

**THIAGO GUIMARÃES BAIS MARTINS**

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA –  
BAIRRO BURITI, CAMPO GRANDE/MS**



**UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO (UCDB)  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS (CCET)  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
Campo Grande (MS)  
2008**

**THIAGO GUIMARÃES BAIS MARTINS**

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA –  
BAIRRO BURITI, CAMPO GRANDE/MS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Católica Dom Bosco (UCDB), de Campo Grande-MS, sob a orientação do Professor Especialista Ricardo Verde Selva.



**UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO (UCDB)  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS (CCET)  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
Campo Grande (MS)  
2008**

**JULIANO BUENO MENDES TERRA**

**THIAGO GUIMARÃES BAIS MARTINS**

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA –  
BAIRRO BURITI, CAMPO GRANDE/MS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Católica Dom Bosco (UCDB), de Campo Grande-MS, sob a orientação do Professor Especialista Ricardo Verde Selva.

**COMISSÃO JULGADORA**

---

Prof. Especialista Ivan Pedro Martins (UCDB)

---

Prof. Mestre Antonio Carlos da Silva Sampaio (UCDB)

---

Prof. Especialista Ricardo Verde Selva (UCDB/orientador)

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO (UCDB)  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS (CCET)  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

## RESUMO

Um dos grandes problemas no planeta é a escassez dos recursos naturais existentes para a nossa sobrevivência, e a água é um desses recursos. A água potável é um recurso finito, que é dividida desigualmente pela superfície terrestre. Com o crescimento populacional elevado, uma demanda exponencial da água para uso racional ou não, que inclui o consumo em excesso e o descarte impróprio da água tratada, diminuem a disponibilidade de água para a população. Outra forma de desperdício de água é a perda de água nos sistemas de distribuição, que dependendo da qualidade da prestação dos serviços, pode acarretar em uma perda maior que 50% da água tratada que deveria ser distribuída para a população já com suas propriedades adequadas. Sendo assim, o presente trabalho vem avaliar, em um determinado período, as perdas de água, tanto físicas (por meio de vazamentos), como não físicas (por meio de fraudes, ligações irregulares, etc.), no município de Campo Grande/MS, no Bairro Buriti. Apresentando resultados por meio de indicadores de perdas, e descrever as medidas necessárias para a diminuição das perdas existentes no setor. Os resultados mostraram que com um programa de controle e redução de perdas efetuado no setor, fez com que ocorresse uma diminuição no volume de água perdido, e também diminuindo o número de ocorrência de fraudes, aumentando a receita da empresa de saneamento responsável.

## **ABSTRACT**

One of the major problems on the planet is the scarcity of natural resources for our survival, and the water is one of these resources. Drinking water is a finite resource, which is divided unequally by land surface. With the high population growth, an exponential demand of water for rational use or not, which includes the consumption in excess and the discard improper of treated water, reduce the availability of water for the population. Other waste of water is the loss in distribution systems, depending on the quality of the provision of services, may result in a loss greater than 50% of treated water that should be distributed to the population already with its adequate properties. Thus, this work will assess, in a given period, the loss of water, both physical (by means of leaks), as not physical (by means of fraud, irregular connections, etc ), in the municipality of Campo Grande/MS, in the district Buriti. Presenting the results by means of indicators of losses, and describe the measures necessary for the reduction of the losses existing in the sector. The results showed that a program of control and reduction of losses performed in the sector, has just happened a decrease in volume of water lost, and also reducing the number of fraud, increasing the revenue of the company of sanitation responsible.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Origem e magnitude das perdas físicas	34
Quadro 2	Origem e magnitude das perdas não físicas	34
Quadro 3	Indicadores de perdas e informações chave	46

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Instalações do Poço CGR – 065	79
Figura 2	Medidor de vazão do Poço CGR – 194	80
Figura 3	Macromedidor de Vazão do reforço da Avenida das Roseiras	80
Figura 4	Localização visual do SF 44	82
Figura 5	Gráfico do Volume distribuído (SF44).	88
Figura 6	Gráfico do Volume perdido (SF 44).	90
Figura 7	Gráfico do Índice de perdas percentuais (SF 44).	91
Figura 8	Funcionário utilizando o Stick.	97
Figura 9	Funcionário utilizando o Geofone.	97

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Índices percentuais de perdas.	38
Tabela 2	Histórico de ligações do SF 44.	81
Tabela 3	Histórico do número de economias do SF 44	81
Tabela 4	Histórico dos Volumes Micromedidos e Faturados	89
Tabela 5	Indicador de Perdas por Ramal	92
Tabela 6	Consumo por ligação por dia	92
Tabela 7	Indicador de perdas por extensão de rede	93
Tabela 8	Indicador de Perda de Faturamento	94
Tabela 9	Distância percorrida pela equipe de geofonamento no SF 44	97
Tabela 10	Reparos efetuados no SF 44 (perdas reais)	98
Tabela 11	Verificações efetuadas no SF 44 (perdas aparentes)	100

