

## 1 INTRODUÇÃO

A água constitui elemento essencial à vida vegetal e animal, além de cumprir variadas funções em todas as atividades humanas, entre elas: abastecimento público e industrial, irrigação agrícola, produção de energia elétrica e atividades de lazer e recreação. Sempre considerada como recurso abundante e inesgotável, nunca houve uma grande preocupação com a conservação de água que era utilizada irrestritamente.

Atividades como a mineração, o desmatamento e até mesmo o desenvolvimento urbano, por exemplo, causam o assoreamento dos rios, a destruição de florestas e matas ciliares e a poluição dos cursos d'água. A cada dia, estes impactos se tornam mais evidentes através da escassez deste recurso em diversas partes do mundo.

Com o crescimento da população mundial e a menor disponibilidade deste recurso surgiu a necessidade de se criar políticas de conservação e de combate ao desperdício de água.

O Brasil é um país classificado como rico em água pela ONU, com disponibilidade de mais de 10.000 m<sup>3</sup> por habitante anualmente. Embora detenha 13,7% das reservas superficiais de água e haja uma oferta da ordem de 33.841 m<sup>3</sup>/ano per capita, essa distribuição hídrica não é uniforme em todas as regiões, sendo que 73% concentram-se nas regiões hidrográficas do Amazonas, onde há baixa concentração populacional, conforme pode ser verificado nas informações fornecidas pela Agência Nacional de Águas (ANA), ilustrado na Figura 1.1 (SILVA, 2008).

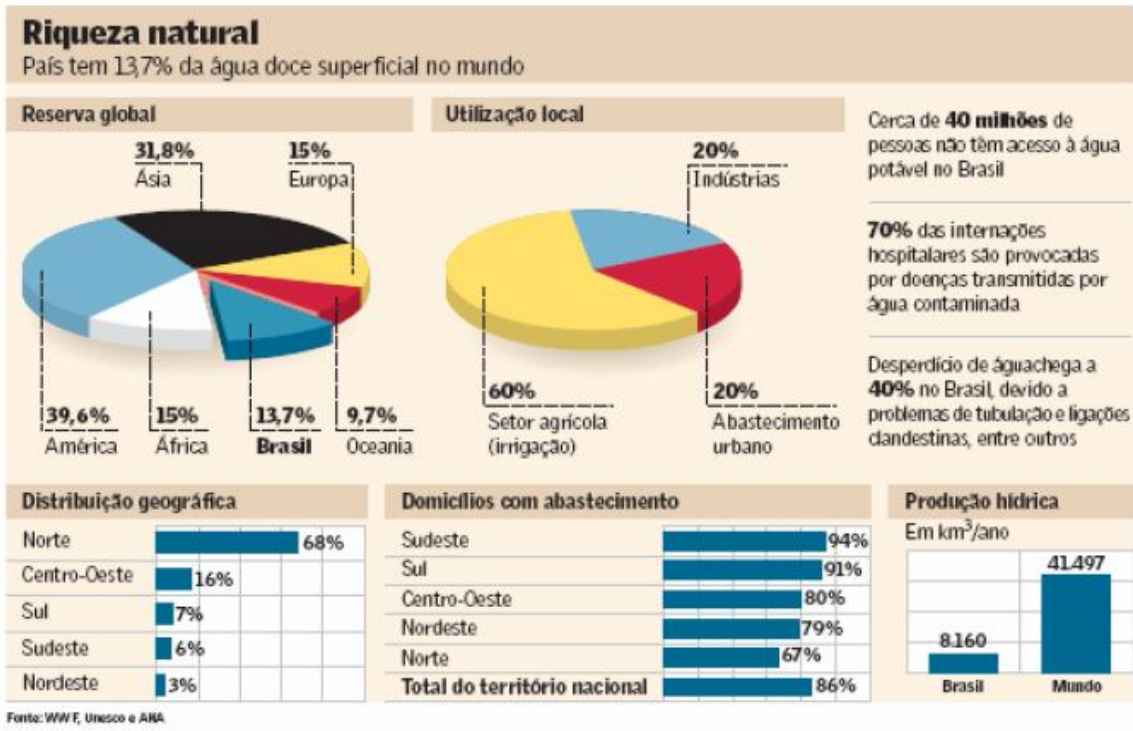


Figura 1.1 – Reservas hídricas brasileiras (Czapski, 2004 apud Silva, 2008)

Neste contexto, predominou a cultura de abundância historicamente no Brasil, principalmente em regiões de maior fartura de recursos hídricos, pois por maior que fossem o consumo, os desperdícios e a poluição dos recursos hídricos, sempre foi possível encontrar uma nova fonte de água próxima e de qualidade boa que suprisse confortavelmente o abastecimento.

O Mapa da Figura 1.2, retirado do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2009, elaborado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), demonstra o índice de perdas de faturamento para todo o conjunto de prestadores de serviços participantes do SNIS em 2009, com valores médios distribuídos por faixas percentuais, segundo os estados brasileiros.

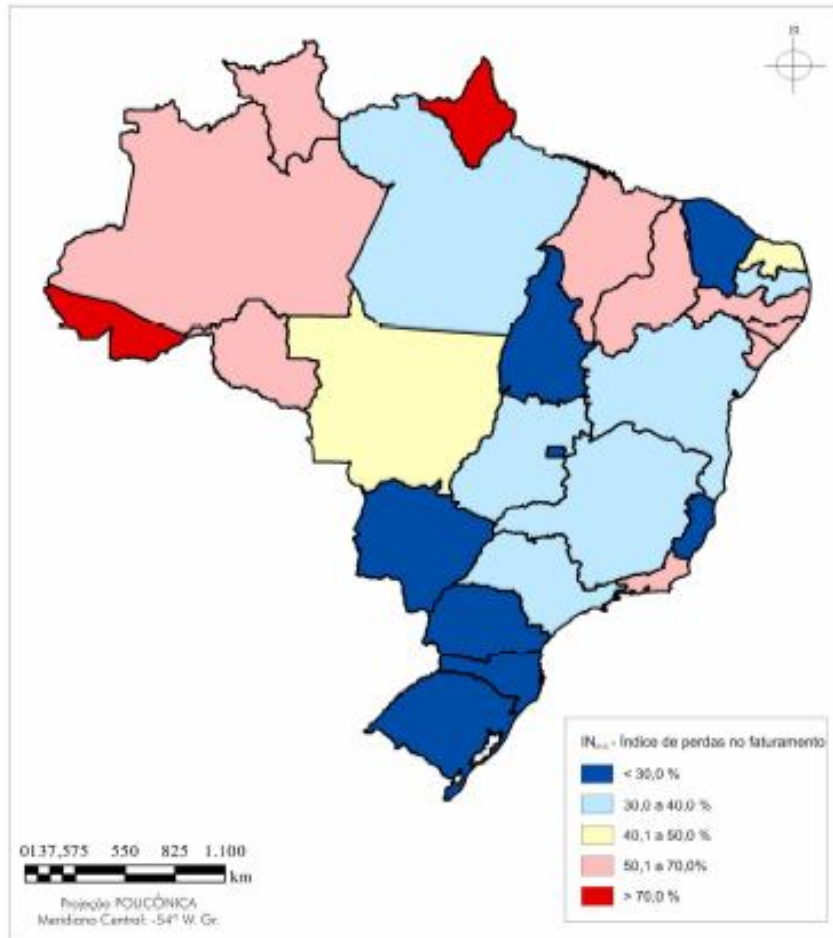


Figura 1.2 – Índice de perdas no faturamento

Segundo dados do SNIS em 2009, observa-se que sete estados (Rio Grande do Sul, Ceará, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina, Tocantins e Paraná), juntamente com o Distrito Federal, enquadraram-se na melhor faixa com índice de perda de faturamento menor que 30%. Na faixa intermediária, entre 30 e 40%, situaram-se os estados da Paraíba, Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Goiás e Pará, em ordem crescente. Entre 40,1 e 50% estão, em ordem crescente, Mato Grosso e Rio Grande do Norte. Nos dois extremos inferiores do índice de perdas situaram-se, entre 50,1 e 70%, também de maneira progressiva, os estados do Rio de Janeiro, Sergipe, Alagoas, Piauí, Pernambuco, Maranhão, Roraima, Rondônia e Amazonas. Finalmente, na pior faixa (maior que 70%) situaram-se os estados do Acre e Amapá.

Percebe-se que a cultura gerada pela fatura de água originou sistemas de distribuição ineficientes na maior parte do Brasil. Grande parte deles acompanhou o

surgimento e crescimento das cidades, que infelizmente, acontece de maneira desordenada e sem planejamento algum.

O aumento indiscriminado de extensões das redes de distribuição dos sistemas de abastecimento de água tem tornado, cada vez mais, complexo e empírico o controle operacional dos sistemas de abastecimento, porque, além de exceder a área original de abrangência do sistema, prejudica a eficiência hidráulica da distribuição da água, a elaboração do balanço hidráulico da rede e a identificação e caracterização dos pontos de fugas (vazamentos e ligações clandestinas) (BARRETO, 2006).

O estado de Minas Gerais possui a COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais como prestador de serviços de abastecimento de abrangência regional, que detém a concessão da maior parte dos municípios do estado. De acordo com dados do SNIS, a companhia apresentou um índice médio de perdas de faturamento de 30% em 2009, como se pode observar no gráfico da figura 1.3.

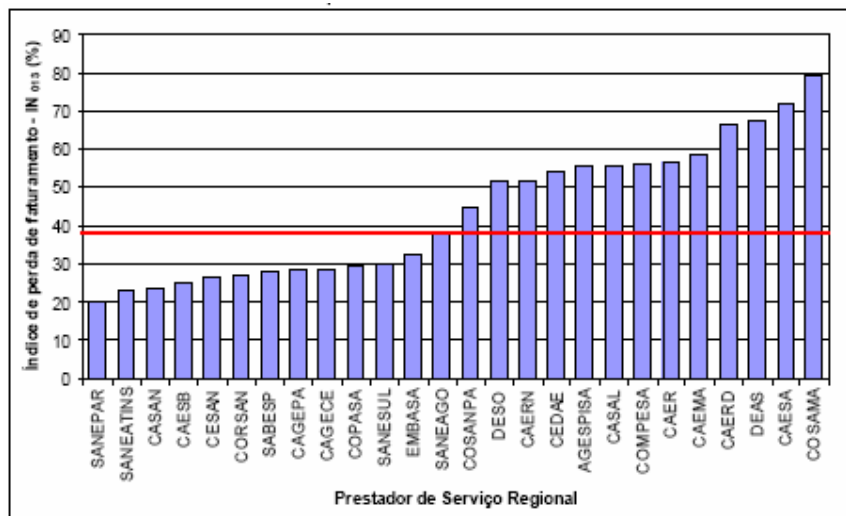


Figura 1.3 – Índice de perdas dos prestadores de serviços de abrangência regional participantes do SNIS em 2009

O foco deste projeto é a cidade de Caratinga, localizada na macrorregião leste do estado de Minas Gerais, a 290 km de Belo horizonte. O Sistema de Abastecimento de Água é constituído por uma extensa rede de distribuição que atende aproximadamente 18.000 ligações, apresentando um índice de perda de água na rede distribuição de 30%.

