

**Título Manual de Projetos da SANEAGO | 06.01 Simulação Hidráulica****Objetivo** Manual de Projetos da SANEAGO**Aplicação** SANEAGO**DIRETORIA DE EXPANSÃO (DIEXP)****SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS E PROJETOS (SUESP)****GRUPO 06 – ESTUDOS ESPECIAIS****MÓDULO 06.01 – SIMULAÇÃO HIDRÁULICA****Sumário**

|                                                   |   |
|---------------------------------------------------|---|
| 1 - Apresentação.....                             | 2 |
| 2 - Referências Normativas.....                   | 2 |
| 3 - Definições.....                               | 3 |
| 4 - Modelagem hidráulica.....                     | 3 |
| 5 - Etapas de simulação hidráulica.....           | 4 |
| 5.1 - Coleta de dados.....                        | 4 |
| 5.2 - Construção do modelo hidráulico.....        | 5 |
| 5.2.1 - Modelo hidráulico para SES.....           | 5 |
| 5.2.2 - Modelo hidráulico para SAA.....           | 5 |
| 5.3 - Validação inicial do modelo hidráulico..... | 6 |
| 5.4 - Calibração do modelo hidráulico.....        | 6 |
| 5.5 - Resultado do cenário atual.....             | 6 |
| 5.6 - Elaboração de cenários e alternativas.....  | 6 |
| 5.6.1 - Cenários para SAA.....                    | 6 |
| 5.6.2 - Cenários para SES.....                    | 7 |
| 5.7 - Escolha da solução ótima.....               | 7 |
| 6 - Softwares para simulação hidráulica.....      | 7 |
| 7 - Conteúdo dos documentos.....                  | 7 |
| 7.1 - Memorial de Cálculo.....                    | 7 |
| 8 - Referências Bibliográficas.....               | 8 |
| 9 - Considerações Finais.....                     | 8 |
| 10 - Controle de Revisões.....                    | 8 |

## 1 - APRESENTAÇÃO

Este Módulo, denominado “Simulação Hidráulica”, aponta, em termos gerais, os estudos que devem ser realizados, os parâmetros mínimos a serem atendidos, as normas a serem consultadas e o conteúdo indispensável contido nos documentos entregues no âmbito da SANEAGO. Ressalta-se que os estudos, projetos e documentos produzidos não se limitam ao que aqui é apresentado, podendo ser complementados conforme necessário.

## 2 - REFERÊNCIAS NORMATIVAS

As principais referências para os serviços instruídos por este documento estão relacionadas a seguir. Salienta-se que a relação apresentada não exclui a necessidade de consulta e atendimento de outros documentos normativos relacionados e legislação pertinentes.

- ABNT NBR 12211 – Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água;
- ABNT NBR 12212 – Projeto de poço para captação de água subterrânea;
- ABNT NBR 12213 – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público;
- ABNT NBR 12214 – Projeto de sistema de bombeamento e água para abastecimento público;
- ABNT NBR 12215 – Projeto de adutora de água para abastecimento público;
- ABNT NBR 12216 – Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público;
- ABNT NBR 12217 – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público;
- ABNT NBR 12218 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público;
- ABNT NBR 12586 – Cadastro de sistema de abastecimento de água;
- ABNT NBR 9648 – Estudos de concepção de sistemas de esgoto sanitário;
- ABNT NBR 16682 – Projeto de linha de recalque para sistema de esgotamento sanitário – Requisito;
- ABNT NBR 9649 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário;
- ABNT NBR 12207 – Projeto de interceptores de esgoto sanitário;
- ABNT NBR 12266 – Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água esgoto ou drenagem urbana – Procedimento;
- ABNT NBR 14486 – Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário - Projeto de redes coletoras com tubos de PVC;
- ABNT NBR 7367 – Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário;
- ABNT NBR 15645 – Execução de obras utilizando tubos e aduelas pré-moldados em concreto;
- ABNT NBR 17015 – Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis;
- ABNT NBR 12587 – Cadastro de sistema de esgotamento sanitário – Procedimento.