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANF	Água Não Faturada
C	Coeficiente de Hazem-Williams
Cd	Coeficiente de Descarga
EP	Extensão Parcial da Rede
ET	Extensão Total da Rede
ETA	Estação de Tratamento de Água
FAVAD	Fixed and Variable Area Discharge Paths
FND	Fator Noite/Dia
h	Horas
IH	Índice de Hidrometração
ILB	Índice Linear Bruto de Perda
IPD	Índice de Perda na Distribuição
IPF	Índice de Perda de Faturamento
IPL	Índice de Perda por Ligação
IVI	Índice de vazamentos da infra-estrutura
IWA	International Water Association
SF	Setor de Fornecimento
km	Quilômetros
L	Litros
LA	Número de Ligações Ativas
Lm	Número de Ligações Ativas Micromedidas

m	Metros
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
mca	Metros de Coluna D'água
mg	Miligramas
mm	Milímetros
NBR	Norma Brasileira
ND	Número de Dias
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PFA	Índice de Perda Física na Adução
PFD	Índice de Perda Física na Distribuição
PFP	Índice de Perda Física na Produção
PTR	Índice de Perda Física no Tratamento
PVC	Policloreto de Vinila
s	Segundos
SCADA	Sistemas de Aquisição e Controle de Dados Operacionais
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
TPF	Índice Total de Perda Física
UCDB	Universidade Católica Dom Bosco
VA	Volume Aduzido
VC	Volume Captado
VD	Volume Disponibilizado
VEs	Volume Especial
VEx	Volume Exportado
VF	Volume Faturado

VFU	Volume Fisicamente Utilizado
Vim	Volume Importado
Vm	Volume Micromedido
VO	Volume Operacional
VP	Volume Produzido
VR	Volume Recuperado
VRP	Válvula Redutora de Pressão
VU	Volume Utilizado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	16
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	17
3.1 OBJETIVO GERAL.....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	18
4.1 ÁGUA .....	18
4.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E PERDAS .....	19
4.3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	20
<b>4.3.1 Partes constituintes</b> .....	20
4.3.1.1 Manancial .....	21
4.3.1.2 Captação .....	22
4.3.1.3 Estação Elevatória .....	22
4.3.1.4 Adutora.....	24
4.3.1.5 Estação de Tratamento de Água.....	25
4.3.1.6 Reservatórios.....	26
4.3.1.7 Redes de Distribuição.....	26
4.3.1.8 Variações de consumo em um sistema de abastecimento de água	28
<b>4.3.2 Perdas em sistemas de abastecimento de água</b> .....	30
4.3.2.1 Conceitos.....	30
4.3.2.2 Origem das perdas e suas causas.....	33
4.3.2.3 Avaliação das perdas.....	34
4.3.2.4 Indicadores de perda.....	36
4.3.2.4.1 <i>Indicadores básicos de desempenho</i> .....	38
4.3.2.4.2 <i>Definição de indicadores intermediários e avançados</i> .....	40
4.3.2.4.3 <i>Indicadores avançados</i> .....	45
<b>4.3.3 Perdas reais – Vazamentos</b> .....	48
4.3.3.1 Ocorrência.....	48
4.3.3.2 Classificação de vazamentos.....	49
4.3.3.3 Duração de vazamentos.....	51
4.3.3.4 Associação vazamento e pressão.....	51

4.3.3.5 Extravasamentos.....	52
4.3.3.6 Avaliação das perdas reais.....	53
4.3.3.7 Controle de perdas físicas (reais).....	58
<b>4.3.4 Perdas Aparentes.....</b>	<b>63</b>
4.3.4.1 Tipos de medidores de vazão.....	63
4.3.4.2 Erros dos macro-medidores.....	65
4.3.4.3 Erros de hidrômetros.....	66
4.3.4.4 Controle de perdas não-físicas.....	67
4.4 GESTÃO COMERCIAL.....	70
<b>4.4.1 Cadastro Comercial.....</b>	<b>71</b>
<b>4.4.2 Fraudes.....</b>	<b>72</b>
<b>4.4.3 Outros casos.....</b>	<b>72</b>
4.5 ESTRUTURA DE UM PLANO DE AÇÃO.....	73
4.6 NOVAS TECNOLOGIAS DE CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS	76
<b>5 METODOLOGIA.....</b>	<b>78</b>
5.1 ETAPAS REALIZADAS.....	78
<b>5.1.1 Caracterização do Sistema de Abastecimento de Água de Campo Grande/MS.....</b>	<b>78</b>
<b>5.1.2 Caracterização do Setor de Fornecimento 44 (Bairro Buriti).....</b>	<b>79</b>
5.1.2.1 Dados comerciais do setor.....	81
5.1.2.2 Área Geográfica.....	82
<b>5.1.3 Caracterização dos procedimentos da saída a campo.....</b>	<b>83</b>
<b>5.1.4 Procedimentos para coleta e avaliação de dados.....</b>	<b>83</b>
5.1.4.1 Volume Disponibilizado.....	83
5.1.4.2 Volume Utilizado.....	84
5.1.4.3 Perdas Reais.....	84
5.1.4.4 Fraudes.....	84
<b>5.1.5 Indicadores básicos de desempenho.....</b>	<b>85</b>
5.1.5.1 Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água Não Contabilizada (ANC).....	85
5.1.5.2 Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF).....	85
5.1.5.3 Índice Linear Bruto de Perda (IPD).....	85
5.1.5.4 Índice de Perda por Ligação (IPL).....	85