O combate às perdas de água na rede de distribuição é de grande relevância quando se fala em abastecimento de água e gera impactos em diversos âmbitos:

- Financeiro, pois resulta em economia de produtos químicos (utilizados no tratamento da água) e de energia elétrica (utilizada no bombeamento para abastecimento), além de horas homem trabalhadas;
- Ambiental, pois resulta em retirada de menor quantidade de água do manancial e menor consumo de energia elétrica;
- Social, diminuindo o custo de manutenção e o impacto ambiental beneficiando a população atendida com menores tarifas e um meio ambiente mais preservado, melhorando o nível de satisfação do usuário;

Este controle das perdas melhora sua eficiência quando se possibilita direcionar ações de combate, como detecção de vazamentos da rede de distribuição, por exemplo, cujo direcionamento se torna possível através da setorização do sistema.

Trata-se de um estudo de diversas variáveis que envolvem o processo de distribuição de água tratada, levando em consideração as características do mesmo. Disciplinas como hidráulica e saneamento serão de grande importância na realização do presente trabalho.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a eficiência de aplicação de setorização ao sistema de abastecimento de água da cidade de Caratinga, buscando oferecer uma alternativa eficaz de controle e planejamento do abastecimento urbano, proporcionando agilidade na manutenção e combate às perdas de água na rede de distribuição.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

I - Agilizar a operação do sistema de abastecimento, através de um maior controle do sistema de manobras e democratização do conhecimento entre os funcionários sobre a situação operacional do sistema distribuidor;

II - Otimizar as ações relativas ao controle de perdas (macromedição, micromedição, controle de pressão e redução de vazamentos);

III - Aperfeiçoar o controle de pressões máximas e mínimas, elaborando adequações e reduções de pressão quando necessárias.

IV - Propiciar a compatibilização entre a micro e a macromedição, facilitando a obtenção dos Índices de Perdas e tornando-os mais confiáveis.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A disponibilidade de recursos hídricos é, atualmente, objeto de preocupação do poder público e da população, que se estende até as empresas prestadoras dos serviços de abastecimento.

Devem-se evitar qualquer tipo de desperdício e perdas referentes ao seu uso, que são potenciais fatores de contribuição para sua maior escassez.

Visando essa preocupação, torna-se necessário o desenvolvimento de metodologias que possam ser empregadas como ferramentas para diminuir os índices de perdas, além de melhorar o controle e gestão deste recurso.

O surgimento de métodos que possam ser aplicados à qualquer sistema de distribuição, independente de seu tamanho ou localização, abre uma janela para se difundir a idéia de uso racional da água e a sustentabilidade pretendida e necessária atualmente.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um Sistema de Abastecimento de água é a solução coletiva para o abastecimento de água de uma comunidade. Caracteriza-se pela retirada de água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento à população em quantidade compatível com suas necessidades (Barros *et al.*, 1995).

Define-se por sistema de abastecimento de água o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável a uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos (NETTO *et al.*, 1998).

O Sistema é composto por diversas unidades operacionais que realizam, total ou parcialmente, uma das seguintes funções: captação, adução, estações de tratamento, reservação, redes de distribuição e ligações domiciliares.

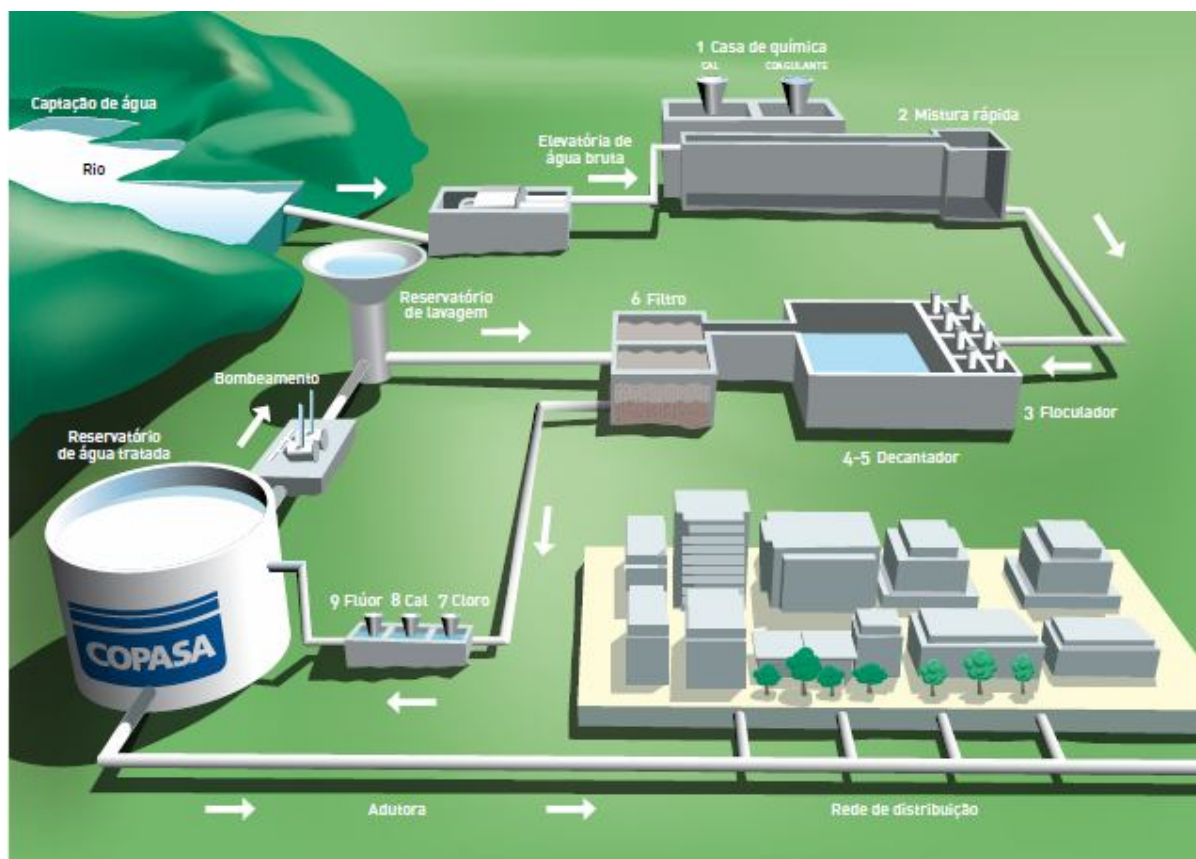


Figura 2.1 – Sistema de Abastecimento de Água (COPASA, 2011)



### 2.1.1 CAPTAÇÃO E ADUÇÃO

A seleção da fonte de abastecimento de água é fundamental na construção de um sistema de abastecimento. Ao se escolher uma fonte se avalia: a sua localização, topografia da região, vazão do manancial e a presença de possíveis focos de contaminação.

A captação pode ser superficial ou subterrânea. A superficial é feita nos rios, lagos ou represas, por gravidade ou bombeamento. No caso do bombeamento, uma casa de máquinas é construída junto à captação, com conjuntos de motobombas que sugam a água do manancial e a enviam para a estação de tratamento. A captação subterrânea é efetuada por meio de poços artesianos - perfurações com 50 a 100 metros feitas no terreno para captar a água dos lençóis subterrâneos. A água desses lençóis também é sugada por motobombas instaladas perto do lençol d'água e enviada à superfície por tubulações. A água dos poços artesianos está, em sua quase totalidade, isenta de contaminação por bactérias e vírus, além de não apresentar turbidez e cor (COPASA, 2011).

### 2.1.2 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA)

A cartilha da COPASA, 2011 sobre tratamento e abastecimento de água, Programa Chuá, define que tratamento convencional da água proveniente de captação superficial consiste em um processo que possui diversas fases. São elas:

- **Oxidação:** injeção de cloro ou produto similar na água para tornar insolúveis os metais presentes, principalmente ferro e manganês. Dessa forma, eles poderão ser removidos nas outras etapas de tratamento. Nessa fase também pode ocorrer a oxidação de matéria orgânica, como os restos de folhas e as algas.
- **Coagulação:** a remoção das partículas de sujeira se inicia no tanque de mistura rápida com a dosagem de sulfato de alumínio ou cloreto férrico, produtos químicos que têm o poder de aglomerar ou “coagular” a sujeira, formando flocos. Ao mesmo tempo, adiciona-se cal para otimizar o processo e manter o pH da água no nível adequado.

- **Floculação:** nessa etapa, a água já coagulada movimenta-se de tal forma dentro dos tanques que os flocos se misturam uns com os outros, ganhando peso, volume e consistência.
- **Decantação:** os flocos formados anteriormente separam-se da água e se sedimentam, pela força da gravidade, no fundo dos tanques. A água decantada (que fica na parte superior) vai para os filtros.
- **Flotação com ar dissolvido:** os flocos formados anteriormente separam-se da água e flutam, sendo recolhidos por calhas coletoras. A água sem os flocos vai para os filtros.
- **Filtração:** a água ainda contém impurezas que não foram completamente sedimentadas ou flotadas nos processos de decantação ou de flotação. Para isso, ela passa por filtros constituídos por camadas de areia ou areia e antracito suportadas por cascalho de diversos tamanhos que retêm a sujeira restante.
- **Desinfecção:** embora já esteja limpa nessa etapa, a água recebe ainda o cloro, para eliminar os germes nocivos à saúde e garantir a qualidade nas redes de distribuição e nos reservatórios.
- **Correção de pH:** para proteger as canalizações das redes e das casas contra corrosão ou incrustação, a água recebe uma dosagem de cal, que corrige seu pH.
- **Fluoretação:** finalizado o tratamento, a água recebe uma dosagem de composto de flúor (ácido fluossilícico), uma exigência do Ministério da Saúde. A presença do flúor previne as cáries dentárias, especialmente no período de formação dos dentes, que vai da gestação até a idade de 15 anos.

Ainda segundo a cartilha, o tratamento da água de captação subterrânea, por meio de poços profundos, na maioria das vezes, não precisa do mesmo tratamento, bastando apenas a desinfecção com cloro. Isso ocorre porque não apresenta turbidez, eliminando as outras fases que são necessárias ao tratamento das águas superficiais.

### **2.1.3 RESERVAÇÃO**

Depois de tratada nas ETA's, a água é armazenada em reservatórios, que podem ser subterrâneos (enterrados), apoiados ou elevados, dependendo da sua posição em relação ao solo.

