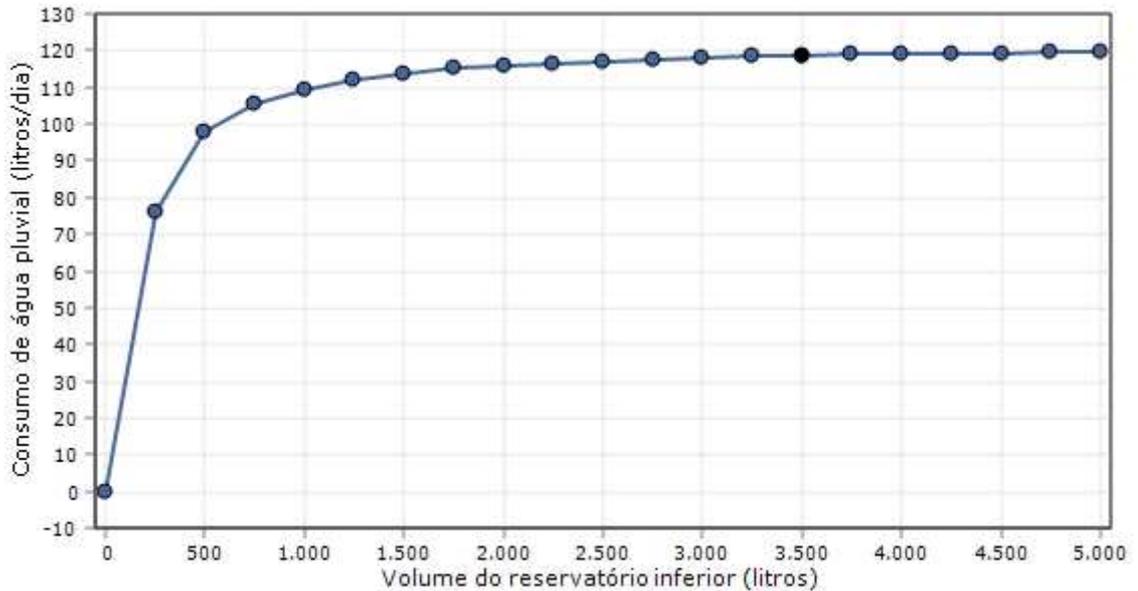


Figura 26 – Gráfico com consumo de água pluvial da Simulação 3.

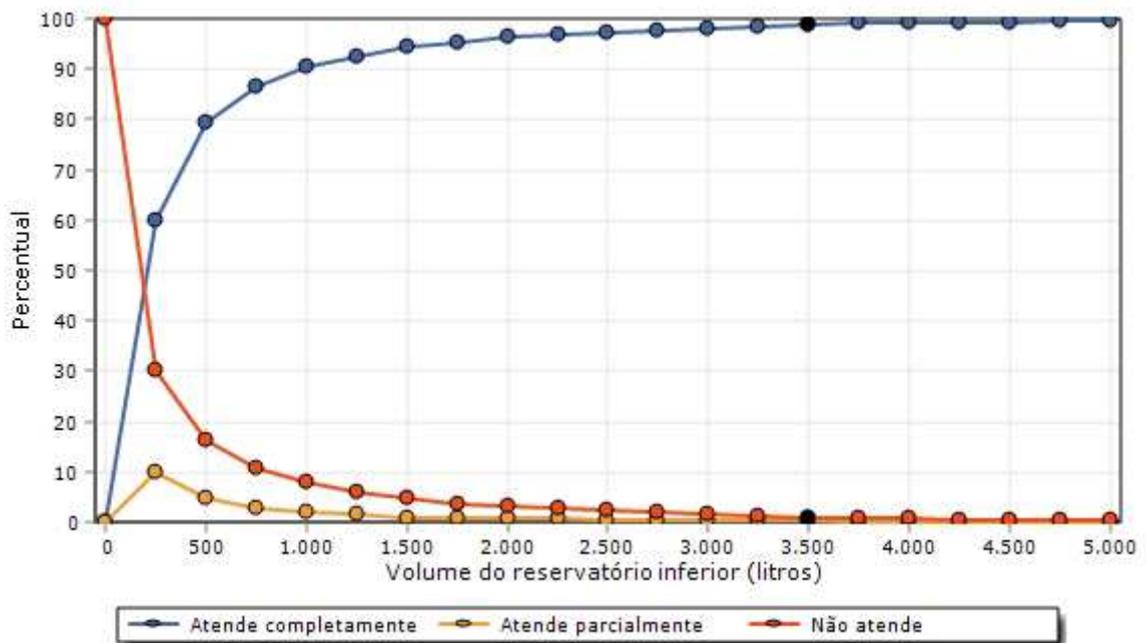


Figura 27 – Gráfico com atendimento de água pluvial da Simulação 3.