<b>5.1.6 Indicadores avançados de desempenho.....</b>	<b>86</b>
5.1.6.1 Índice de vazamentos de Infra-estrutura (IVI).....	86
<b>5.1.7 Recursos tecnológicos.....</b>	<b>86</b>
5.2 ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS PARA CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS NO SETOR.....	87
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>88</b>
6.1 VOLUME DISPONIBILIZADO.....	88
6.2 VOLUME UTILIZADO (MICROMEDIDO) E VOLUME FATURADO.....	88
6.3 DETERMINAÇÃO DOS PRINCIPAIS INDICADORES DE PERDAS....	89
<b>6.3.1 Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água Não Contabilizada (ANC).....</b>	<b>90</b>
<b>6.3.2 Indicador de perdas por ramal (IPR).....</b>	<b>91</b>
<b>6.3.3 Indicador de perdas por extensão de rede (IPER).....</b>	<b>93</b>
<b>6.3.4 Indicador de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF).....</b>	<b>93</b>
<b>6.3.5 Indicador de perdas por infra-estrutura (IVI).....</b>	<b>94</b>
6.4 PERDAS DE ÁGUA NO SETOR DE FORNECIMENTO 44 – BAIRRO BURITI.....	96
<b>6.4.1 Perdas Físicas/Reais.....</b>	<b>96</b>
<b>6.4.2 Perdas Não Físicas/Aparentes.....</b>	<b>99</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>101</b>
<b>9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>103</b>
<b>Anexo I.....</b>	<b>105</b>
<b>Anexo II.....</b>	<b>106</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A implantação de determinadas atividades tem como meta a qualidade e a garantia de excelência no serviço prestado à comunidade. Em Sistemas de Abastecimento de Água não é diferente, sendo a qualidade dos materiais e a prestação de serviços junto com as devidas manutenções técnicas realizadas em todo sistema, desde a captação até a água tratada destinada ao consumidor final, garantem trabalhar com um nível de perda de água aceitável.

Segundo Tsutiya (2005), grande parte das perdas é causada por operação e manutenção deficientes das tubulações, e inadequada gestão comercial das companhias de saneamento. Contudo, isso não quer dizer que é possível contar com “perda zero” no sistema de abastecimento de água.

Atualmente, vários sistemas de abastecimento trabalham com um índice de perdas muito elevado, chegando estes a até 60% de água disponibilizada, levando a interação de profissionais da área de saneamento a criarem programas de redução das perdas, visando à manutenção da parte econômica das empresas responsáveis e uma boa imagem da companhia junto aos clientes.

O trabalho a seguir apresentado relata uma abordagem das perdas no abastecimento de água do Bairro Buriti (Setor de Fornecimento 44) de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, para a avaliação das perdas, e assim a formulação de propostas para o controle e redução de perdas para o setor.

## **2 JUSTIFICATIVA**

A relação entre o nível de perdas em uma companhia de saneamento e a sua eficiência operacional e econômica é total, ou seja, quanto menor o índice de perdas, menor o custo na operação do sistema desde a captação até o consumo final. Sendo assim, reverte-se também ao cliente o benefício em tarifas mais baixas pela água consumida.

Esse trabalho se justifica, em razão da avaliação das perdas de água, e da formulação de possíveis medidas de controle para o Sistema de Fornecimento 44, melhorar a eficiência do sistema de abastecimento de água de Campo Grande, de responsabilidade da empresa Águas Guariroba S.A. nos aspectos: econômico, quantitativo, qualitativo e de relacionamento com o cliente.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as perdas no sistema de fornecimento 44 (Bairro Buriti), do sistema de abastecimento de água do município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as atividades desenvolvidas pela empresa responsável pela diminuição das perdas físicas no Setor de Fornecimento em estudo;
- Identificar as atividades desenvolvidas pela empresa responsável pela diminuição das perdas não-físicas no Setor de Fornecimento em estudo;
- Apontar as causas das perdas no Setor de Fornecimento em estudo;
- Avaliar as condições do sistema de fornecimento a partir de indicadores de perda.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 ÁGUA

A água representa, além do consumo básico à vida em todas as suas formas, um bem de consumo para quase todas as atividades humanas (CASTELLANO & CHAUDRY, 2000).

Embora a maior parte do planeta esteja coberta por água, somente uma pequena parcela da mesma é utilizável na grande maioria das atividades humanas. Os oceanos e mares constituem 97,2% da água existente na Terra, cobrindo 71% de sua superfície. Além disso, existem as águas presentes na neve, geleiras, no vapor atmosférico, em profundidades não acessíveis, entre outras, que não são aproveitáveis (MOTA, 2003).

Segundo Messias *et al.* (2004), a água é um recurso finito, escasso, e, que enfrenta problemas de qualidade e quantidade, como exemplo, os autores citam que há mais de um bilhão de pessoas sem disponibilidade suficiente de água para consumo doméstico, tendendo a piorar. Isto reflete uma crise de sustentabilidade para as vidas do planeta.

Um fator preocupante consiste na crescente dinâmica de consumo de água pelo mundo. Estima-se um consumo mundial entre 2.879 a 5.187 km<sup>3</sup>/ano, para o ano de 2025, o que representa um crescimento de aproximadamente, 75%, em 30 anos, do volume de água utilizado em todo o nosso planeta (MESSIAS *et al.*, 2004).

Quanto ao consumo de recursos hídricos no Brasil, o setor agrícola também capta o maior volume, cerca de 72,5% do volume total, seguido pelo setor de abastecimento, que capta cerca de 18,0%, seguido pelo setor de indústrias que utiliza 9,5% (MESSIAS *et al.*, 2004).

Portanto, o consumo de água no planeta apresenta escalada ascendente, superior inclusive aos níveis de crescimento populacional, ou seja, no último

século, a população mundial cresceu a uma ordem de três vezes o seu tamanho e o consumo de água ampliou-se em cerca de seis a sete vezes. Mas, vale lembrar, que o maior consumo de água não é para o abastecimento e, sim, para a irrigação da agricultura (MESSIAS *et al.*, 2004).