Os reservatórios são unidades destinadas a compensar as variações horárias de vazão, com a finalidade de funcionar como volantes da distribuição, prover a reserva de água para combate à incêndios e manter uma reserva para atender as condições de emergência (acidentes, reparos nas instalações, interrupções da adução e outras). Além disso, permitem um escoamento com diâmetro uniforme na adutora, um funcionamento uniforme para as bombas e para as instalações de tratamento, e proporcionam uma economia no dimensionamento da rede de distribuição (GARCEZ, 1976).

### **2.1.4 REDE DE DISTRIBUIÇÃO**

Para chegar aos imóveis, a água passa por vários canos enterrados sob a pavimentação das ruas da cidade. Essas canalizações são chamadas redes de distribuição. Para que uma rede de distribuição possa funcionar perfeitamente, é necessário haver pressão satisfatória em todos os seus pontos. Nos trechos com menor pressão, instalam-se bombas, chamadas "boosters", para levar a água para locais mais altos (COPASA, 2011).

Os "boosters" ou Estações Elevatórias são instalações de bombeamento destinadas a transportar a água a pontos mais distantes ou mais elevados, ou para aumentar a vazão de linhas adutoras.

A rede de distribuição do sistema de abastecimento é formada de tubulações e órgãos acessórios, destinada à colocar água potável à disposição dos consumidores, de forma contínua, em quantidade e pressão recomendadas (NETTO *et al.*, 1998).

A norma da ABNT, NBR 12218/1994 (NB 594) define as condições gerais e específicas para o projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.

São disposições dessa norma os seguintes limites:

Pressão estática máxima = 500 kPa (50 mca)

Pressão dinâmica mínima = 100 kPa (10 mca)

Para atendimento desses limites, a rede de distribuição pode ser dividida por zonas de pressão, com reservatórios próprios ou simplesmente, Válvulas de Redução de Pressão (VRP) (NETTO *et al.*, 1998).

Na malha de tubulações que compõe a rede de distribuição existem zonas de pressão, que são áreas abrangidas por subdivisões da rede, nas quais as pressões estática e dinâmica obedecem a limites prefixados (DANTAS, 1999).

### **2.1.5 LIGAÇÕES DOMICILIARES**

A ligação domiciliar é uma instalação que une a rede de distribuição à rede interna de cada residência, loja ou indústria, fazendo a água chegar às torneiras. Instalados juntos à ligação, os hidrômetros controlam, medem e registram a quantidade de água consumida em cada imóvel, visando reduzir o desperdício, revelar perdas de água e fornecer uma base justa para a cobrança (CREDER, 2006).

## **2.2 SISTEMAS DE MEDIÇÃO**

Os sistemas de medição são um instrumento importante no auxílio à operação eficaz de sistemas públicos de abastecimento de água, pois proporciona o conhecimento de diversas variáveis envolvidas, permitindo assim explorar as melhores formas de operação do sistema em todas as suas partes (BRASIL, 2004).

Existem basicamente dois tipos de medição nos Sistemas de Distribuição de Água:

- Micromedição;
- Macromedição;

### **2.2.1 MICROMEDIÇÃO**

Entende-se por micromedição a medição do consumo realizada no ponto de abastecimento de um determinado usuário, independente de sua categoria de consumo (MIRANDA, 2011).

Nos Sistemas de Abastecimento de Água, a micromedição é feita através da utilização de hidrômetros, aparelho utilizado para medir o consumo de água e requisito para uma cobrança de valor justo para a água consumida, além de ser fator importante de economia de gasto. Toda vez que a torneira é aberta, ele entra em ação e marca a quantidade de água consumida (COPASA, 2011).

Segundo MACINTYRE 1996, são dois os tipos de hidrômetros empregados em instalações prediais:

- **Hidrômetros volumétricos.** Usados geralmente para pequenas descargas. Baseiam-se na medição direta do número de vezes que uma câmara de volume conhecido é enchida e esvaziada pela ação de um êmbolo dotado de movimento alternativo, ou de um disco rotativo de forma especial, ou, ainda, um disco oscilante. Exigem água sem detritos ou substâncias estranhas, o que constitui um óbice para sua utilização sem o emprego de filtros.
- **Hidrômetros taquimétricos (de velocidade).** Baseiam-se na dependência que existe entre a descarga e a velocidade de rotação do eixo de um rotor dotado de palhetas, ou de um molinete (hélice axial) colocado numa câmara de distribuição. Essa dependência é traduzida por um coeficiente obtido experimentalmente. Geralmente, são mais simples, de construção mais fácil, menor custo que os volumétricos, e, por isso mesmo, mais empregados.

De acordo com a Norma Técnica da Copasa T. 023 / 3, que estabelece as condições exigíveis para a especificação, aceitação e recebimento de hidrômetros para água fria tipo taquimétrico, a Copasa utiliza atualmente hidrômetro do tipo taquimétrico, unijato ou multijato, mostrador seco, leitura direta através de cilindros ciclométricos, transmissão mecânica ou magnética, funcionamento reversível, cúpula transparente, fabricado conforme a NBR 8193 da ABNT e Portaria no 057-A/INMETRO.

Periodicamente é realizada a leitura do hidrômetro do imóvel, conforme a data prevista, para realizar a apuração do consumo e gerar a fatura correspondente. O volume é apurado através da diferença de leitura dos números pretos, que indicam o volume acumulado em metro cúbico e é utilizado para cálculo da fatura, já os números vermelhos apenas indicam o volume em litros (Figura 2.2).



Figura 2.2 – Hidrômetro (COPASA, 2011)

### 2.2.2. MACROMEDIÇÃO

Brasil (2004b, p. 8) define macromedição como “[...] conjunto de medições realizadas no sistema público de abastecimento de água, desde a captação de água bruta até as extremidades de jusante da rede de distribuição.”

Uma função indispensável da macromedição é possibilitar, conjuntamente com a micromedição, a quantificação de perdas na rede, como vazamentos e ligações clandestinas, pela diferença entre eles. O controle de vazões de entrada ou saídas das diversas unidades constituintes do Sistema de Abastecimento de Água também compõe a macromedição, por essa razão geralmente são equipamentos de maior porte (BRASIL, 2004b).

De modo resumido, Brasil (2004a) estabelece como seu objetivo “[...] oferecer o ferramental necessário à medição e avaliação dos parâmetros hidráulicos (volume, pressão, vazão, etc.) visando aumentar a eficiência no uso da água em sistemas públicos de abastecimento.”. Os dados obtidos nessas medições também conferem informações úteis à operação das unidades produtivas, como para dosagem de agentes químicos no tratamento de água ou liberação de água para rede de distribuição (BRASIL, 2004a, p. 13-14). A relevância ambiental e financeira da micromedição também é atribuída à macromedição, uma vez que a maioria das informações é obtida com os quantitativos de ambos conjuntamente.

Os aparelhos medidores de volume atualmente empregados são medidores eletromagnéticos, ultrassônicos e mecânicos (DANTAS, 1999).

Largamente empregado, o hidrômetro tipo Woltmann (Figura 2.3) é um hidrômetro de velocidade com grande capacidade de vazão. Consiste em uma turbina, cujo número de rotações mede indiretamente a quantidade de água que passa pelo aparelho (NETTO, 1998).



Figura 2.3 – Hidrômetro tipo Woltmann

### 2.3. PERDAS

Perda é a diferença entre o volume de água produzido nas Estações de Tratamento de Água (ETA) e o total dos volumes medidos nas unidades domiciliares (NETTO et al, 1998).

Portanto, quando se fala em perdas em redes de abastecimento de água, fisicamente, deduz-se que é tudo aquilo que a companhia de saneamento produz de água tratada e que não chega ao seu destino final (GIROL, 2008).

Segundo ALMEIDA 2006, pode-se também considerar “perda”, sob o ponto de vista empresarial, todo produto (água tratada) que foi entregue e por alguma razão não foi faturado pela companhia, não sendo contabilizado como receita da empresa. Dessa forma, em uma companhia de saneamento, podem ser identificados dois tipos de perdas:

- **Perda Real**

Corresponde ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final. Pode ocorrer devido a vazamentos nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios, bem como de extravasamentos em reservatórios setoriais. Quando se trata de perdas reais, dois pontos devem ser destacados pela sua extrema importância. O primeiro deles está relacionado à conservação dos recursos naturais, já que quanto menores forem as perdas reais, menores serão as necessidades de

explorar ou ampliar as captações de água. Essas obras requerem altos investimentos e resultam em grande impacto ambiental. O outro ponto se refere à saúde pública, pois esses vazamentos associados à despressurização do sistema (manutenção ou intermitência no abastecimento) podem levar à entrada de agentes nocivos na tubulação, resultando em doenças ocasionadas por contaminação. Podemos citar também que as Perdas Reais carregam consigo uma série de custos associados, tais como produção e transporte da água tratada, energia elétrica, produtos químicos e mão de obra.

- **Perda Aparente**

Corresponde ao volume de água produzido que não é contabilizado pela companhia de saneamento. Decorrem de erros na medição de hidrômetros, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial. Tanto as Perdas Reais com as Perdas Aparentes representam para o consumidor um componente importante nas tarifas por eles pagas, já que as companhias geralmente incorporam essas perdas na sua composição de preços.

Observa-se que a perda real é uma perda física e a perda aparente uma perda administrativa.

As perdas podem ser identificadas em todas as fases do abastecimento de água, desde a sua origem, na captação, até na torneira de uma casa, o consumidor final, passando pelo tratamento, reservação e distribuição (NETTO et al, 1998).

Geralmente, as perdas podem ser avaliadas medindo-se os volumes e a vazão no início e no final de cada etapa do ciclo, sendo que a diferença existente é a perda. Porém, deste modo não há como distinguir as Perdas Reais das Perdas Aparentes.

Os sistemas de abastecimento de água por sua complexidade e características próprias embutem certo grau de perda da produção, por isto é utópica a idéia de se obter perda zero neste setor (MORAIS et al, 2006).

## **2.4 SETORIZAÇÃO**

Medições confiáveis de todos os volumes de água podem e devem ser um componente integrante do sistema de abastecimento, da administração da demanda de água e da determinação das perdas. A parte mais importante para se determinar



quanta água está sendo perdida em um sistema é quantificar com precisão o volume de água que entra no sistema. A medição das várias fontes de entrada de água no sistema, a produção no tratamento, água importada ou exportada a repartição de volumes e as entradas e saídas dos setores de distribuição são essenciais para os cálculos do balanço de água (WERDINE, 2002).

Através da setorização de um sistema de abastecimento pode-se alcançar medições mais confiáveis, pois passa-se a conhecer todas as entradas de água em cada setor e assim, através da macromedição, se precisar o volume que distribuído.

Dentre os trabalhos de setorização visando combate à perdas já realizados, pode ser citado o trabalho desenvolvido pelos Engenheiros Civis José Antônio da Cunha Melo e Jonas Medina Rodrigues da Cunha no ano 1998 na cidade de Timóteo – MG. Após um ano de aplicação do projeto em um dos setores verificou-se a redução do índice de perdas de água de 52,6% para 38,4%, e em outro de 82,1% para 33,7%.