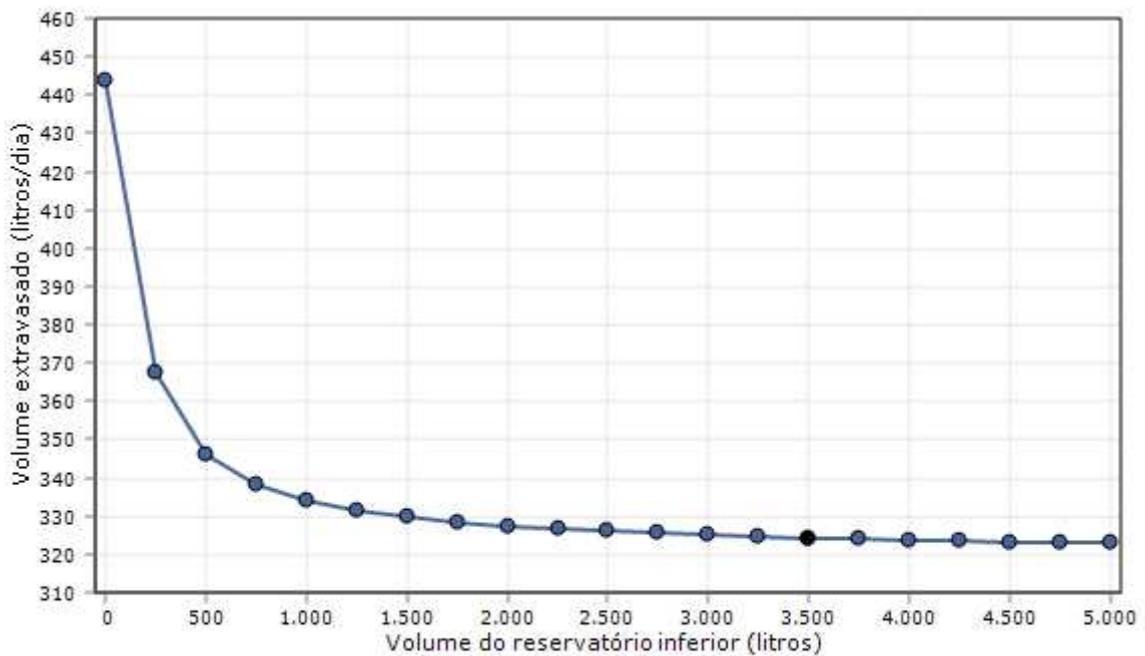


Figura 28 – Gráfico com volume de água pluvial extravasado da Simulação 3.

Através do botão “Planilha de dados” podem ser observados resultados de cada uma das simulações que compõem os gráficos acima. Uma das colunas dessa planilha, “Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial ( $\%/m^3$ )”, é utilizada na determinação do volume ideal para o reservatório inferior (maiores detalhes na Seção 4.3). Na Tabela 3 são apresentadas somente três colunas da planilha. Note que a simulação com volume de 3500 litros é a primeira em que a diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial é menor que  $1 \%/m^3$  (dado de entrada). Portanto, este volume é escolhido como o ideal.

Ao clicar em qualquer uma das linhas da Planilha de Dados, são apresentados os resultados mensais daquela simulação. Por exemplo, ao clicar sobre a linha referente ao volume de 3500 litros, aparece a tabela da Figura 29.

Tabela 3 – Planilha com dados parciais da Simulação 3 para entendimento da escolha do volume ideal do reservatório inferior.

Volume (litros)	Potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%)	Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m <sup>3</sup> )
0	0,00	0,000
250	25,39	253,893
500	32,58	71,921
750	35,17	25,881
1000	36,52	13,514
1250	37,35	8,299
1500	37,96	6,125
1750	38,35	3,917
2000	38,65	2,938
2250	38,85	2,026
2500	39,02	1,717
2750	39,19	1,673
3000	39,33	1,370
3250	39,45	1,251
<b>3500</b>	<b>39,55</b>	<b>0,991</b>
3750	39,65	0,951
4000	39,70	0,487
4250	39,74	0,438
4500	39,78	0,457
4750	39,83	0,428
5000	39,85	0,228

Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)	Média diária de recalques
Janeiro	40.00	120.00	180.00	527.24	100.00	0.00	0.00	1.93
Fevereiro	40.00	120.00	180.00	503.59	100.00	0.00	0.00	1.92
Março	40.00	120.00	180.00	430.88	100.00	0.00	0.00	1.92
Abril	40.00	120.00	180.00	295.14	100.00	0.00	0.00	1.93
Mai	40.00	120.00	180.00	312.40	100.00	0.00	0.00	1.91
Junho	39.73	119.20	180.80	60.01	99.00	0.67	0.33	1.88
Julho	38.86	116.58	183.42	117.28	97.10	0.32	2.58	1.84
Agosto	37.57	112.71	187.29	201.26	93.23	1.29	5.48	1.73
Setembro	38.50	115.49	184.51	351.62	96.00	1.00	3.00	1.81
Outubro	40.00	120.00	180.00	300.05	100.00	0.00	0.00	1.91
Novembro	40.00	120.00	180.00	415.35	100.00	0.00	0.00	1.93
Dezembro	40.00	120.00	180.00	388.15	100.00	0.00	0.00	1.92
<b>Média</b>	<b>39.55</b>	<b>118.65</b>	<b>181.35</b>	<b>324.27</b>	<b>98.77</b>	<b>0.27</b>	<b>0.96</b>	<b>1.88</b>
<b>Total ano</b>		<b>43309</b>	<b>66191</b>	<b>118359</b>				

Figura 29 – Janela com resultados mensais da Simulação 3 com volume ideal de 3500 litros para o reservatório inferior.