## 4.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E PERDAS

Um das principais prioridades das populações é o atendimento por sistema de abastecimento de água em quantidade e qualidade adequadas, pela importância para atendimento às suas necessidades relacionadas à saúde e ao desenvolvimento industrial (TSUTIYA, 2005).

Em vista da importância de um correto sistema de abastecimento de água, grandes esforços vêm sendo feitos, particularmente nas últimas décadas do século XX, com elevados investimentos, de modo a se levar água de boa qualidade ao maior número possível de usuários, especialmente dos países em desenvolvimento, onde a situação de abastecimento de água é menos favorável (TSUTIYA, 2005).

Hoje, nos centros urbanos mais desenvolvidos, as principais deficiências observadas em sistemas de abastecimento de água se devem principalmente à deterioração dos sistemas mais antigos, especialmente na parte de distribuição de água, com tubulações antigas apresentando freqüentes problemas de rompimentos e de vazamentos de água, ou mesmo a falta de abastecimento de áreas urbanas que apresentam rápido e desordenado crescimento. Assim, para esses centros urbanos, as necessidades de adequações dos serviços de abastecimento de água estão ligadas à reabilitação de redes de transporte e distribuição de água mais antigas, bem como a construção e ampliação dos sistemas para atender às novas áreas de crescimento. Estima-se que nos grandes centros urbanos os maiores investimentos necessários serão para a

recuperação das partes mais antigas do sistema de transporte e distribuição de água potável. A deterioração dos sistemas de transporte e distribuição de água mais antigos, que não sofrem adequada manutenção e recuperação, resultam em elevada perda de água, com importantes perdas de faturamento por parte da prestadora do serviço, devido aos vazamentos, bem como deixa o sistema de abastecimento vulnerável à contaminação da água através da perda de estanqueidade das tubulações e juntas danificadas (TSUTIYA, 2005).

### 4.3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

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. Essa água fornecida pelo sistema deverá ser, em quantidade suficiente e da melhor qualidade, do ponto de vista físico, químico e bacteriológico (NETTO *et al.*, 1998)

#### 4.3.1 Partes constituintes

Segundo Netto *et al.* (1998), um sistema público de água compreende diversas unidades, a saber:

- Manancial;
- Captação;
- Adução (de água bruta, de água tratada);
- Estação de tratamento de água;

- Reservatórios (enterrados, semi-enterrados, apoiados, elevados);
- Estações elevatórias ou de recalque (quando necessárias);
- Rede de distribuição.

Para a implantação de um sistema de abastecimento de água, faz-se necessária a elaboração de estudos e projetos com vistas à definição das obras a serem empreendidas. Essas obras deverão ter a sua capacidade determinada não somente para as necessidades atuais, mas também para o atendimento futuro da comunidade, prevendo-se a construção por etapas. O período de atendimento das obras projetadas, também chamado de alcance do plano, varia normalmente entre 10 a 30 anos (NETTO *et al.*, 1998).

#### 4.3.1.1 Manancial

É o corpo de água superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento. Deve fornecer vazão suficiente para atender a demanda de água no período determinado pelo projeto, e ser considerado satisfatório sob o ponto de vista sanitário (TSUTIYA, 2001).

Segundo Netto *et al.* (1998), os mananciais naturais de água, passíveis de aproveitamento para fins de abastecimento público, podem ser classificados em dois grandes grupos:

- Manancial subterrâneo: entende-se por manancial subterrâneo todo aquele cuja água provenha dos interstícios do subsolo, podendo aflorar à superfície (fontes, bicas d'água, etc.) ou ser elevada artificialmente através de conjuntos motor-bomba (poços rasos e profundos, galerias de infiltração).
- Manancial superficial: é constituído pelos córregos, rios, lagos, represas, etc. que, como o próprio nome indica, tem o espelho de água na superfície terrestre.

#### 4.3.1.2 Captação

É o conjunto de obras para retirar a água do manancial. Para os mananciais superficiais, existem vários tipos de captação cujas características são ditadas tanto pelo porte e conformação do leito desses mananciais, associadas à topografia e geologia locais, como pela velocidade, qualidade e variação do nível de água. Na maioria dos casos, são empregados a captação direta, a barragem de nível, o canal de regularização, o canal de derivação, a torre de tomada, o poço de derivação e o reservatório de regularização (DACACH, 1979).

As obras de captação devem ser projetadas e constituídas de forma que, em qualquer época do ano, sejam asseguradas condições de fácil entrada de água e, tanto quanto possível, da melhor qualidade encontrada no manancial em consideração. Também, deve-se ter sempre em vista, ao desenvolver um projeto, facilidade de operação e manutenção ao longo do tempo (TSUTIYA, 2001).

Para a captação de água subterrânea podem ser utilizados drenos, galerias filtrantes, poços escavados (rasos) e poços perfurados (profundos), sendo este último o mais utilizado para o sistema de abastecimento de água (TSUTIYA, 2001).

#### 4.3.1.3 Estação Elevatória

É um conjunto de obras e equipamentos destinados a recalcar água para a unidade seguinte. Em sistemas de abastecimento de água, geralmente há várias estações elevatórias, tanto para o recalque de água bruta, como para o recalque de água tratada. Também é comum a estação elevatória tipo “booster”, que se destina a aumentar a pressão e/ou vazão em adutoras ou redes de distribuição de água (TSUTIYA, 2005).