Outro trabalho que pode ser citado é o desenvolvido pelo Engenheiro Civil Abal Simões de Magalhães no sistema integrado de abastecimento de água de Salvador - BA no ano de 1999. Após um ano da aplicação ocorreu a redução do índice de perdas de água de 56% para 42,5%.

Deve-se destacar que em ambos os projetos foram adotados metodologias diferentes do presente trabalho.

Contudo, através dos resultados já obtidos, observa-se que o trabalho de setorização é uma ferramenta de fundamental importância em projetos de detecção e combate às perdas de água, pois possibilita o tratamento isolado de cada setor.

Para se alcançar o melhor resultado na divisão dos setores, é necessário a realização de estudos de desempenho hidráulico da rede de abastecimento, buscando a previsão das alterações de vazão e pressão na área atendida. Uma alternativa é a utilização de softwares como ferramenta de gestão operacional e comercial do sistema.

## **2.5 SOFTWARES UTILIZADOS**

No decorrer dos anos, o mercado desenvolveu softwares para as mais diversas finalidades, e junto com este aumento é crescente também a dependência dos mesmos para o desenvolvimento de algumas atividades.

De acordo com a Norma Técnica da Copasa T.012/1, que fixa as condições exigíveis para execução de cadastro técnico de redes de Água, que permita, de maneira simples e rápida, a localização física dos tubos, conexões, peças, aparelhos e caixas de manobras; Cadastro técnico inteligente é a representação gráfica de trechos e elementos de rede, através de desenhos e dados técnicos em ambiente ARC-INFO (no caso do Geoprocessamento), ou CAD (utilizando os recursos de referência externa (XDATA) e/ou os associando a bancos de dados externos).

Atualmente, a Copasa utiliza o software Gênesis SCI (Figura 2.4) como ferramenta de operação do cadastro técnico inteligente. O Sistema consta de um conjunto de rotinas que têm a finalidade de auxiliar e facilitar o processo de digitalização e criação de desenhos referentes à Semi-Cadastros Urbanos, Redes de Distribuição de Água, Redes Coletoras de Esgoto e Cadastro de Clientes (Setor Comercial).

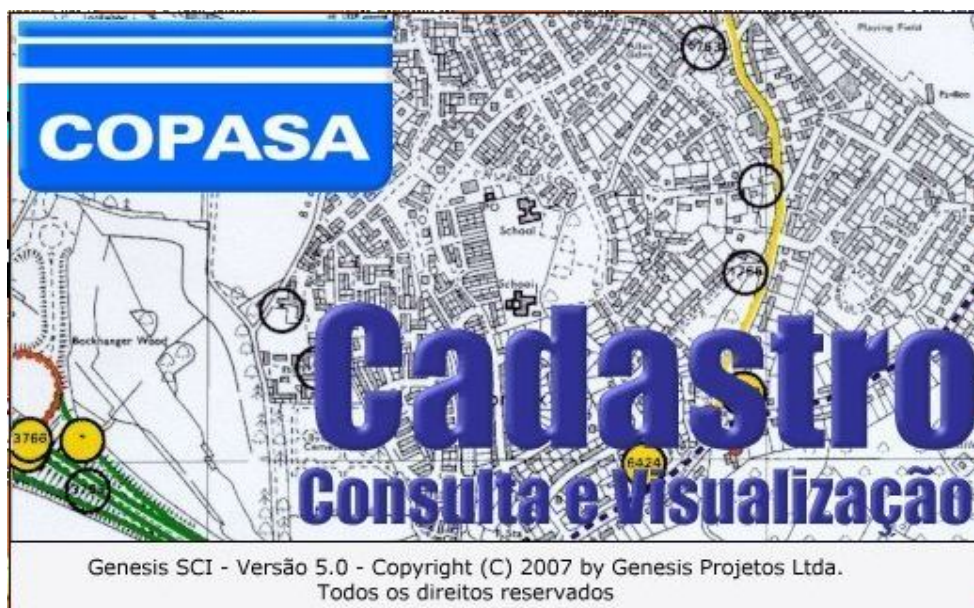


Figura 2.4 – Software Gênesis SCI

A principal característica do Gênesis SCI é a criação do chamado "**Cadastro Inteligente**", onde os elementos gráficos presentes nos desenhos são vinculados a todas as informações não gráficas necessárias, de modo a tornar possíveis operações de classificação, consulta, pesquisa e análise das informações (GENESIS, 2003).

A parte do Sistema responsável pela entrada e manutenção dos dados, utiliza como ambiente gráfico os programas de CAD mais difundidos atualmente: o IntelliCAD e o AutoCAD, sendo composto por módulos escritos como extensões ao mesmo.

O Gênesis SCI apresenta suporte as diversas disciplinas envolvidas para a criação e manutenção de um Cadastro confiável e de fácil manutenção, destacando-se:

**Topografia:**

- Traçado de semi-cadastro de arruamento urbano, com suporte a classificação por tipo de pavimentação, nomenclatura, etc.
- Curvas de Nível e Pontos Cotados.
- Nomenclatura de Logradouros, Bairros, Regiões, etc.

**RDA:**

- Traçado da rede (trechos e nós) e equipamentos correspondentes, permitindo classificação e consulta por diversas características: tipo, diâmetro, material, pavimento, extensão, etc.
  - Possibilidade de pesquisas compostas, relacionando diversas características, por exemplo diâmetro x material, material x pavimento, extensão x material, etc.
  - As informações obtidas durante operações de Manutenção podem ser agregadas ao Sistema, permitindo uma atualização constante das condições reais existentes.
  - Possibilidade de visualização de trechos com características específicas e cálculo do somatório da extensão destes trechos.

Para se alcançar o melhor resultado na divisão dos setores, é necessário a realização de estudos de desempenho hidráulico da rede de abastecimento, buscando a previsão das alterações de vazão e pressão na área atendida. Uma alternativa é a utilização de softwares como ferramenta de gestão operacional e comercial do sistema.

Dentre os modelos de simulação hidráulica já desenvolvidos, o EPANET (Figura 2.5) pode ser destacado pela confiabilidade e quantidade de usuários existentes em muitos países. Esse programa é um software de domínio público, desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency* – EPA, com acesso livre por qualquer usuário (BARRETO *et al.*, 2006).

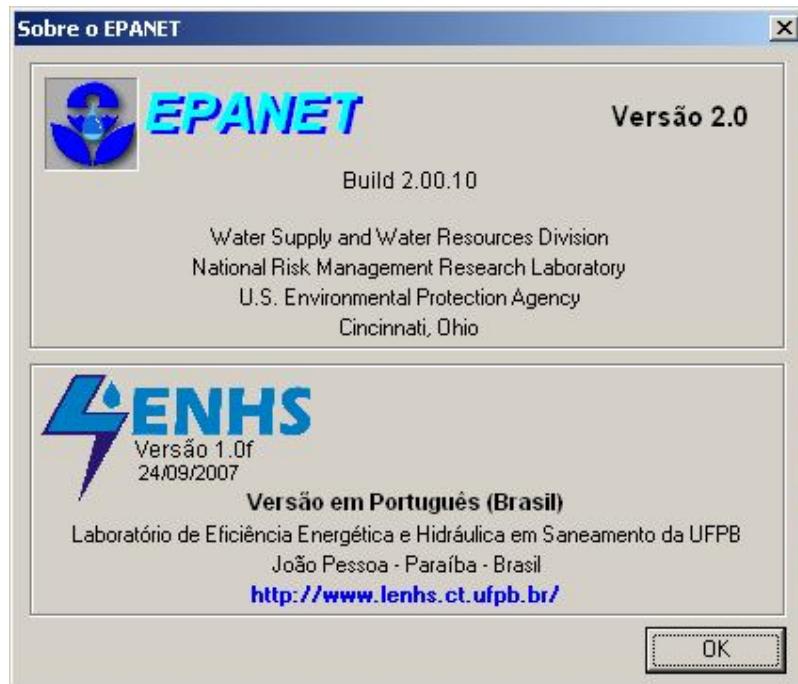


Figura 2.5 – Software Epanet 2.0

O EPANET é um programa de computador que permite executar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água de sistemas de distribuição pressurizada. Ele permite obter valores da vazão em cada tubulação, da pressão em cada nó, da altura de água em cada reservatório de nível variável e da concentração de espécies químicas através da rede durante o período de simulação (EPANET).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada para o alcance dos objetivos que se propõe neste trabalho iniciou-se através do levantamento de dados relativos ao consumo de água, rede de abastecimento, operação do sistema, entre outros, junto à companhia que detém a concessão para prestação de serviço de abastecimento de água em Caratinga - MG, COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Esse levantamento se refere ao cadastro da rede de distribuição (figura 1), e esquema hidráulico de funcionamento (figura 2), além de busca de informações junto aos funcionários que operam o sistema.