### 7.3.1. Caso com reservatório inferior ótimo não determinado

Nesta seção é apresentado um caso em que o reservatório inferior não pode ser determinado para o intervalo escolhido de volumes para o reservatório inferior.

Os dados utilizados são semelhantes aos da Seção 7.3, com exceção de:

- Dados de precipitação, que são os de Santana do Ipanema, de 01/01/2002 a 31/12/2011 (arquivo precSantanaDoIpanema\_2002\_2011.csv);
- Volume máximo do reservatório inferior: 10.000 litros;
- Intervalo entre volumes de reservatórios: 500 litros.

Este exemplo pode ser carregado no Netuno utilizando o arquivo Sim4Manual.csv.

Na Figura 30 é apresentado o gráfico do potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial para essa simulação. Os dados encontram-se na Tabela 4. Observe que na coluna “Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m<sup>3</sup>) (%/m<sup>3</sup>)” não há nenhuma linha com valor abaixo de 1 %/m<sup>3</sup> (valor escolhido na simulação). Por este motivo, o volume ideal para o reservatório inferior não é determinado.

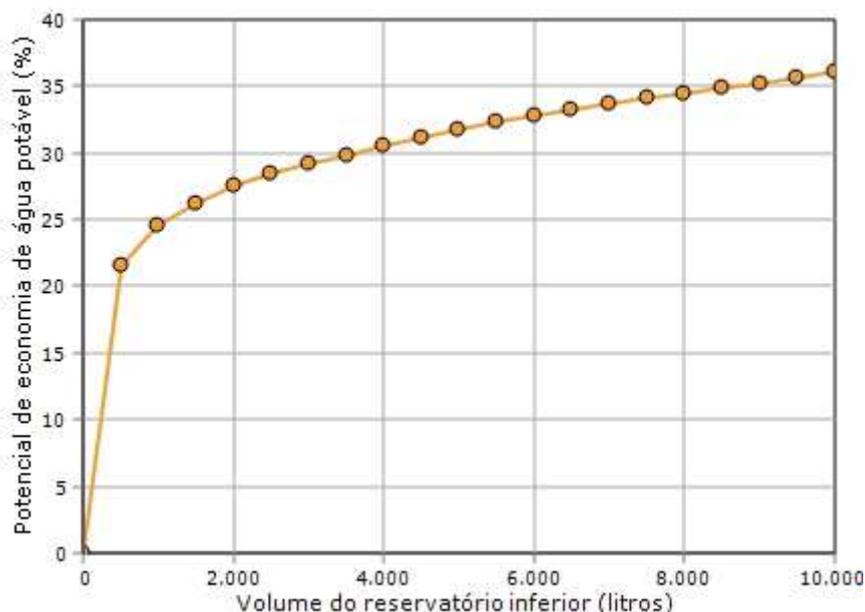


Figura 30 – Potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial com volume ideal não determinado.

Tabela 4 – Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial com volume não determinado.

Volume (m <sup>3</sup> )	Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m <sup>3</sup> )
0	-
0,5	107,75
1,0	15,24
1,5	8,44
2,0	6,04
2,5	4,95
3,0	3,74
3,5	3,27
4,0	3,22
4,5	3,22
5,0	3,21
5,5	2,72
6,0	2,49
6,5	2,11
7,0	2,05
7,5	2,08
8,0	1,99
8,5	1,90
9,0	1,93
9,5	1,97
10,0	1,99

No entanto, aumentando o intervalo de simulação para 20.000 litros, obtém-se um volume ideal de 16.000 litros.

Pela modelagem do sistema de captação de água pluvial, pode-se garantir que, com o aumento do volume do reservatório inferior, o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial tenderá assintoticamente para um valor fixo.

Portanto, sempre será possível obter um volume ideal para o reservatório inferior, bastando aumentar o volume máximo do reservatório inferior ou a "Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial".

Por outro lado, pode-se escolher um volume para o reservatório inferior através de análise visual da curva de potencial de economia. Dado que se conhece o local para colocação ou construção do reservatório, pode-se estimar a sua capacidade e, desta forma, através do gráfico se obtém um potencial aproximado de economia de água potável por meio do uso de água pluvial, além dos outros gráficos apresentados, como Atendimento de água pluvial, Volume extravasado, etc.

## 7.4. Caso com análise econômica

Nesta seção é apresentado um exemplo de análise econômica utilizando o Netuno. Serão utilizados valores meramente ilustrativos. Considere os dados de entrada da Seção 7.3, com as seguintes alterações:

- Demanda de 200 litros per capita/dia;
- Volume máximo do reservatório inferior: 10.000 litros.

Esta simulação pode ser reproduzida utilizando o arquivo Sim5Manual.csv.

Ao simular o sistema com essas alterações, encontra-se um volume ideal de 6750 litros.