- Manual de Projetos da SANEAGO e;
- Manual de Obras da SANEAGO.

Outras normativas e bibliografias consolidadas podem ser utilizadas desde que submetidas e autorizadas pelo setor de projetos da SANEAGO.

### 3 - DEFINIÇÕES

As Definições utilizadas neste documento encontram-se no Módulo 100.01 – Apêndices – Glossário, com destaque para:

1. Base de dados – todos os dados de entrada necessários para que o modelo hidráulico funcione corretamente.
2. Calibração do modelo – consiste no processo de comparação dos valores simulados pelo software de modelagem com os dados observados em campo e, se necessário, ajustar os coeficientes e parâmetros que descrevem o sistema até o ponto em que o modelo forneça respostas confiáveis, ou seja, até que os valores simulados de aproximem aos dados observados em campo.
3. Modelo hidráulico – Modelo hidráulico computacional de um sistema de abastecimento de água ou sistema de esgotamento sanitário é uma representação do sistema real existente e / ou projetado dentro de um ambiente de simulação computacional.

As Siglas e Abreviaturas utilizadas neste documento estão definidas no Módulo 100.02 – Apêndices – Siglas e Abreviaturas.

### 4 - MODELAGEM HIDRÁULICA

A modelagem hidráulica computacional permite uma representação de um sistema real existente e / ou projetado dentro de um ambiente de simulação, sendo de extrema importância para a elaboração de projetos de expansão de sistemas complexos, como SAA e SES.

O modelo hidráulico é basicamente a inserção de uma base de dados em um *software* específico de modelagem hidráulica. A partir desses dados de entrada, de parâmetros e coeficientes previamente determinados (ou calibrados), o *software* calcula o funcionamento de um sistema e gera resultados na forma de parâmetros para avaliação (pressão, vazão, velocidade, perda de carga, tensão trativa, etc., a depender do sistema modelado). Com essas respostas, o usuário pode realizar as devidas análises necessárias para resolver os problemas de seu projeto.

Assim, é possível que se tenha uma melhor e mais rápida avaliação de diferentes alternativas e a escolha de uma solução ótima para a expansão e melhoria do sistema modelado.

Devem ser utilizadas simulações hidráulicas para o dimensionamento em projetos de unidades lineares, como:

- SES: linhas de recalque, redes coletoras de esgoto, coletores-tronco, interceptores e emissários.
- SAA: adutoras de água bruta, adutoras de água tratada e redes de distribuição de água.

A elaboração dessas simulações devem considerar, além das informações aqui contidas, as diretrizes dos outros módulos deste Manual, em especial os módulos do **Grupo 4 – Projetos Hidráulicos SAA do Manual de Projetos da SANEAGO** e os módulos do **Grupo 5 – Projetos Hidráulicos SES do Manual de Projetos da SANEAGO**.

## 5 - ETAPAS DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA

Uma simulação hidráulica para a elaboração de projetos, tanto para sistemas de abastecimento de água (SAA) quanto para sistemas de esgotamento sanitário (SES), deve ser realizada seguindo as seguintes etapas:

1. Coleta de dados;
2. Construção do modelo hidráulico;
3. Validação inicial do modelo hidráulico;
4. Calibração do modelo hidráulico;
5. Resultado do cenário atual;
6. Elaboração de cenários e alternativas;
7. Escolha da solução ótima.