Segundo Porto (2004), um sistema de recalque ou elevatório é o conjunto de tubulações, acessórios, bombas e motores necessário para transportar uma

certa vazão de água ou qualquer outro líquido de um reservatório inferior, para outro reservatório superior.

De acordo com Barros et al. (1995), as instalações elevatórias típicas são formadas por:

- Casa de Bombas: edificação própria destinada a abrigar os conjuntos moto-bomba. Deve ter iluminação e ventilação adequadas e ser suficientemente espaçosa para a instalação e movimentação dos conjuntos elevatórios, incluindo espaço para a parte elétrica (quadro de comando, chaves etc);
- Bomba: equipamento encarregado de succionar a água retirando-a do reservatório de sucção e pressurizando-a através de seu rotor, que a impulsiona para o reservatório ou ponto de recalque. As bombas podem ser classificadas de uma maneira geral em: Turbo-bombas ou bombas hidrodinâmicas (bombas radiais ou centrífugas, as mais usadas para abastecimento público de água; bombas axiais; bombas diagonais ou de fluxo misto); e Bombas volumétricas, de uso comum na extração de água de cisterna (bombas de êmbolo ou bombas de cilindro de pistão);
- Motor de acionamento: equipamento encarregado do acionamento da bomba. O tipo de motor mais utilizado nos sistemas de abastecimento de água é o acionado eletricamente;
- Linha de sucção: conjunto de canalizações e peças que vão do poço de sucção até a entrada da bomba;
- Linha de recalque: conjunto de canalizações e peças que vão da saída da bomba até o reservatório ou ponto de recalque;
- Poço de sucção: reservatório de onde a água será recalcada. Sua capacidade ou volume deve ser estabelecido de maneira a assegurar a regularidade no trabalho de bombeamento.

#### 4.3.1.4 Adutora

Adução é a tubulação usada para a condução da água do ponto de captação até a ETA, e da ETA até os reservatórios de distribuição, sem a existência de derivações para alimentar as canalizações de ruas e ramais prediais (BARROS et al., 1995).

Segundo Netto et al. (1998), as canalizações principais destinadas a conduzir água entre as unidades de um sistema público de abastecimento que antecedem a rede de distribuição são denominadas adutoras. Elas interligam a captação e tomada de água à estação de tratamento de água, e esta aos reservatórios de um mesmo sistema.

No caso de existirem derivações de uma adutora destinadas a conduzir água até outros pontos do sistema, constituindo canalizações secundárias, as mesmas receberão a denominação de subadutoras. Também são denominadas subadutoras as canalizações que conduzem água de um reservatório de distribuição para outro (NETTO *et al.*, 1998).

Classificação das adutoras, segundo Barros *et al.* (1995):

##### a) Quanto à natureza da água transportada

- Adutora de água bruta: transporta a água da captação até a Estação de Tratamento.
- Adutora de água tratada: transporta a água da ETA aos reservatórios de distribuição.

##### b) Quanto à energia utilizada para a movimentação água

- Adutora por gravidade em conduto livre: A água escoar sempre em declive, mantendo uma superfície livre sob o efeito da pressão atmosférica. Os condutos podem ser abertos ou fechados, não funcionando com seção plena (totalmente cheios).

- Adutora por gravidade em conduto forçado: A pressão interna permanentemente superior à pressão atmosférica permite à água mover-se, quer em sentido descendente quer em sentido ascendente, graças à existência de uma carga hidráulica.
- Adutora por recalque: quando, por exemplo, o local da captação estiver em um nível inferior, que não possibilite a adução por gravidade, é necessário o emprego de equipamento de recalque (conjunto moto-bomba e acessórios). O sistema de adução é composto por condutos forçados.

É possível também a utilização de adutoras mistas, recalque, parte por gravidade (BARROS *et al.*, 1995).

#### 4.3.1.5 Estação de Tratamento de Água

Um sistema público de abastecimento de água deverá fornecer à comunidade água potável, isto é, água de boa qualidade para a alimentação humana e outros usos, dos pontos de vista físico, químico, biológico e bacteriológico. Para tal e em função das características qualitativas da água fornecida pelos mananciais, procede-se ao tratamento da água em instalações denominadas estações de tratamento. A análise química e os exames físico e bacteriológico da água dos mananciais abastecedores, feitos com frequência, determinarão a necessidade ou não de submeter essa água a processos corretivos, a fim de garantir a boa qualidade e a segurança higiênica da mesma (NETTO *et al.*, 1998).

As tecnologias de tratamento podem ser divididas entre aquelas em que é utilizada a coagulação química e as que prescindem desse processo. De outra forma, a classificação das tecnologias de tratamento poderia ser feita em função da filtração, rápida ou lenta (TSUTIYA, 2001).

#### 4.3.1.6 Reservatórios

São unidades destinadas a compensar as variações horárias de vazão. Reservatórios não produzem água, portanto é importante entender o momento de sua construção para não gerar falsas expectativas e desperdício de recursos na oportunidade errada (NETTO *et al.*, 1998).

Segundo Tsutiya (2001), os reservatórios de distribuição de água são dimensionados para satisfazer às seguintes condições:

- Funcionar como volantes de distribuição, atendendo à variação horária do consumo;
- Assegurar uma reserva de água para combate a incêndios;
- Manter uma reserva para atender a condições de emergência (acidentes, reparo nas instalações, interrupções da adução e outras);
- Manutenção de pressão na rede de distribuição.