Ao clicar em “Análise Econômica”, na tela principal do Netuno, aparece a mensagem da Figura 31. Clicando em Sim, é aberta a janela da análise econômica.



Figura 31 – Janela inicial da análise econômica (escolha do volume do reservatório inferior).

Os detalhes de cada uma das janelas utilizadas para entrada dos dados já foram apresentados no Capítulo 5. Portanto, aqui não serão mostradas as telas preenchidas.

A seguir são apresentados os dados utilizados na simulação.

As faixas de tarifas de água são apresentadas na Tabela 5. Não serão considerados impostos fixos ou variáveis, mas eles podem ser incluídos na simulação. As estimativas de consumo e economias de água são apresentadas na Figura 32. Essa janela é acessada através do botão “Estimativas de consumo de água”, na janela da análise econômica.

Tabela 5 – Tarifas de água.

Faixa	Valor (R\$)
Abaixo de 10 m <sup>3</sup>	28 (fixo)
Entre 10 e 25 m <sup>3</sup>	5 (por m <sup>3</sup> )
Entre 25 e 50 m <sup>3</sup>	7 (por m <sup>3</sup> )
Acima de 50 m <sup>3</sup>	8 (por m <sup>3</sup> )

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Volume de água pluvial recalcado (litros)	Custo sem utilização de água pluvial (R\$)	Custo com utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Jan	18600	7440,00	11160,00	7500,00	142,00	67,60	74,40
Fev	16800	6720,00	10080,00	6702,13	124,00	56,80	67,20
Mar	18600	7440,00	11160,00	7437,50	142,00	67,60	74,40
Abr	18000	7200,00	10800,00	7225,00	136,00	64,00	72,00
Mai	18600	7333,70	11266,30	7260,20	142,00	68,66	73,34
Jun	18000	6496,20	11503,80	6471,70	136,00	71,04	64,96
Jul	18600	5740,50	12859,50	5684,90	142,00	84,59	57,41
Ago	18600	5818,90	12781,10	5875,30	142,00	83,81	58,19
Set	18000	6257,60	11742,40	6314,80	136,00	73,42	62,58
Out	18600	7431,00	11169,00	7450,00	142,00	67,69	74,31
Nov	18000	7200,00	10800,00	7225,00	136,00	64,00	72,00
Dez	18600	7440,00	11160,00	7412,50	142,00	67,60	74,40

Figura 32 – Janela com estimativas de consumos e economias mensais de água da Simulação 5.

Os dados referentes ao fluxo de caixa são apresentados na Tabela 6; os custos iniciais, na Tabela 7; os dados referentes à motobomba, na Tabela 8; e os custos de manutenção, na Tabela 9.

Tabela 6 – Dados de entrada referentes ao fluxo de caixa.

Variável	Valor
Inflação	0,2% ao mês
Reajuste das tarifas de água e energia elétrica	12 meses
Período de análise	20 anos
Taxa mínima de atratividade	2% ao mês
Mês de instalação do sistema	Janeiro

Tabela 7 – Custos iniciais.

Custos iniciais	Valor (R\$)
Reservatório inferior (3750 litros)	1200
Reservatório superior (500 litros)	200
Mão de obra	800
Tubulações	200
Acessórios	100

Tabela 8 – Dados de entrada referentes à motobomba.

Variável	Valor
Potência	½ cv
Rendimento	55%
Vazão	2400 litros/hora
Tempo de partida	108 segundos
Preço	R\$ 200
Tarifa de energia elétrica	0,33 R\$/kWh
Impostos fixos	0
Impostos variáveis	0

Tabela 9 – Dados de entrada referentes a custos de manutenção.

Nome	Coeficiente linear	Coeficiente angular	Periodicidade
Tratamento de água	0	1,2 R\$/m <sup>3</sup> de	1 mês

Detalhes sobre os coeficientes linear e angular foram apresentados na Seção 5.5.2.

Ao simular com os dados acima, chega-se a:

- Valor presente líquido: R\$ 537,48;
- Tempo de retorno do investimento: 97 meses;
- Taxa interna de retorno: 2,38 % ao mês.

## 7.5. Simulação de cenários

Nesta seção será apresentado um exemplo em que os parâmetros de simulação são variados, de forma que é criada toda a árvore de combinações.

Serão utilizados dados de simulação de três municípios:

- Florianópolis, de 01/01/2002 a 31/12/2011;
- Santos, de 01/01/1994 a 31/12/2003;
- Santana do Ipanema, de 01/01/2002 a 31/12/2011.

Três áreas de captação serão consideradas:

- 100 m<sup>2</sup>;
- 200 m<sup>2</sup>;
- 300 m<sup>2</sup>.

Três escolhas para número de moradores:

- 2;
- 3;
- 4.

Os dados restantes, que serão fixos para todas as combinações, são:

- Demanda: 100 litros per capita/dia;
- Percentual da demanda total a ser suprida por água pluvial: 40%;
- Coeficiente de escoamento superficial: 0,9;
- Reservatório superior: igual à demanda diária, com recalque se o volume do reservatório superior estiver abaixo de 50%;
- Reservatório inferior: volume máximo de 10.000 litros, com intervalo de 250 litros, e diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial de 1 %/m<sup>3</sup>.