### 5.1 - Coleta de dados

A simulação hidráulica deve ser feita a partir de uma base de dados. A qualidade dos dados é importante para que seja gerado um modelo hidráulico confiável. No caso de estudos de redes que ainda não foram executadas, a simulação hidráulica deve ser feita a partir dos dados do Projeto em vigor. Para redes existentes, estes dados podem ser obtidos do cadastro técnico ou levantados em campo. De toda maneira, as seguintes informações devem ser reunidas:

- Cadastro técnico e dados operacionais:
  - Traçados das tubulações do sistema;
  - Características da tubulação (comprimento, idade, material, diâmetro);
  - Localização de registros e válvulas;
  - Localização das unidades localizadas;
  - Limites de setores de abastecimento ou bsubacias de esgotamento;
  - Dimensões de reservatórios (para SAA) ou poços de sucção (para SES);
  - Características de elementos de inspeção e demais órgãos acessórios (para SES);
  - Curva e regras de operação de bombas de elevatórias;
- Dados comerciais:
  - Demandas de água padrões de consumo per capita;
- Topografia da rede (cotas, ligações, etc.);
- Topografia do terreno da região;
- Urbanização da região (arruamentos, limites de quadra, meios-fios, limites de lotes);
- População (ou densidade demográfica);

- Projetos e estudos existentes;
- Mapas e croquis diversos.

## 5.2 - Construção do modelo hidráulico

O modelo hidráulico deve ser construído a partir da importação e parametrização dos dados coletados na etapa anterior dentro do *software* de simulação.

Independente do diâmetro, as redes devem ser modeladas considerando todas as tubulações presentes nos dados coletados e devem ser inseridas no modelo de forma georreferenciada (SIRGAS 2000), exceto se estiverem desativadas.

### 5.2.1 - Modelo hidráulico para SES

Os nós devem ser lançados no modelo de modo que represente da melhor forma possível as características da região, sendo, pelo menos, um nó a cada mudanças de diâmetro e sentido das tubulações de todos os trechos definidos, ou seja, cada singularidade deve ser um nó. Grandes consumidores/lançamentos devem ser lançados em nós separados.

A pedido do analista do projeto, poderá ocorrer solicitação de realização de simulações por sub-bacia de esgoto sanitário, a ser definido no início da implementação da simulação hidráulica.

Deve ser feita a diferenciação de quais redes possuem escoamento pressurizado (linhas de recalque) e quais são conduto livre (redes coletoras de esgoto, coletores-tronco, interceptores e emissários finais).

### 5.2.2 - Modelo hidráulico para SAA

A rede deve ser simulada considerando todas as tubulações presentes no cadastro técnico de água, independente do diâmetro. A pedido do analista do projeto, poderá ocorrer solicitação de realização de simulações por setor de abastecimento / área de influência de reservação, a ser definido no início da implementação da simulação hidráulica.

Para os sistemas de abastecimento de água, os nós deverão locados de forma obrigatória:

- Em todas as mudanças de diâmetro das tubulações, a montante e jusante do eixo das bombas hidráulicas, a montante e jusante de válvulas e na saída de reservatórios;
- No mínimo um nó nas cotas de terreno mais elevadas de cada zona de pressão. Caso exista reservatório nessa zona, o mesmo deverá ser considerado com nível mínimo do cenário de demanda máxima;
- No mínimo um nó nas cotas de terreno mais baixas de cada zona de pressão. Caso exista reservatório nessa zona, o mesmo deverá ser considerado com nível máximo do cenário de demanda mínima;
- Em trechos de redes com cotas de terrenos intermediárias superiores às cotas de terreno dos seus extremos.

O consumo de água das economias das áreas de expansão será igual ao consumo das economias de um grupo de padrão de consumo similar. Todas as economias existentes deverão ter suas demandas acrescidas das perdas de água da respectiva “área de medição” para simulação do SAA existente.

A vazão máxima horária dos nós deve estar limitada a 1,3 L/s para redes DN 50 mm, com exceção dos nós referentes

às ligações de grandes consumidores. Para os demais diâmetros, deve ser calculada a vazão necessária a fim de resultar numa perda de carga máxima de 8 m/km. Os grandes consumidores devem ser identificados por um nó individual e verificados junto ao setor de cadastro técnico da unidade regional em qual rede este ramal está interligado.