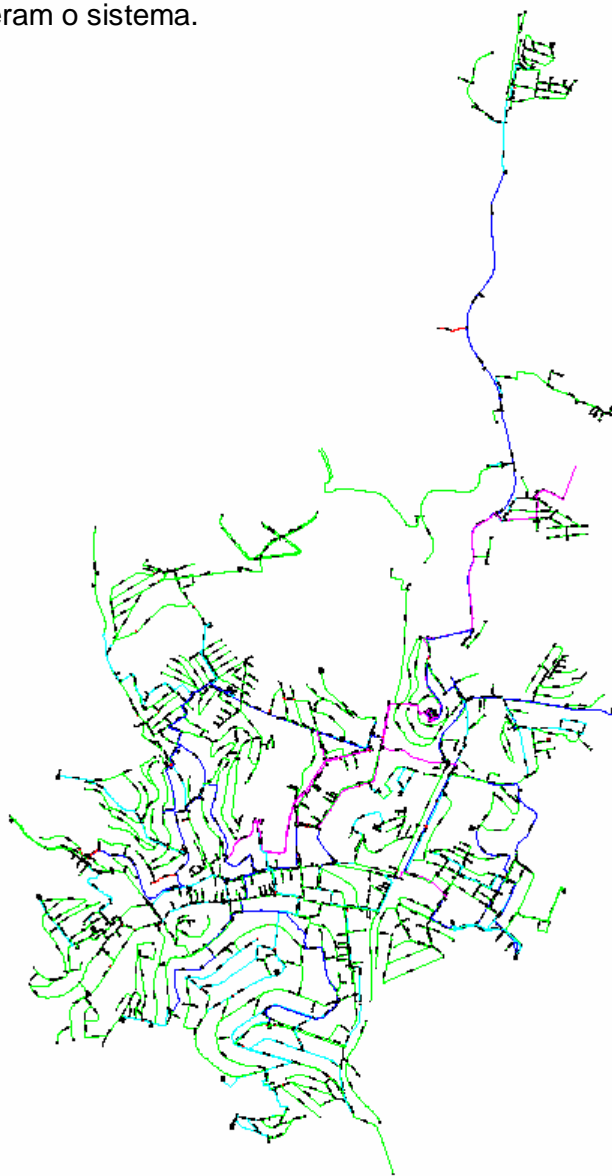


Figura 3.1 – Cadastro da rede de distribuição da cidade de Caratinga - MG

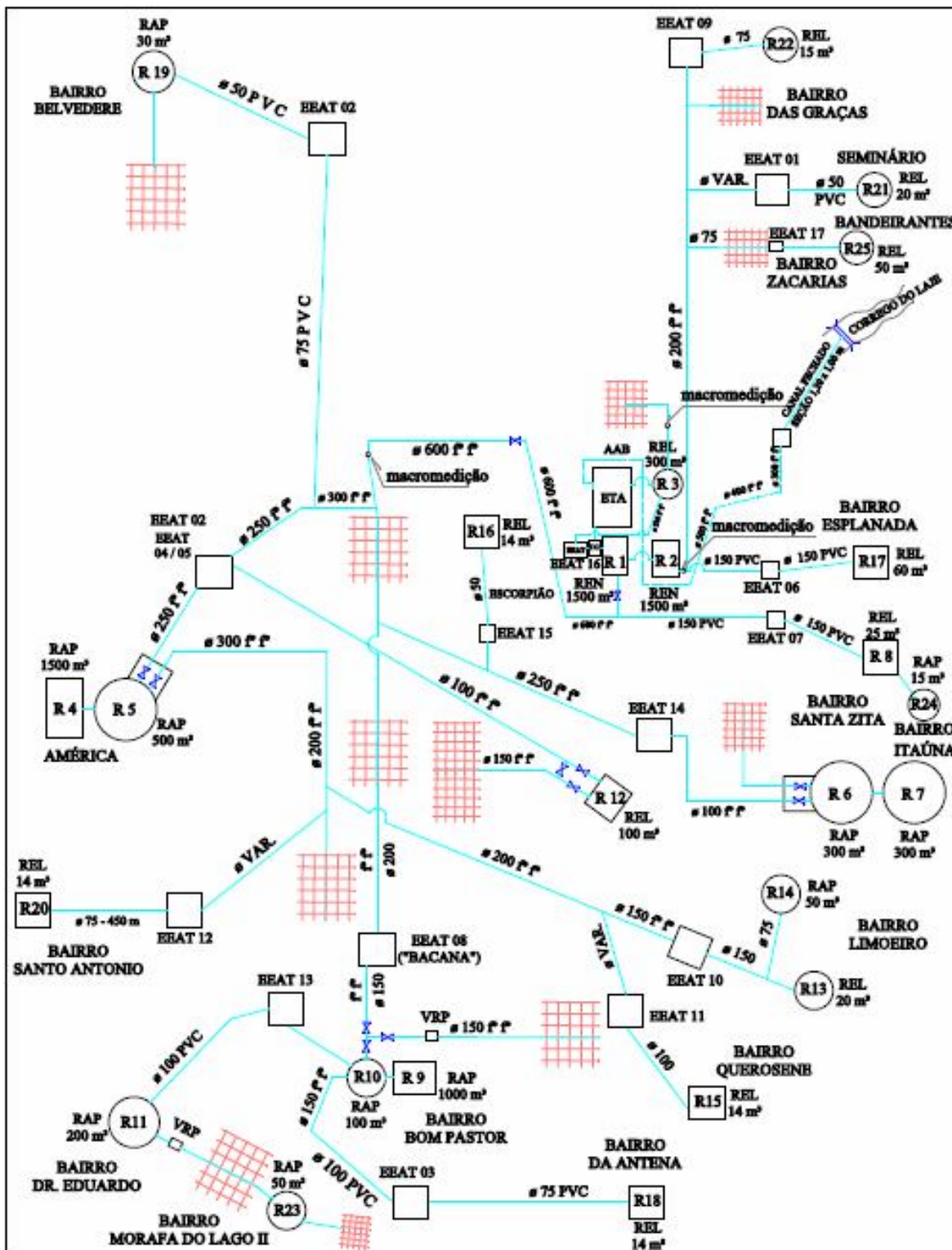


Figura 3.2 - Esquema Hidráulico de funcionamento do sistema de distribuição.

De posse das informações levantadas em Outubro de 2010, observou-se que o sistema de abastecimento do município de Caratinga é composto por uma rede de

distribuição de 172.740 metros de extensão (em crescimento constante), uma Estação de Tratamento de Água com capacidade para tratar até 200 l/s com um funcionamento médio de 19 horas por dia, 17 estações elevatórias e 25 reservatórios de água tratada.

Para melhor entendimento, relacionamos os reservatórios que compõem o sistema na TABELA 3.1 descrevendo sua denominação, o tipo (REN – reservatório enterrado, REL – reservatório elevado, RAP – reservatório apoiado), o bairro em que está localizado e sua capacidade de reservação.

<b>TABELA 3.1 - CADASTRO DE RESERVATÓRIOS</b>			
<b>DENOMINAÇÃO</b>	<b>TIPO DE RESERVATÓRIO</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>	<b>CAPACIDADE (m³)</b>
R - 01	REN	BAIRRO SALATIEL	1.500
R - 02	REN	BAIRRO SALATIEL	1.500
R - 03	REL	BAIRRO SALATIEL	300
R - 04	RAP	BAIRRO ANÁPOLIS (AMÉRICA)	1.500
R - 05	RAP	BAIRRO ANÁPOLIS (AMÉRICA)	500
R - 06	RAP	BAIRRO SANTA ZITA	300
R - 07	RAP	BAIRRO SANTA ZITA	300
R - 08	REL	BAIRRO SANTA ZITA	25
R - 09	RAP	BAIRRO BOM PASTOR	800
R - 10	RAP	BAIRRO BOM PASTOR	100
R - 11	RAP	BAIRRO DR. EDUARDO	200
R - 12	REL	NOSSA SENHORA APARECIDA	100
R - 13	REL	BAIRRO LIMOEIRO	20
R - 14	RAP	MONTE VERDE	50
R - 15	REL	MONTE LÍBANO	14
R - 16	REL	BAIRRO CENTRO (ESCORPIÃO)	14
R - 17	REL	BAIRRO ESPLANADA	60
R - 18	REL	BAIRRO ANTENA	14
R - 19	RAP	BAIRRO BELVEDERE	30
R - 20	REL	BAIRRO SANTO ANTONIO	14
R - 21	RAP	BAIRRO SEMINÁRIO	05
R - 22	REL	BAIRRO DAS GRAÇAS	15
R - 23	RAP	MORADA LAGO	50
R - 24	RAP	FAZENDA ITAUNA	15
R - 25	RAP	BANDEIRANTES	50
<b>CAPACIDADE TOTAL DE RESERVAÇÃO</b>			<b>7.476</b>

Da mesma forma, relacionamos e identificamos as estações elevatórias de água tratada na TABELA 3.2 descrevendo sua denominação, localização e o reservatório que alimenta.

<b>TABELA 3.2 - CADASTRO DE ELEVATÓRIAS DE ÁGUA TRATADA (BOOSTER'S)</b>		
<b>DENOMINAÇÃO</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>	<b>RESERVATÓRIO</b>
<b>EEAT - 01</b>	BAIRRO SEMINÁRIO	R - 21
<b>EEAT - 02</b>	BAIRRO BELVEDERE	R - 19
<b>EEAT - 03</b>	BAIRRO ANTENA	R - 18
<b>EEAT - 04</b>	BAIRRO ANÁPOLIS (AMÉRICA)	R - 04 / R - 05
<b>EEAT - 05</b>	NOSSA SENHORA APARECIDA	R - 12
<b>EEAT - 06</b>	BAIRRO ESPLANADA I	R - 17
<b>EEAT - 07</b>	BAIRRO ESPLANADA II	R - 08
<b>EEAT - 08</b>	BAIRRO BARRO BRANCO (BACANA)	R - 09 / R - 10
<b>EEAT - 09</b>	BAIRRO DAS GRAÇAS (UNIVERSITÁRIO)	R - 22
<b>EEAT - 10</b>	BAIRRO LIMOEIRO	R - 13
<b>EEAT - 11</b>	MONTE LÍBANO	R - 15
<b>EEAT - 12</b>	BAIRRO SANTO ANTÔNIO	R - 20
<b>EEAT - 13</b>	BAIRRO DR. EDUARDO	R - 11
<b>EEAT - 14</b>	BAIRRO SANTA ZITA (SANTUÁRIO)	R - 06 / R - 07
<b>EEAT - 15</b>	BAIRRO CENTRO (ESCORPIÃO)	R - 16
<b>EEAT - 16</b>	BAIRRO SALATIEL (ETA)	R - 03
<b>EEAT - 17</b>	BANDEIRANTES	R - 25

O sistema possui 20.305 ligações, 100% hidrometradas, que atendem a uma população de 76.643 habitantes, através de um volume médio mensal distribuído de 375.932 m<sup>3</sup> de água, com uma perda média medida de 29,17%, que corresponde a 180,12 litros/ligação/dia ou 109.659 m<sup>3</sup>/mês.

Através do estudo de todo o sistema de distribuição, confeccionou-se um mapa da cidade, com o auxílio do Sistema de Cadastro Inteligente, realizando uma divisão do sistema distribuidor em setores e sub-setores de abastecimento, contendo informações sobre a forma de alimentação dos mesmo e os possíveis locais de aplicação de macromedidores, através da análise das zonas de pressão e do fluxo de abastecimento (conforme TABELA 3.3).

Após a análise dos dados, ficou definido a possibilidade de divisão do sistema em um setor isolado e quatro grupos de setores compostos por vinte e um setores. Implantando-se apenas a setorização destes grupos, já seria possível direcionar ações de combate a vazamentos para áreas de menor abrangência e maior índice de perdas. Para uma setorização plena do sistema, seria necessário a implantação de vinte e um macromedidores em diversas unidades do sistema.

Observa-se que um destes grupos existentes, que tem origem nos reservatórios anexos a ETA, fornece água para dois outros grupos de setores.