Dependendo da sua configuração e sua posição com relação à rede de distribuição, podem ser classificados em (TSUTIYA, 2001):

- Enterrados, semi-enterrados, apoiados ou elevados;
- De montante ou de jusante.

Os reservatórios elevados, devido ao seu custo, em geral são associados a reservatórios apoiados ou enterrados que armazenam a maior parte do volume necessário (TSUTIYA, 2001).

#### 4.3.1.7 Redes de Distribuição

A rede de distribuição é a estrutura do sistema mais integrada à realidade urbana, e a mais dispendiosa. É constituída de um conjunto de tubulações interligadas instaladas ao longo das vias públicas ou nos passeios, junto aos edifícios, conduzindo a água aos pontos de consumo (moradias, escolas, hospitais, escolas, etc.) (BARROS *et al.*, 1995).

Segundo Porto (2004), um sistema de distribuição de água é o conjunto de tubulações, acessórios, reservatórios, bombas etc., que tem a finalidade de atender, dentro de condições sanitárias, de vazão e pressão convenientes, a cada um dos diversos pontos de consumo de uma cidade ou setor de fornecimento.

Evidentemente, em função do porte do problema, o sistema de abastecimento torna-se bastante complexo, não só quanto ao dimensionamento, mas também quanto à operação e manutenção. Trata-se, em geral, da parte mais dispendiosa do projeto global de abastecimento, exigindo considerável atenção do projetista no que concerne aos parâmetros do sistema, hipóteses de cálculo assumidas e metodologias, de modo a obter um projeto eficiente (PORTO, 2004).

A qualidade da água na rede de distribuição deve ser resguardada, e para isso são necessários alguns cuidados, de acordo com Barros *et al.* (1995), como:

- o sistema deve ser projetado, construído e operado de forma a manter pressão mínima em qualquer ponto da rede;
- os registros e dispositivos de descarga devem ser projetados e convenientemente posicionados para permitir manutenção e descarga sem prejudicar o abastecimento;
- o sistema deve estar protegido contra poluição externa; durante a execução da rede e durante os reparos, substituições, remanejamentos e prolongamentos, devem ser tomados os cuidados necessários para impedir a ocorrência de contaminação;

- a desinfecção das tubulações, por ocasião do assentamento e dos reparos, deve ser feita com uma solução concentrada de cloro (50 mg de cloro por litro) durante 24 horas. Após esse período, essa solução é descarregada, enchendo-se a canalização com água limpa. Toda a operação deve ser controlada por exames bacteriológicos;
- as tubulações de água potável devem ser assentadas em valas situadas a uma distância mínima de 3,0 m da tubulação de esgoto, para evitar contaminação;
- em alguns casos, como por exemplo arruamentos pavimentados com grande largura, pode ser mais vantajoso e econômico situar a rede de água nas calçadas;
- em geral as juntas das tubulações não resistem a pressões de fora para dentro (sub-pressões). Em sistemas em que o fornecimento de água não é contínuo, nas horas em que não houver abastecimento haverá pouca ou nenhuma pressão na rede, podendo até ser negativa. Nessas ocasiões, há perigo de penetração ou sucção de água contaminada para dentro da rede. Assim, as boas condições de operação do sistema, evitando interrupções, diminuem a possibilidade de contaminação da rede.

#### 4.3.1.8 Variações de consumo em um sistema de abastecimento de água

Num sistema público de abastecimento de água, a quantidade de água consumida varia continuamente em função do tempo, das condições climáticas, hábitos da população, etc (NETTO et al., 1998).

Em países tropicais notadamente, há meses em que o consumo de água é maior, como no verão. Por outro lado, no mesmo mês ou semana, existem dias em que a demanda de água assume valores maiores sobre os demais (NETTO et al., 1998).

Durante o dia, a vazão veiculada por uma rede pública varia continuamente; a vazão supera o valor médio, atingindo valores máximos em torno do meio-dia. No período noturno, o consumo cai abaixo da média, apresentando valores mínimos nas primeiras horas da madrugada (NETTO et al., 1998).

Podem, pois, ser consideradas as seguintes variações de consumo: mensais, diárias, horárias e instantâneas (NETTO et al., 1998).

A capacidade dos reservatórios de distribuição, considerando apenas o consumo médio anual, não tem condições de contrabalançar esse excesso de consumo e, portanto, as obras de adução devem ser projetadas para atender a demanda dos dias de maior consumo (NETTO *et al.*, 1998).

As variações instantâneas, mais pronunciadas nos trechos extremos das redes (de menor vazão), decorrem do uso simultâneo de torneiras e aparelhos. Assim sendo, verifica-se a necessidade de se estabelecerem coeficientes que traduzam essas variações de consumo para o dimensionamento das diversas unidades de um sistema público de abastecimento de água (NETTO *et al.*, 1998).

- Coeficiente do dia de maior consumo ( $k_1$ ). O coeficiente do dia de maior consumo ( $k_1$ ) é a relação entre o valor do consumo máximo diário ocorrido em um ano e o consumo médio diário relativo a esse ano. Os valores de  $k_1$  recomendáveis para projeto são de 1,1 e 1,4.
- Coeficiente da hora de maior consumo ( $k_2$ ). O coeficiente da hora de maior consumo é a relação entre a maior vazão horária e a vazão média do dia de maior consumo.

Os valores de  $k_2$ , são obtidos através de observações sistemáticas de medidores instalados à jusantes dos reservatórios de distribuição. Os valores de  $k_2$  recomendáveis para projeto são de 1,5 a 2,3 (NETTO *et al.*, 1998).