Após o preenchimento, a janela da simulação de cenários deve ficar semelhante à da Figura 33 (os caminhos dos arquivos de precipitação serão diferentes).

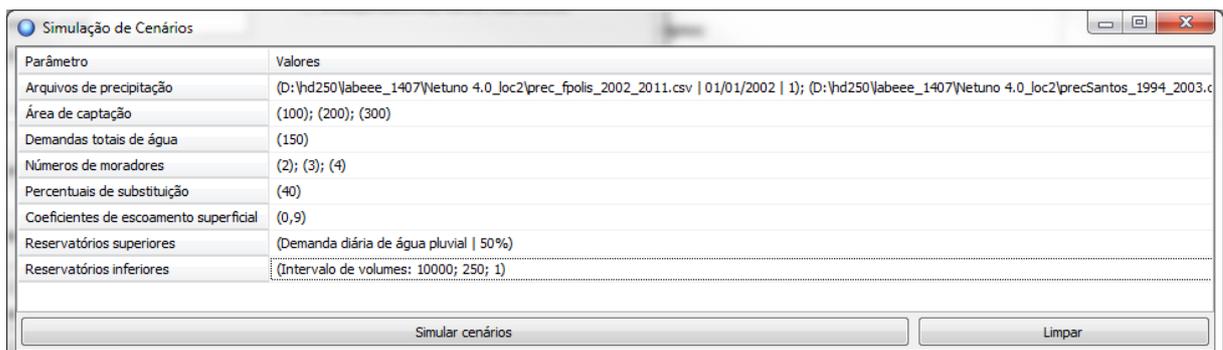


Figura 33 – Janela para a simulação de cenários.

Ao clicar em Simular cenários, aparece uma planilha com os resultados das simulações. Na Tabela 10 é mostrada essa planilha, com algumas colunas de dados de entrada omitidas.

Nota-se que, em algumas simulações para Santana do Ipanema, não foi possível determinar o volume ideal. Isso ocorre pelo motivo explicado na Seção 7.3.1.

Ao clicar em qualquer linha da planilha, abre-se uma janela com o gráfico de potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (a mesma janela da simulação para reservatórios inferiores com diversos volumes). Como mostrado na Seção 7.3, pode-se acessar outros gráficos e uma planilha com as simulações individuais – para cada reservatório inferior – desta simulação em particular.

Se, no preenchimento dos dados da simulação de cenários, for escolhido um reservatório inferior fixo, ao clicar em uma das linhas serão mostrados os resultados mensais para aquela simulação.

Dois botões são mostrados na parte inferior da janela com os resultados das simulações: “Exportar somente planilha” e “Gráfico”.

O primeiro botão, que pode ser expandido através da seta no canto direito, permite exportar somente essa planilha, que contém os dados de entrada e, como resultados, o volume do reservatório inferior (ideal, caso seja escolhida a simulação para reservatórios inferiores com diversos volumes) e o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial, ou então pode-se exportar essa planilha e todas as simulações individuais. Para esta opção, deve-se escolher uma pasta, onde serão gerados os arquivos referentes a todas as simulações. Nessa pasta, será gerado um arquivo com nome “Planilha.csv”, que contém uma tabela semelhante à Tabela 10, e arquivos numerados sequencialmente contendo cada uma das simulações. Estes arquivos podem ser carregados individualmente no Netuno, através do botão “Carregar simulação previamente salva”, na janela principal.

Também podem ser gerados gráficos dos cenários, caso a simulação tenha ocorrido para reservatórios inferiores com diversos volumes. Neste caso, o botão “Gráfico”, na janela com a planilha de resultados, ficará ativo.

Inicialmente, a janela de gráficos da simulação de cenários será como na Figura 34.

Tabela 10 – Resultados da simulação de cenários.

	Dados de precipitação	Área captação (m <sup>2</sup> )	Número de moradores	Reservatório superior (litros)	Reservatório inferior ótimo (litros)	Economia de água potável (%)
1	Florianópolis	100	2	80	3000	39,88
2	Florianópolis	100	3	120	4000	39,60
3	Florianópolis	100	4	160	5750	39,29
4	Florianópolis	200	2	80	2250	39,89
5	Florianópolis	200	3	120	3000	39,66
6	Florianópolis	200	4	160	4250	39,55
7	Florianópolis	300	2	80	2250	39,94
8	Florianópolis	300	3	120	3250	39,87
9	Florianópolis	300	4	160	4000	39,74
10	Santos	100	2	80	1750	39,85
11	Santos	100	3	120	2500	39,72
12	Santos	100	4	160	3250	39,54
13	Santos	200	2	80	1750	39,86
14	Santos	200	3	120	2500	39,85
15	Santos	200	4	160	3000	39,78
16	Santos	300	2	80	1500	39,83
17	Santos	300	3	120	2250	39,83
18	Santos	300	4	160	2500	39,67
19	Santana do Ipanema	100	2	80	*	0
20	Santana do Ipanema	100	3	120	*	0
21	Santana do Ipanema	100	4	160	*	0
22	Santana do Ipanema	200	2	80	9000	39,76
23	Santana do Ipanema	200	3	120	*	0
24	Santana do Ipanema	200	4	160	*	0
25	Santana do Ipanema	300	2	80	7500	39,53
26	Santana do Ipanema	300	3	120	*	0
27	Santana do Ipanema	300	4	160	*	0