<b>TABELA 3.3 – SETORIZAÇÃO</b>			
<b>GRUPO</b>	<b>MACROMEDIDOR</b>	<b>SETOR</b>	<b>MACROMEDIDOR</b>
SALATIEL	EXISTENTE DN 60MM	SALATIEL	–
BAIRRO DAS GRAÇAS*	À IMPLANTAR	SEMINÁRIO	À IMPLANTAR
		ZACARIAS	À IMPLANTAR
		UNIVERSITÁRIO	À IMPLANTAR
		PARTE BAIXA	À IMPLANTAR
ESPLANADA *	EXISTENTE DN 200 MM	ESPLANADA I	À IMPLANTAR
		ESPLANADA II	À IMPLANTAR
		SANTA ZITA	À IMPLANTAR
		PARTE BAIXA	À IMPLANTAR
BACANA*	À IMPLANTAR	DOUTOR EDUARDO	À IMPLANTAR
		SANTA CRUZ	À IMPLANTAR
		MORADA DO LAGO II	À IMPLANTAR
		ANTENA	À IMPLANTAR
AMÉRICA*	À IMPLANTAR	SANTO ANTÔNIO	À IMPLANTAR
		MONTE LÍBANO	À IMPLANTAR
		NOSSA SRA. APARECIDA	À IMPLANTAR
		LIMOEIRO	À IMPLANTAR
		AMÉRICA	À IMPLANTAR
		MONTE VERDE	À IMPLANTAR
CENTRO*	EXISTENTE DN 600MM	CENTRO	À IMPLANTAR
		BELVEDÉRE	À IMPLANTAR
		ESCORPIÃO	À IMPLANTAR
		BACANA*	À IMPLANTAR
		AMÉRICA*	À IMPLANTAR

\* Grupos de setores

Para melhor visualização dos setores, elaborou-se um mapa, tendo como base o cadastro da rede de distribuição, onde pode ser observada a localização de cada setor existente e as respectivas áreas de abrangência (figura 3.3).



Figura 3.3 – Setorização do Sistema de Distribuição de Caratinga – MG

Ao mesmo tempo, buscou-se cadastrar os possíveis pontos de instalação de macromedidores e verificar a quantidade e localização dos utilizados atualmente pela empresa para medir o volume total de água distribuído.

Verificou-se à existência de três macromedidores em utilização, instalados nas três saídas de água tratada da ETA:

- O primeiro instalado em uma rede de 60 mm, alimentada por um reservatório elevado, localizado na mesma área da ETA, utilizado para abastecimento das residências próximas a estação e para suprir as atividades da mesma.
- O segundo instalado em uma rede de 200 mm localizado na saída da ETA.
- O terceiro instalado em uma rede de 500 mm localizado nas proximidades da ETA.

Diante do quadro real, ficou estabelecido a utilização do macromedidor instalado em uma rede de 60 mm de diâmetro (figura 3.4), na saída de um reservatório elevado, como modelo para o estudo de setorização, uma vez que este reservatório alimenta totalmente um dos setores definidos em nossa análise.



Figura 3.4 – Macromedidor DN 60 mm: Reservatório R-03

Ficou estabelecido este setor de estudo como **Setor Salatiel** (Figura 3.5), sendo composto pelo reservatório elevado R-03 com capacidade de armazenamento de 300m<sup>3</sup> (Figura 3.6a), pela estação elevatória EEAT-16 que alimenta o reservatório (pois possui uma cota superior à ETA – Figura 3.6b), e uma malha de

distribuição com 4.515 metros de extensão DN 50 mm, que abastece 258 ligações e pode ser vista de maneira mais detalhada na Figura 3.7.

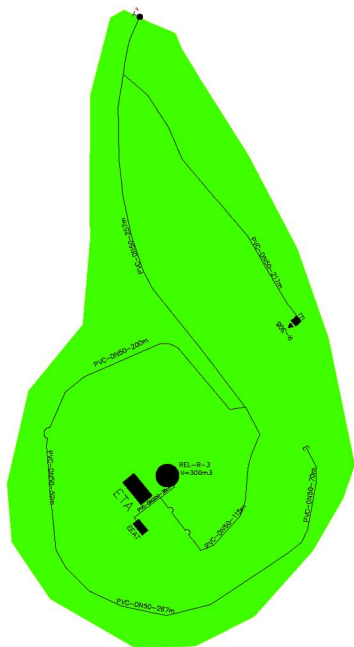


Figura 3.5 – Setor Salatiel



Figura 3.6 – (a) Reservatório Elevado R-03 / (b) Estação Elevatória EEAT-16

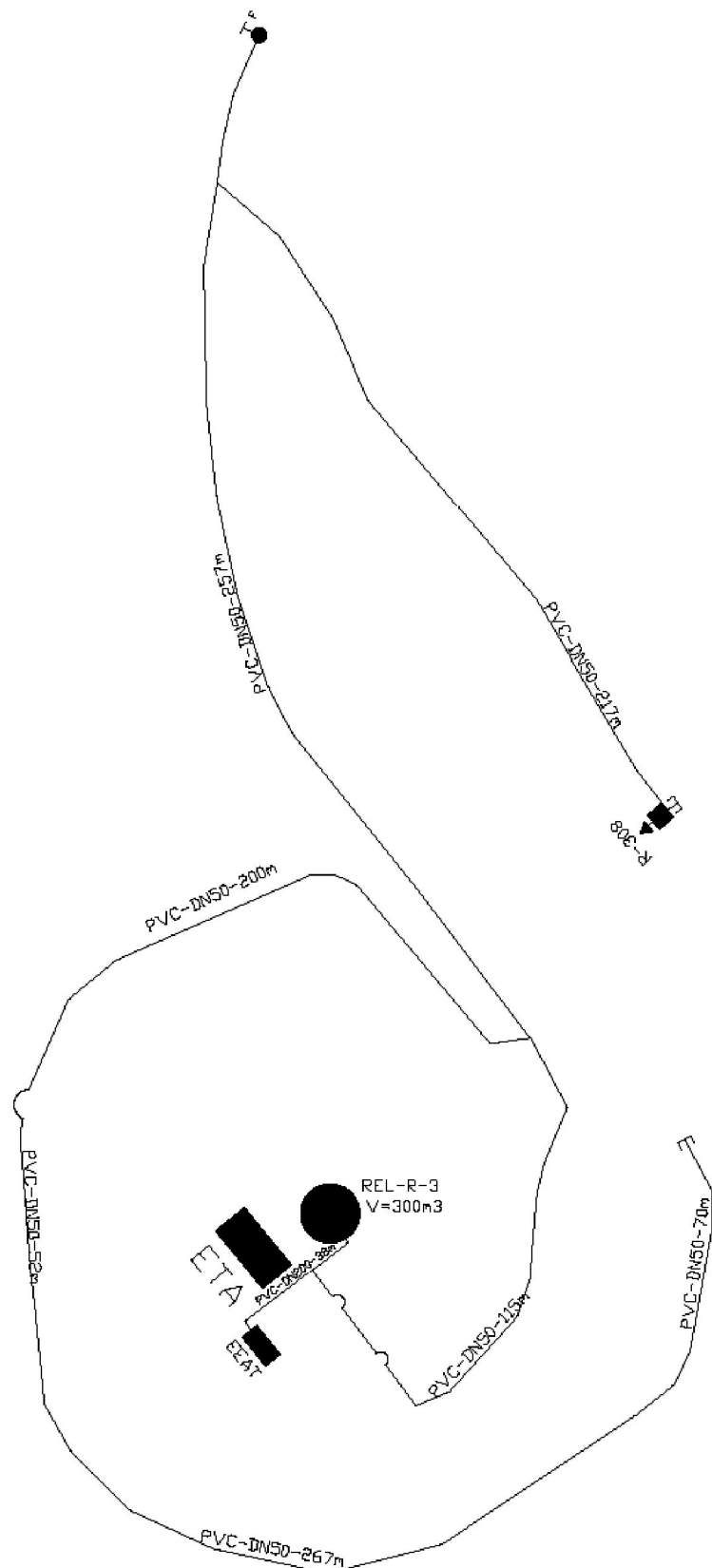


Figura 3.7 – Malha de distribuição Setor Salatiel

Primeiramente, realizou-se um teste de estanqueidade na malha de distribuição do setor através de manobras de registro e medições de pressão em diversos pontos com um manômetro, isto com o intuito de verificar a confiabilidade do cadastro de rede existente.

Em seguida, foi elaborado um modelo computacional do Sistema de Abastecimento do Setor de estudo (Figura 3.8), através do software Epanet 2.0, que se trata de um simulador hidráulico.

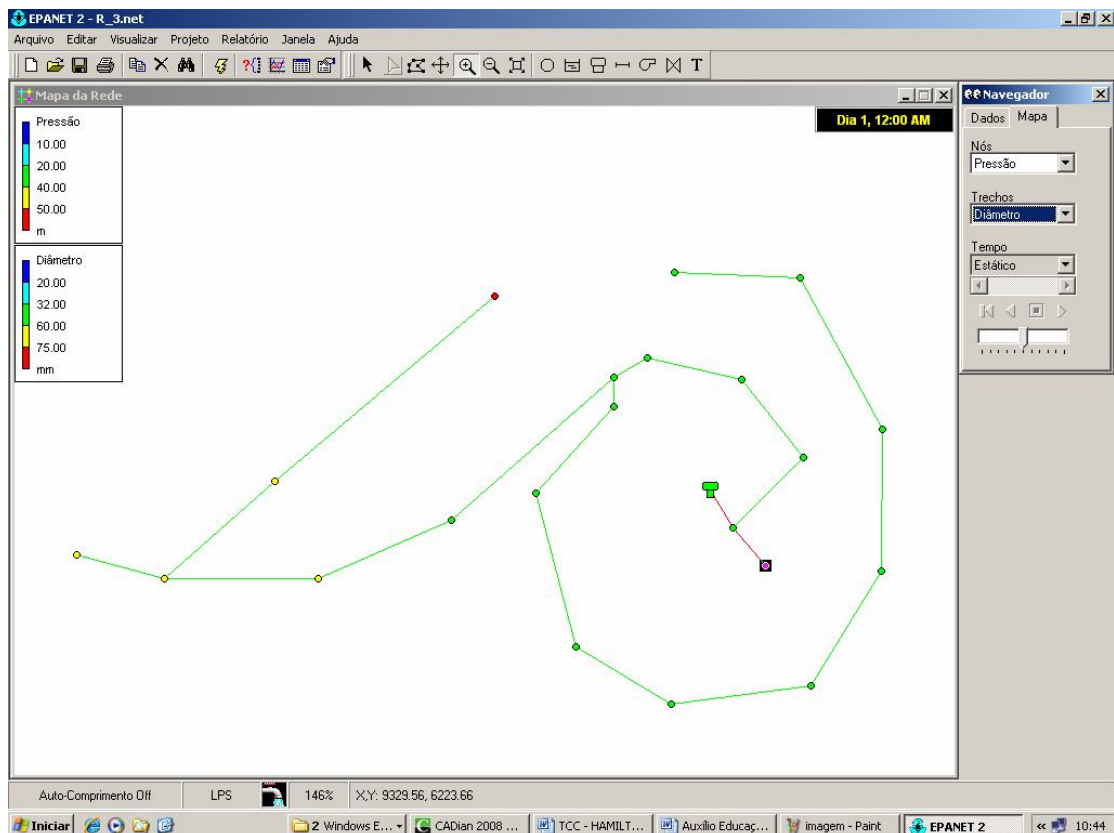



Figura 3.8 – Modelo de simulação hidráulica - Epanet 2.0

Depois de elaborado, aferiu-se o modelo computacional através de medições de pressão em pontos específicos, e conferência do cadastro de rede apresentado com a situação real, buscando assim a confiabilidade do mesmo.