Os menores valores de  $k_1$  são encontrados em cidades com pequenas variações climáticas. Os maiores valores de  $k_2$  decorrem de pequeno número ou inexistência de reservatórios domiciliares. Neste caso geralmente recomenda-se o

uso do coeficiente de reforço, obtido do produto de  $k_1$  vezes o  $k_2$  (NETTO *et al.*, 1998).

### **4.3.2 Perdas em sistemas de abastecimento de água**

#### 4.3.2.1 Conceitos

A primeira noção que vem à mente é a de que perda é toda água tratada que foi produzida e se perdeu no caminho, não se chegando ao uso final pelos clientes da companhia de saneamento. Essa noção, no entanto, trata a perda como algo físico, um volume de água perdido em um vazamento, por exemplo. Efetivamente tem-se aqui um caso concreto de um produto industrializado que se perde no transporte até o consumidor (TSUTIYA, 2005).

O conceito de perdas, todavia, vai mais adiante. Sob a perspectiva empresarial, se o produto for entregue e, por alguma ineficiência, não for faturado, tem-se um volume de produto onde foram incorporados todos os custos intrínsecos de produção industrial e transporte, mas que não está sendo contabilizado como receita da companhia, ou seja, é prejuízo, é perda também, só que de conotação diferente em relação ao caso anterior, sendo mais ligada ao aspecto comercial do serviço prestado (TSUTIYA, 2005).

As perdas físicas originam-se de vazamentos no sistema, envolvendo a captação, a adução de água bruta, o tratamento, a reserva, a adução de água tratada e a distribuição, além de procedimentos operacionais como lavagem de filtros e descargas na rede, quando estes provocam consumos superiores ao estritamente necessário para operação (SILVA & CONEJO, 1999).

Já as perdas não-físicas originam-se de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou fraudados e outras. São também conhecidas como perdas de faturamento, uma vez que seu principal indicador é a

relação entre o volume disponibilizado e o volume faturado (SILVA & CONEJO, 1999).

Segundo Tsutiya (2005), em uma companhia de saneamento, podem ser identificados dois tipos de perdas:

- Perda física corresponde ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final, devido à ocorrência de vazamento nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios, bem como de extravasamentos em reservatórios setoriais. De acordo com a nova nomenclatura definida pela International Water Association – IWA, esse tipo de perda denomina-se Perda Real;
- Perda não-física corresponde ao volume de água consumido, mas não contabilizado pela companhia de saneamento, decorrente de erros de medição nos hidrômetros e demais tipos de medidores, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial. Nesse caso, então, a água é efetivamente consumida, mas não é faturada. De acordo com a IWA, esse tipo de perda denomina-se Perda Aparente (há outra denominação, freqüentemente utilizada, que é Perda Comercial).

Já Netto *et al.* (1998), relatou que perda corresponde à diferença entre o volume de água produzido nas estações de tratamento de água – ETA, e o total dos volumes medidos nos hidrômetros, ou seja, índice de perdas é a percentagem do volume produzido que não é faturado pelas concessionárias do serviço.

Em relação às Perdas Reais, Martins *et al.* (2001) cita que dois pontos de extrema importância devem ser colocados:

- Um relacionado à conservação de recursos naturais, pois quanto menos volume se perde no sistema, menor é a necessidade de explorar ou ampliar captações de água, acarretando menor impacto ambiental. Pode-se argumentar que as perdas reais recarregam o lençol freático, o que é

fato, mas isso não parece uma forma adequada de gestão de recursos hídricos, na medida em que, para atender à crescente demanda de água tratada, é requerida a execução de obras com elevado custo e com forte impacto ambiental, representadas por barragens, represas, importação de águas de outras bacias, etc;

- Outro diz respeito à saúde pública, em decorrência da existência de vazamentos na rede de distribuição de água, onde qualquer despressurização do sistema (manutenção ou intermitência no abastecimento, por exemplo) pode levar à contaminação da água pela entrada de agentes nocivos na tubulação. Este risco não é meramente potencial, há diversos casos relatados, inclusive em países do Primeiro Mundo, de morte ou doenças ocasionadas por contaminação de redes através dos pontos de vazamento após despressurização do sistema.

Pode-se dizer ainda que os volumes perdidos nos vazamentos (Perdas Reais) carregam consigo os custos de produção e transporte da água tratada, tais como os custos de energia elétrica, produtos químicos, mão-de-obra, etc. Por sua vez, nas Perdas Aparentes os custos são aqueles relativos ao preço de venda da água no varejo, ou seja, correspondem ao valor pago pelo consumidor de acordo com a política tarifária de cada companhia. No entanto, para o consumidor, as perdas são um componente importante nas tarifas por ele pagas, pois as companhias geralmente incorporam essas perdas na sua composição de preços (TSUTIYA, 2005).

Todas essas ponderações serão importantes também quando for necessário contabilizar os custos das perdas para as companhias de saneamento e avaliar os benefícios das ações corretivas e preventivas dos programas de controle e redução de perdas (TSUTIYA, 2005).

As perdas ocorrem em todas as fases de um sistema de abastecimento de água, tais como na captação e adução de água bruta, no tratamento, na adução e na reserva de água tratada e na distribuição (redes e ramais). Em cada fase há condições específicas que fazem preponderar um ou outro tipo de perda,

que ditarão as ações mais adequadas à prevenção e correção dos fatores que ocasionam o surgimento das perdas (TSUTIYA, 2005).