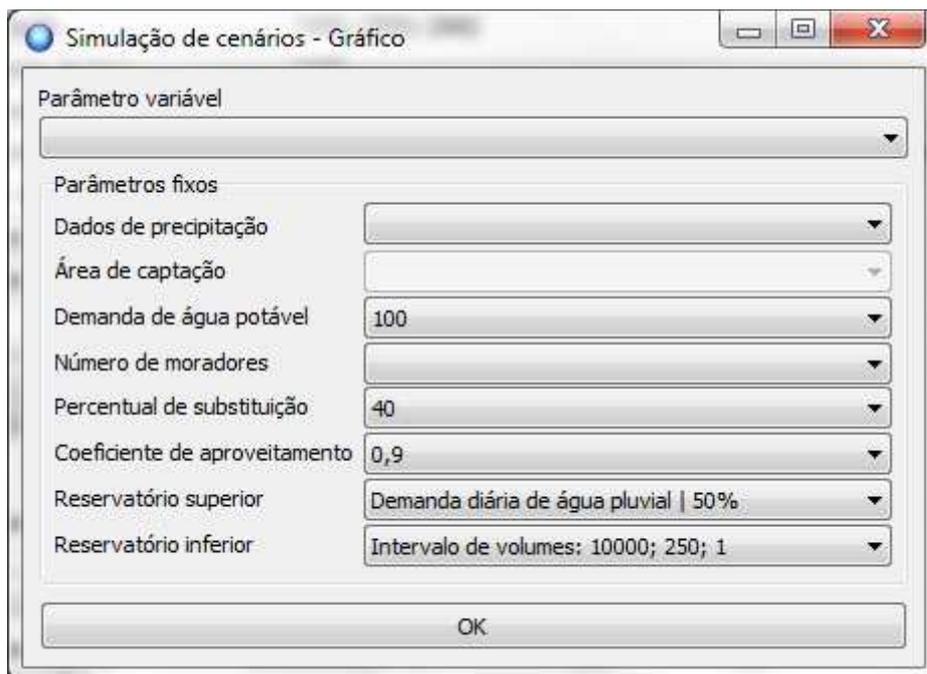


Figura 34 – Janela para entrada de dados para simulação de cenários.

Para a geração de gráficos, somente um dos parâmetros pode ser variável, o qual é escolhido no campo “Parâmetro variável”. Todos os outros campos devem ser fixos, de forma que o gráfico gerado tenha duas dimensões, sendo o eixo x o volume do reservatório inferior.

Neste exemplo, o Número de moradores será o parâmetro variável. Logo, os campos Dados de precipitação e Área de captação devem ter valores fixos. Estes serão: dados de precipitação de Florianópolis e 200 m<sup>2</sup>. Desta forma, a janela de geração de gráficos ficará como mostra a Figura 35.

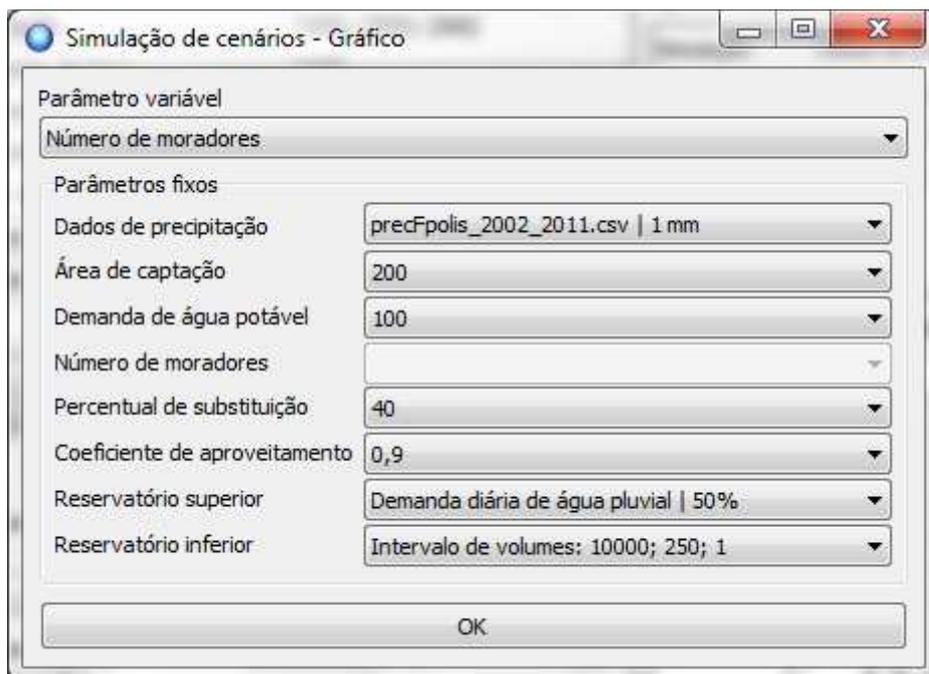


Figura 35 – Simulação de cenários – janela preenchida.