A partir do mês 11/2010 iniciou-se o monitoramento do sistema no setor de estudo, com o auxílio da companhia de abastecimento, no intuito de avaliar os resultados que podem ser obtidos com a aplicação do mesmo em todo o sistema de distribuição.

O registro das leituras do macromedidor é realizado diariamente pelo operador de ETA em um formulário de leitura mensal de medidor de vazão (Figura 3.9).

		<b>LEITURA MENSAL DE MEDIDOR DE VAZÃO</b>		PÁGINA:
				MÊS / ANO:
SUPERINTENDÊNCIA:	DISTRITO:	CIDADE:	LOCAL DA MACROMEDIÇÃO:	
CÓDIGO DA ESTAÇÃO:	CÓDIGO DO MEDIDOR:	TIPO / MARCA:	DIÂMETRO:	
ÚLTIMA LEITURA MÊS ANTERIOR:		HORÁRIO DA LEITURA:	DATA ÚLTIMA AFERIÇÃO:	
DIA	LEITURA (MÊS)	CONSUMO DIÁRIO (m <sup>3</sup> )	OCORRÊNCIAS	MATR. OPER.
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
<b>CONSUMO DIÁRIO (m<sup>3</sup>)</b>		<b>VOLUME MENSAL (m<sup>3</sup>):</b>		
MÍNIMO:	MÁXIMO:	MÉDIO:		
ELABORADO POR:		VISTO CHEFIA DISTRITO:	DATA:	
<b>ABREVIATURAS PARA OCORRÊNCIAS:</b>		LI = LEITURA IMPOSSÍVEL		
LOH ..... h = LEITURA EM OUTRO HORÁRIO (CITAR)		RT = ROMPIMENTO DA TUBULAÇÃO		
SP ..... h = SISTEMA PARALISADO POR ..... HORAS		L + 1 UB = LIGADA MAIS UMA UNID. DE BOMBEAMENTO		
VE = VISOR EMBAÇADO		OO = OUTRAS OCORRÊNCIAS		
VR ..... mm + ..... h = VAZAM. NA REDE DE ..... mm POR MAIS DE ..... h		VA = VISOR AVARIADO		
		MP = MEDIDOR PARADO		

C-15000700 - 07/2010 - bl. 50 x 1 - Arquivo disponível no Público (U:)Informações\DVPE\Formulários (Word e CDR)

Figura 3.9 – Formulário de registro de macromedição

Já as leituras dos hidrômetros, ou micromedições, são registradas mensalmente pela companhia nas residências para apuração do consumo. Elas podem ser registradas de maneira manual, através dos boletins de leitura (Figura 3.10), e repassadas ao sistema informatizado posteriormente, ou através micromedidor de leitura, aparelho remoto que calcula o consumo e emite a conta em questão de segundos (figura 3.11).

COPASA										BOLETIM DE LEITURA/CONFIRMAÇÃO					LOCALIDADE 313090050		TAG 00001														
INHAPIM										TIPO BL		REFERÊNCIA		REGIONAL		GRUPO		DISTRITO		SETOR		ROTA		AGENTE		CÓDIGO AGENTE		DATA DE LEITURA			
										01		12		2011		DPLE		480		DTCA		01		30				13/12/2011		REAL	
FAC/SEQ		TPE		PS		NOME				ECONOMIAS				MATECULA		HIDRÔMETRO		LEITURA		OC1		OC2									
ENDERECO										L.AMFEREÇA/VITORIA		L.MINIMA		L.M.CPES		L.P		ADC													
A		01		RAPE				LOURDES MARINA CARLOS				1		27547795		A04L 0020296															
R ILIDIO FERNANDES ROCHA 167										493		493		530		520															
A		01		RAPE				ELIAS COSTA DE FREITAS				1		23603828		A02L 0592632															
R ILIDIO FERNANDES ROCHA 155										907		907		937		927															
A		01		RAPE				ALFEU PEREIRA DUARTE				1		19022093		A02N 0085112															
R ILIDIO FERNANDES ROCHA 155 AP A										1716		1716		1758		1748															
A		01		RAPE				TEREZINHA DE ASSIS SILVA				1		109575491		Y04N 0230338															
V MAGNOLIA 20										508		508		540		530															
A		01		FAPE				MARIA APARECIDA F ROCHA				1		22947060		Y04P 0139396		TAMPT													
V MAGNOLIA 44																															
A		01		RAPE				GERALDO DE OLIVEIRA				1		18046762		Y01F 0028892															
V MAGNOLIA 65										287		287		318		308															
A		01		RAPE				ONILJO JOSE DE PAULO				1		16409591		A03N 0089646															
V MAGNOLIA 45										1489		1489		1537		1527															
A		01		RAPE				MARIO LUCIO DE PAULA				1		100227384		Y06L 0375155															
V MAGNOLIA 45 CA A										496		496		533		523															
A		01		RAPE				JOAO PAULINO DA SILVA				1		18569064		Y09S 0641932															
V MAGNOLIA 38										47		47		79		69															
A		01		RAPE				ELIAS RAMOS ASSIS				1		18978002		Y05P 0228270															
V MAGNOLIA 33										667		667		710		700															
A		01		RAPE				ANTONIO L SILVA				1		16853784		A11S 0214203															
V MAGNOLIA 25										40		47		87		75															
A		01		RAPE				JOSE DIAS MOREIRA				2		16409582		A11S 0214202															
V MAGNOLIA 15										39		46		118		78															

Figura 3.10 – Boletim de leitura





Figura 3.11 – Microcoletor de leituras

Mensalmente realizou-se uma compatibilização entre a macromedição obtida no setor e a micromedição com o intuito de se obter um índice de perdas real e direcionar ações de combate às perdas de água.

Os índices de perdas obtidos mensalmente serão apresentados no capítulo quatro, através da TABELA 4.1, como forma de descrever os resultados obtidos na compatibilização das leituras, onde posteriormente serão apresentadas as discussões a respeito dos resultados obtidos com o estudo.

## 4 RESULTADOS E DISCURSÃO

As leituras realizadas mensalmente foram registradas na TABELA 4.1 e no gráfico da figura 4.1 para visualização do volume e o índice de perda obtido através da diferença entre a macromedição e a micromedição do setor de estudo.

TABELA 4.1 - COMPATIBILIZAÇÃO						
MÊS DE REFERÊNCIA	DATA DA LEITURA	Nº DE LIGAÇÕES	VOLUME MICROMEDIDO (m³)	VOLUME MACROMEDIDO (m³)	PERDA MEDIDA REGISTRADA (m³)	PERCENTUAL DE PERDA (%)
11 / 2010	23/nov	257	2.890	4.300	1.410	32,79
12 / 2010	23/dez	258	2.933	3.498	565	16,15
01 / 2011	24/jan	261	3.088	3.710	622	16,77
02 / 2011	21/fev	262	2.990	3.188	198	6,21
03 / 2011	23/mar	263	2.838	3.250	412	12,68
04 / 2011	20/abr	263	2.900*	3.078	178	5,78
05 / 2011	23/mai	263	3.093	3.425	332	9,69
06 / 2011	21/jun	265	2.650	2.961	311	10,50
07 / 2011	22/jul	268	2.888	3.245	357	11,00
08 / 2011	24/ago	270	3.263	3.573	310	8,68
09 / 2011	22/set	270	2.807	3.204	397	12,39
10 / 2011	24/out	270	3.034	3479	445	12,79

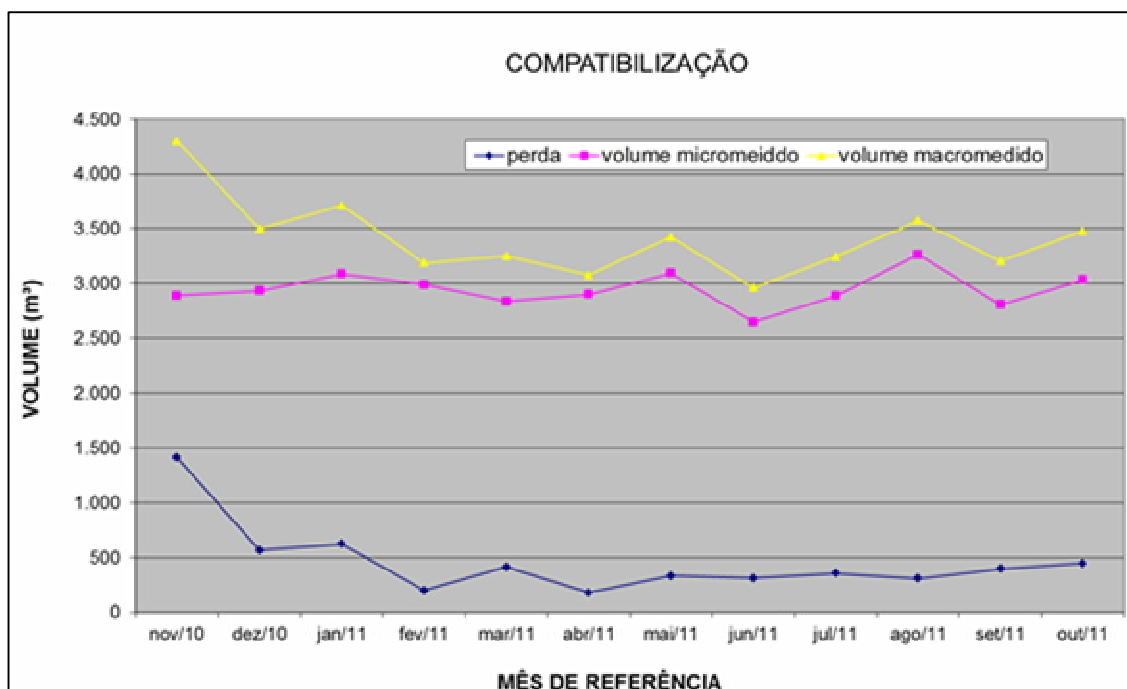


Figura 4.1 – Gráfico de Compatibilização macro x micromedição.

No primeiro mês de estudo, Novembro de 2010, observou-se uma grande disparidade entre a macro e a micromedição. O percentual de perda de 32,79% estava um pouco acima do percentual médio do sistema de Caratinga 29,7%. Esperava-se um índice um pouco menor por se tratar de um setor de pouca extensão de rede.

Após análise detalhada do macromedidor pela equipe da copasa, constatou-se que o mesmo não estava aferido. Realizou-se a aferição e requisitou-se a substituição pelo fato do aparelho ter muito tempo de utilização.

Nos meses de Dezembro de 2010 e Janeiro de 2011 registrou-se um percentual de perdas de 16,15% e 16,77%, respectivamente, não sendo detectado nenhum vazamento que poderia resultar neste volume de perda.

No mês de Janeiro de 2011 foi realizada a troca do macromedidor. A partir daí, foram obtidos dados mais confiáveis com relação macromedição.

No mês de Fevereiro registrou-se um índice de perda de 6,21%, o que é considerado excelente para a operação de um sistema.