### 5.3 - Validação inicial do modelo hidráulico

Após a simulação do modelo hidráulico em *software* específico, devem ser avaliados os erros iniciais, ajustando-os e corrigindo os dados de entrada, se for o caso, ou adequando parâmetros e coeficientes pré-determinados do modelo. Nesta etapa, são gerados os primeiros resultados do modelo hidráulico.

### 5.4 - Calibração do modelo hidráulico

Em sistemas existentes em que haja informações operacionais disponíveis, o modelo hidráulico deve ser calibrado com base em dados obtidos em campo, como vazão, pressão, nível, vazamentos, lâmina d'água, extravasamentos, queixas recorrentes, etc. Após a conclusão da elaboração das simulações hidráulicas do sistema existente e antes de iniciar qualquer simulação do sistema proposto, deverá ser executada a calibração da respectiva simulação.

Com estas informações, são realizados os ajustes no modelo para corresponder à situação real do sistema.

### 5.5 - Resultado do cenário atual

Com o modelo calibrado e ajustado são gerados os resultados do cenário atual, a partir do qual são verificados os pontos em que há problemas quanto às diretrizes de projeto, como:

- SAA: pressões acima ou abaixo do permitido por norma, perdas de carga elevada, velocidades excessivas, etc.
- SES: tensão trativa inferior à determinada, velocidades máximas acima do permitido por norma, declividades menores que o permitido, trecho com ocorrência de remanso, etc.

Caso a simulação seja um sistema novo, naturalmente, essa etapa pode ser suprimida, pois o cenário atual seria a ausência do sistema.

### 5.6 - Elaboração de cenários e alternativas

A partir do cenário atual, são criadas simulações para diferentes proposições de melhorias para o sistema, e são gerados os resultados para cada uma dessas alternativas em diferentes cenários operacionais, até se chegar a uma solução ótima.

#### 5.6.1 - Cenários para SAA

Para SAA, em cada um dos cenários, devem ser avaliadas diferentes condições operacionais, considerando diferentes níveis dos reservatórios, regime estático, regime dinâmico, variações de vazão, e outras questões que sejam relevantes de acordo com o contexto específico do projeto.

Devem ser executadas obrigatoriamente as simulações estáticas referentes à vazão máxima horária e à vazão mínima. Conforme orientação do gestor do projeto, pode ser solicitada as simulações dos demais períodos: vazão média e vazão máxima diária.

Pode ainda ser solicitada a simulação em período estendido de 1 dia para fins de calibração do modelo, desde que se tenha medições simultâneas de campo de vazão, pressão e níveis de reservatórios para a realização desta calibração.

Nas ampliações do sistema distribuidor, as simulações das tubulações e equipamentos deverão ser em etapas de 10 anos ou conforme definido nesse próprio Manual de Projetos.

### 5.6.2 - Cenários para SES

Para SES, devem ser simulados, de forma geral, três cenários diferentes:

1. Início de plano
2. Final de plano
3. Saturação

Os cenários de final de plano devem considerar diferentes condições finais, de acordo com a unidade linear a que diz respeito, ou seja, considerar a vazão de saturação para redes coletoras de esgoto e coletores-tronco, a vazão de final de plano para linhas de recalque, interceptores e emissários finais, e a vazão de final de plano acrescida da contribuição pluvial parasitária para interceptores.

### 5.7 - Escolha da solução ótima

A partir dos resultados de cada cenário e do objetivo do projeto, é feita então a escolha da solução ótima para o sistema e apresentação da simulação, conforme especificado no tópico 7 deste módulo do Manual de Projetos.

## 6 - SOFTWARES PARA SIMULAÇÃO HIDRÁULICA

As modelagens hidráulicas devem ser realizadas por meio de softwares específicos de simulação hidráulica e compatíveis com os utilizados pela SANEAGO, que são as soluções da Bentley<sup>1</sup>:

- WaterCAD – simulação de sistemas de abastecimento de água;
- SewerCAD – simulação de sistemas de esgotamento sanitário;

Os arquivos de simulação entregues devem ter compatibilidade com QGIS (.shp).