Ao clicar em OK, duas janelas aparecerão: uma contendo o gráfico das simulações (Figura 36), e outra com uma planilha contendo as simulações que geraram esses resultados (Figura 37).

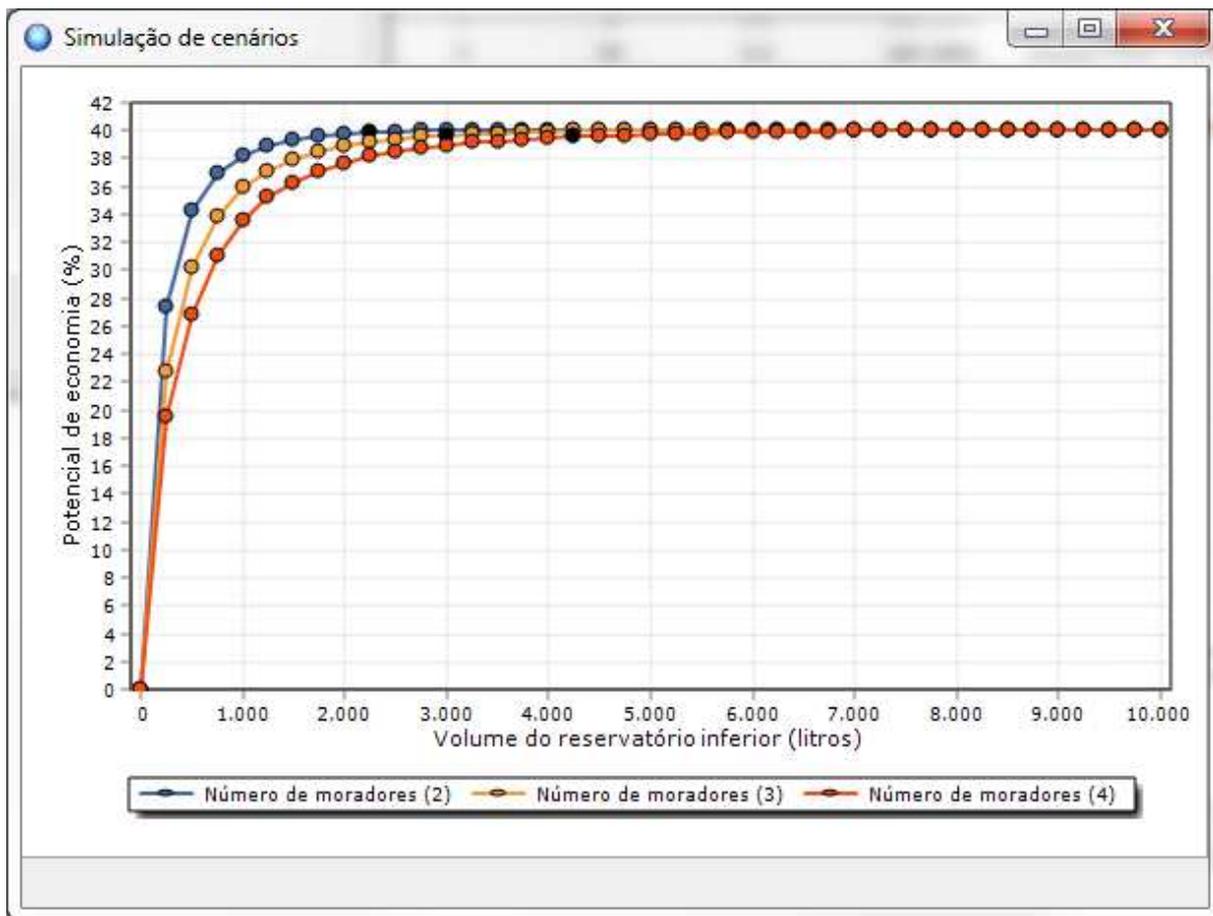


Figura 36 – Gráfico gerado na simulação de cenários.

Como esperado, observa-se que, com o aumento do número de moradores, diminui o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial.

A tela 'Simulação de cenários - Resultado' exibe os seguintes dados:

Simulação	Dados de pre...	Descarte pre...	Área de capt...	Demanda de ...	Número de h...	Percentual de...	Coefficiente d...	Reservatório ...	Reservatório ...	Potencial de ...
1	precFpolis_2...	1	200	100	2	40	0,9	80   50%	Vol ideal: 2250	39,89
2	precFpolis_2...	1	200	100	3	40	0,9	120   50%	Vol ideal: 3000	39,66
3	precFpolis_2...	1	200	100	4	40	0,9	160   50%	Vol ideal: 4250	39,55

Figura 37 – Dados de entrada e resultados das simulações referentes à Figura 32.

## 8. Erros eventuais

---

Entre os erros que podem ocorrer ao utilizar o Netuno, uma grande parte pode ser resolvida seguindo os seguintes passos.