Já no mês de Março observou-se um aumento no mesmo, ele mais que dobrou, passando para 12,68%.

No mês de Abril, foi registrado no somatório do sistema de micromedição do setor um volume de 12.854 m<sup>3</sup>, sendo que na macromedição foi registrado um volume de apenas 3.078m<sup>3</sup>. Este fato gerou um problema: como poderia ter sido distribuído um volume quatro vezes maior que o volume que passou pelo macromedidor, que é a entrada de água do sistema. O que ocorreu foi o seguinte, em uma das residências do setor havia uma ligação clandestina de água que estava interligada com uma ligação normal. A ligação clandestina ficava na rua dos fundos da casa, próximo a saída de água do reservatório, e a outra na rua da frente, conectada a rede em um ponto em que a água já havia abastecido vários imóveis. Mesmo estando a ligação normal em uma cota menor em relação à clandestina, a pressão dinâmica da segunda era maior, o que ocasionou o retorno de água na ligação normal. Como o hidrômetro possui quatro dígitos de leitura e ele estava registrando uma leitura regressiva, obteve-se a leitura de 9.954 m<sup>3</sup> no mês de Abril, sendo que o volume consumido não chega nem perto deste valor.

Portanto, o resultado foi a retirada de uma derivação clandestina, que contribuía para o aumento da perda no setor. Fazendo as correções necessárias

chegou-se a um volume micromedido de 2.900 m<sup>3</sup>, levando a um índice de perdas menor que o anterior 5,78%.

No mês de Maio registrou-se um aumento no índice de perdas que passou para 9,69% do volume distribuído.

Já nos meses de Junho e Julho obtiveram-se índices muito próximos, 10,5% e 11% respectivamente, caracterizando-se uma breve estabilização no percentual.

No mês de Agosto notou-se uma discreta queda, passando para 8,68%.

Nos meses de Setembro e Outubro, apesar de registrarem uma pequena elevação, notou-se também uma breve estabilização no índice, registrando-se 12,39% e 12,79% respectivamente.

O gráfico da Figura 4.2 mostra a evolução do índice de perdas, pode-se observar que, a partir do momento em que houve a substituição do macromedidor, obteve-se um índice de perdas médio de 9,97% no setor, bem abaixo do medido no início do estudo e do registrado mensalmente no sistema de Caratinga como um todo.

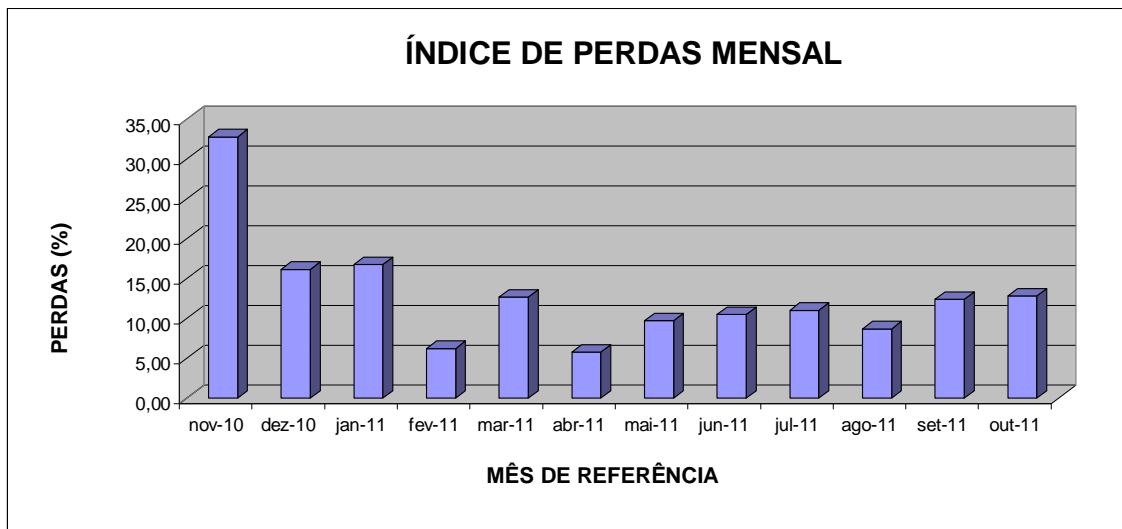


Figura 4.2 – Evolução do índice de perdas

## 5 CONCLUSÃO

### 5.1 CONCLUSÕES GERAIS

Diante dos resultados obtidos no decorrer deste estudo e dos objetivos do mesmo, podemos tirar diversas conclusões a respeito do mesmo:

- Através da elaboração do mapa de setorização, demonstrando as regiões que cada setor abrange de maneira clara, possibilitou um maior controle dos sistemas de manobras, pois criou-se uma ferramenta de disseminação e consulta sobre o funcionamento do sistema distribuidor de maneira simples e rápida, agilizando assim a operação do mesmo.
- Pode-se considerar, a partir dos resultados obtidos, que a implantação da setorização em todo o sistema seria uma forma eficaz de direcionamento das ações de combate a vazamentos e do controle de perdas.
- Quanto ao controle de pressões máximas e mínimas, o setor de estudo não apresentou índices fora dos padrões estabelecidos pela norma, portanto não foram necessárias adequações e reduções de pressão. No entanto, pode-se concluir que a utilização do modelo computacional se mostra eficiente a partir da confiabilidade e precisão das informações que alimenta seu banco de dados e criação.
- Ficou evidenciado que a compatibilização proporcionada pela a macromedição setorizada e a micromedição domiciliar possibilitou a obtenção dos Índices de Perdas mais precisos e confiáveis.

De modo geral, o presente trabalho demonstrou ser eficaz a aplicação de setorização a sistemas de abastecimento de água como principal ação no combate às perdas de água na rede de distribuição. Além de contribuir para controle e planejamento do abastecimento urbano, o controle de vazões macromedidas e micromedidas em setores, é a melhor forma de direcionar ações de combate a vazamentos, diminuindo a área de abrangência. Portanto, com investimentos relativamente baixos, pode-se mudar o quadro de índices de perdas astronômicos que se apresenta em grande parte do Brasil, o que significaria uma economia de produtos químicos, energia elétrica e num menor impacto ambiental provocado pela retirada de água dos mananciais.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em vista dos resultados obtidos no estudo de um setor, utilizado como modelo, conclui-se que seria interessante a aplicação de um estudo que englobe todos os setores, com a instalação dos macromedidores necessários para o controle do consumo mensal dos mesmos, com o intuito de se obter resultados mais expressivos. No entanto, como é necessário um investimento financeiro para a aquisição dos macromedidores e construção de caixas para sua instalação na rede de distribuição, um estudo que englobe apenas um grupo de setores contribuiria de maneira considerável para o controle de perdas no sistema de distribuição.

Outra ferramenta que consideramos importante é a utilização do software de simulação hidráulica EPANET 2.0. Acreditamos que sua contribuição teria maior impacto com a disponibilização de dados mais precisos, como por exemplo, aparelhos que possam registrar as pressões dinâmicas no decorrer do dia em alguns pontos da rede, que possibilitariam a elaboração de modelos mais próximos da realidade do sistema e precisos.

O sistema de cadastro inteligente foi algo que ajudou muito na elaboração do trabalho e tem potencial para ser aplicado no desenvolvimento de novas metodologias para o controle e operação do sistema de abastecimento.

Enfim, motivos não faltam para se buscar o desenvolvimento de estudos de combate às perdas de água e o conjunto de ferramentas apresentadas possibilita uma gama de linhas de estudo a serem trabalhadas.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D. F. C; **Controle e Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água**. São Paulo, 2006.

BARRETO, G. C; GOMES, D. M; GUTIERREZ, L. A. C. L; PEREIRA, J. A. R; **Impacto da Setorização no Abastecimento de Água em Áreas Urbanas**. Universidade Federal do Pará – UFPA. João Pessoa, 2006.

BARROS, Rafael T. de V. *et all*. Saneamento. Belo Horizonte : Escola de Engenharia da UFMG, 1995. (**Manual de saneamento e proteção ambiental para municípios, 2**)

BRASIL. Ministérios das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2009**. Brasília, DF, 2011.

\_\_\_\_\_. Ministérios das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. **Documento Técnico de Apoio D2: macromedição**. Brasília, DF, 2004a.

\_\_\_\_\_. Ministérios das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. **Documento Técnico de Apoio D3: micromedição**. Brasília, DF, 2004b.

COPASA. **Saneamento – tratamento e abastecimento de água**. Programa Chuá: Educação Sanitária e Ambiental da Copasa, 2011.

COPASA. **NORMA TÉCNICA T. 012/1 – Execução de cadastro de rede de água**. Sistema de Normalização Técnica Copasa, 2004.

COPASA. **NORMA TÉCNICA T. 023/3 – Hidrômetro para água fria, tipo taquímetro**. Sistema de Normalização Técnica Copasa, 1991.

CREDER, H; **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2006.

DANTAS, M. P; GONÇALVES, E; MACHADO, M. R; **Setorização de redes de distribuição de água e controle de pressão voltados para controle de perdas**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Rio de Janeiro – RJ, 1999.

EPANET. **Manual do usuário**. Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento – Universidade Federal da Paraíba.

GARCEZ, L.N; **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. São Paulo: Editora Blucher, 1976.

GENESIS SCI; **Suporte ao Cadastro Inteligente – Instalação e Configuração**. Versão 2.2, 2003.

GIROL, G. V; **Análise de perdas reais em um setor do sistema de abastecimento de água no município de Capinzal – SC**. Florianópolis, 2008.

GRIBBIN, J. E; **Introdução à Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

MACINTYRE, A. J; **Instalações Hidráulicas**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1996.

MAGALHÃES, A. S; **Setorização no Combate às Perdas**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. João Pessoa, 2001.

MELO, J. A. C; CUNHA, J. M. R; **Tecnologia moderna utilizada na operação de redes para redução de perdas de água - setorização de redes em distritos pitométricos**. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO OPERACIONAL EM SANEAMENTO COMBATE A PERDAS E DESPERDÍCIOS. Salvador – BA, 1998.



MIRANDA, I. S. L.; **Presença de ar no Sistema de Abastecimento de Água: influências na macro e micromedição.** Porto Alegre – RS, 2011.

MORAIS, D.C; ALMEIDA, A. T; **Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água.** Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) Recife, 2006.

MOTTA, R.G; **Importância da setorização adequada para combater às perdas reais de água de abastecimento público.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2010.

NETTO, J.M.A; ARAÚJO, R; FERNANDEZ, M.F; ITO, A.E; **Manual de Hidráulica.** São Paulo: Editora Blucher, 1998.

SILVA, N.R; **Estudo de Metodologias Para Avaliação de Submedição de Hidrômetros Domiciliares Em Sistemas de Água.** Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Distrito Federal, 2008.

WERDINE, D; **Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento.** Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) Itajubá, 2002.