## 7 - CONTEÚDO DOS DOCUMENTOS

As simulações hidráulicas compõem parte do Memorial de Cálculo das entregas de Projetos Hidráulicos de SAA e SES. Por isso, as informações aqui citadas podem ser apresentadas dentro do mesmo arquivo do Memorial de Cálculo do próprio projeto.

A elaboração destas simulações devem considerar, além das informações aqui contidas e do Manual de Projetos como um todo, as diretrizes dos módulos do **Grupo 4 – Projetos Hidráulicos de SAA do Manual de Projetos da SANEAGO** e dos módulos do **Grupo 5 – Projetos Hidráulicos de SES do Manual de Projetos da SANEAGO**.

1 Para projetos que se enquadram nas condições do Módulo 01.08 – Projetos de Empreendedores, não há exigência de software específico.

## 7.1 - Memorial de Cálculo

| Memorial de Cálculo – Relatório em formato A4                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Formatação do documento conforme o modelo padrão SANEAGO, incluindo codificação de documentos.                                                                                          |
| Descrição do sistema modelado, do contexto da simulação hidráulica e das premissas adotadas.                                                                                            |
| Descrição das condições de contorno consideradas na simulação, dados de entrada, cálculos iniciais e metodologia de cálculo adotada e parâmetros e coeficientes utilizados no software. |
| Descrição de cada um dos cenários e alternativas simuladas/modeladas;                                                                                                                   |
| Apresentação dos resultados das simulações hidráulicas para todos os cenários modelados através de tabelas e mapas esquemáticos gerados pelo software de modelagem.                     |
| Discussão dos resultados obtidos, com indicação da alternativa ótima.                                                                                                                   |

| Memorial de Cálculo – Arquivos de simulação hidráulica                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modelo hidráulico, em formato editável, com todos os arquivos gerados pelo programa, incluindo arquivos de resultados, conforme softwares utilizados pela SANEAGO.                                                                                                                                                                                          |
| Arquivos utilizados como fundo (background) em extensão .dxf e/ou .shp, contendo: <ul style="list-style-type: none"> <li>Urbanização da área de projeto (arruamentos, limites de quadra, meio-fios, limites de lotes).</li> <li>Cadastro de unidades lineares, se houver, e que foram modeladas.</li> <li>Arquivos utilizados para a altimetria.</li> </ul> |
| Tabela de parâmetros, dados de entrada e resultados do modelo hidráulico para cada cenário.                                                                                                                                                                                                                                                                 |

## 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANEPAR – Manual de Projetos da SANEPAR – Projetos de sistemas de abastecimento de água – Simulação Hidráulica – 2020.

SANOVA – Curso de modelagem hidráulica com ferramentas Bentley – 2019.

## 9 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento integra o Manual de Projetos e é de titularidade exclusiva da SANEAGO para elaboração de projetos internos e externos. Este Módulo poderá ser alterado, suspenso ou cancelado a critério exclusivo da Superintendência de Estudos e Projetos, sendo qualquer atualização publicada no site da companhia. É de responsabilidade do usuário a utilização da última versão publicada. Sugestões e comentários devem ser enviados ao e-mail [manualdeprojetos@saneago.com.br](mailto:manualdeprojetos@saneago.com.br).

## 10 - CONTROLE DE REVISÕES

| REVISÃO | DATA    | HISTÓRICO       |
|---------|---------|-----------------|
| 00      | 11/2023 | Emissão inicial |

## APROVAÇÃO

Este documento normativo foi aprovado conforme as diretrizes da Política de Alçadas e Limites da Saneago – PL00.0125.



Documento assinado eletronicamente por BRUNO BARBOSA CAZORLA, SUPERINTENDENTE na SUPERIN. DE ESTUDOS E PROJETOS - SUESP, em 09/11/2023 09:06:13, horário oficial de Brasília, conforme Art. 2º, § 2º, III, “b”, da Lei Estadual nº 17.039/2010 e Art. 4º, II da Lei Federal nº 14.063/2020.