1. Certifique-se de que os dados de precipitação estão em formato CSV, em uma só coluna, com um dado de precipitação diário por linha;
2. Certifique-se de que há dados de precipitação em quantidade suficiente para uma simulação realista. Recomenda-se no mínimo de 5 anos de medições diárias;
3. Verifique se o separador decimal dos dados de precipitação coincide com o separador decimal do sistema;
4. Verifique se há algum campo não preenchido;
5. Verifique, entre os campos preenchidos, se há algum dado inesperado, como letras em campos numéricos;
6. Verifique, entre os campos preenchidos, se o separador decimal coincide com o separador decimal do sistema;
7. Caso esteja carregando uma simulação previamente salva, certifique-se de que a simulação foi salva no Netuno 4. Não há compatibilidade para simulações salvas utilizando o Netuno 3.

Caso o erro persista, entre em contato com:

- Marcelo Marcel Cordova ([cordova.mm@gmail.com](mailto:cordova.mm@gmail.com))
- Enedir Ghisi ([enedir@labeeee.ufsc.br](mailto:enedir@labeeee.ufsc.br))
- Suporte LabEEE ([suporte.labeeee@gmail.com](mailto:suporte.labeeee@gmail.com))

## 9. Leitura complementar

---

Como leitura complementar, recomendamos alguns trabalhos que utilizaram o Netuno.

### **Artigos disponíveis no portal de periódicos da CAPES:**

- GHISI, E.; RUPP, Ricardo Forgiarini; TRISKA, Yuri. Comparing indicators to rank strategies to save potable water in buildings. . *Resources, Conservation and Recycling*, v. 87, p. 137-144, 2014.
- GHISI, E.; SCHONDERMARK, P.N. Investment Feasibility Analysis of Rainwater Use in Residences. *Water Resources Management*, v. 27, p. 2555-2576, 2013.
- GHISI, E.; PROENÇA, Lúcio Costa. Assessment of Potable Water Savings in Office Buildings Considering Embodied Energy. *Water Resources Management*, v. 27, p. 581-599, 2013.
- GHISI, E.; CARDOSO, Karla Albino; RUPP, Ricardo Forgiarini. Short-term versus long-term rainfall time series in the assessment of potable water savings by using rainwater in houses. *Journal of Environmental Management*, v. 100, p. 109-119, 2012.
- SOUZA, E.L.; GHISI, E. Potable Water Savings by Using Rainwater for Non-Potable Uses in Houses. *Water*, v. 4, p. 607-628, 2012.
- PROENÇA, Lúcio Costa; GHISI, E.; TAVARES, D.F.; COELHO, Gabriel Marcon . Potential for electricity savings by reducing potable water consumption in a city scale. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 55, p. 960-965, 2011.
- GHISI, E. Parameters Influencing the Sizing of Rainwater Tanks. *Water Resources Management*, v. 24, p. 2381-2403, 2010.
- GHISI, E.; TAVARES, D.F.; ROCHA, Vinicius Luis. Rainwater harvesting in petrol stations in Brasília: potential for potable water savings and investment feasibility analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 54, p. 79-85, 2009.
- GHISI, E.; OLIVEIRA, Sulayre Mengotti. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. *Building and Environment*, v. 42, p. 1731-1742, 2007.

GHISI, E.; FERREIRA, Daniel Fabricio. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. *Building and Environment*, v. 42, p. 2512-2522, 2007.

#### **Artigos disponíveis em <http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido>**

RUPP, R.F.; MUNARIM, Ulisses; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. *Ambiente Construído*, v. 11, p. 47-64, 2011.

FASOLA, G.B.; GHISI, E.; MARINOSKI, Ana Kelly; BORINELLI, J.B. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído*, v. 11, p. 65-78, 2011.

MARINOSKI, Ana Kelly; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis - SC. *Ambiente Construído*, v. 8, p. 67-84, 2008.

#### **Capítulo de livro disponível em <http://www.intechopen.com/books/water-conservation/analysis-of-potable-water-savings-using-behavioural-models>**

CORDOVA, M.M.; GHISI, E. *Analysis of Potable Water Savings Using Behavioural Models*. In: Manoj K. Jha. (Org.). *Water Conservation*. 1ed. Rijeka: InTech Open, 2011, v. 1, p. 89-104.

#### **Dissertações de mestrado disponíveis em [labeee.ufsc.br](http://labeee.ufsc.br)**

Abel Silva Vieira. *Uso racional de água em habitações de interesse social como estratégia para a conservação de energia em Florianópolis, Santa Catarina*. 2012. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Orientador: Enedir Ghisi.

Ana Kelly Marinoski. *Método para avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial*. 2010. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Orientador: Enedir Ghisi.

Epaminondas de Souza Lage. *Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte: Potencial de economia de água*

*potável e estudo de viabilidade econômica*. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina . Orientador: Enedir Ghisi.

Vinicius Luis Rocha. *Validação de um algoritmo para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações*. 2009. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Orientador: Enedir Ghisi.

## 10.Referências

---

ABNT. **NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais.** 1989.