Um ponto importante a ser colocado nesse momento é a diversidade de considerações sobre o que é perda e o que não é perda em sistemas de abastecimento de água. Não há convergência no assunto entre as companhias de saneamento no Brasil, e de forma mais aguda, entre as companhias de diferentes países. A tentativa de dar um equacionamento universal ao assunto, que permita a efetiva comparação de performance entre sistemas distintos e um correto acompanhamento dos indicadores, vem sendo desenvolvida, com a participação de consultores e companhias de saneamento do mundo todo no trabalho (TSUTIYA, 2005).

#### 4.3.2.2 Origem das perdas e suas causas

Qualquer administração é ciente que a redução de perdas físicas permite diminuir os custos da produção - mediante redução do consumo de energia, de produtos químicos e outros - e utilizar as instalações existentes para aumentar a oferta, sem expansão do sistema produtor (TSUTIYA, 2005).

Observando diversos trabalhos e pesquisas sobre o tema, conclui-se que o combate às perdas implica a redução do volume de água não contabilizada, exigindo a adoção de medidas que permitam reduzir as perdas físicas e não físicas, e mantendo-as permanentemente em nível adequado, considerando a viabilidade técnico-econômica das ações de combate as perdas em relação ao processo operacional de todo sistema (TSUTIYA, 2005).

Segundo Tomaz (1998), o Banco Mundial e os demais bancos internacionais adotam, para países em desenvolvimento, o limite tolerável de 25% de perdas de água.

As origens e magnitudes das perdas reais por subsistema podem ser representadas esquematicamente, conforme o **Quadro 1**.

PERDAS FÍSICAS	SUBSISTEMA	ORIGEM	MAGNITUDE
	Adução de Água Bruta	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros Descarga de lodo	Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Reservação	Vazamentos estruturais Extravasamentos Limpeza	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Adução de Água Tratada	Vazamento nas tubulações Limpeza do poço de sucção Descargas	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, função do estado das tubulações e das pressões

**Quadro 1** - Origem e magnitude das perdas físicas.

Fonte: Tsutiya (2005).

O **Quadro 2** representa um esquema das perdas aparentes e suas causas.

PERDAS APARENTES	ORIGEM	MAGNITUDE
	Ligações Clandestinas/Irregulares	Podem ser significativas, dependendo de: Procedimentos cadastrais e de faturamento, manutenção preventiva, adequação de hidrômetros e monitoramento do sistema.
	Ligações não hidrometradas	
	Hidrômetros parados	
	Hidrômetros que submedem	
	Ligações inativas reabertas	
	Erros de leitura	
	Numero de economias errado	

**Quadro 2** - Origem e magnitude das perdas não físicas.

Fonte: Tsutiya (2005).

#### 4.3.2.3 Avaliação das perdas

A estimativa das perdas de água, em um sistema de abastecimento, pode ser obtida através da comparação entre o volume de água transferido de um

ponto do sistema, e o volume de água recebido em um ou mais pontos do sistema, situados na área de influência do ponto de transferência (SILVA & CONEJO, 1999).

A identificação e a separação das perdas físicas de água das não-físicas é tecnicamente possível mediante pesquisa de campo, utilizando a metodologia da análise de histograma (registros contínuos) de consumo das vazões macromedidas. Nesse caso, a oferta noturna estabilizada durante a madrugada - abatendo-se os consumos noturnos contínuos por parte de determinados tipos de usuários do serviço (fábricas, hospitais e outros) - representa, em sua quase totalidade, a perda física no período pesquisado, decorrente de vazamentos na rede ou ramais prediais (SILVA & CONEJO, 1999).

As perdas podem ser avaliadas, em geral, medindo-se a vazão (ou volume) no ponto inicial de uma fase e medindo-se novamente a vazão no ponto final dessa fase: a diferença constitui, portanto, a perda. Nos sistemas de abastecimento de água, o caso mais emblemático e mais comum é a determinação das perdas a partir das ETA, incorporando as eventuais perdas na adução, reserva e distribuição. Nesse caso, mede-se o volume que sai da ETA em um determinado período de tempo (um mês, um ano, etc) e compara-se com a soma de todos os volumes legítimos medidos (ou estimados) na rede de distribuição de água, no período considerado. Em outros termos, a diferença entre a Macro-medição (saída da ETA) e a Micro-medição (pontos de entrega ao consumidor final, medidos ou estimados) constitui a perda total do sistema em consideração, não se distinguindo aqui as parcelas que cabem às Perdas Reais e às Perdas Aparentes (TSUTIYA, 2005).

Em sistemas de abastecimento de água em que o índice de micro-medição seja próximo de 100%, as ligações clandestinas têm pouca importância, devendo existir eficaz programação permanente de adequação e manutenção preventiva de hidrômetros, combate às fraudes nos micromedidores e ramais clandestinos, com isto, as perdas mensuráveis tendem a refletir as perdas físicas de água (SILVA & CONEJO, 1999).

Em relação às perdas físicas na rede distribuidora, os ramais prediais registram maior quantidade de ocorrências (vazamentos). Isso nem sempre significa, porém, que esta seja a maior perda em termos de volume. As maiores perdas físicas na distribuição, em volume, ocorrem por extravasamento de reservatórios ou em vazamentos nas adutoras de água tratada e nas tubulações da rede de distribuição (SILVA & CONEJO, 1999).

#### 4.3.2.4 Indicadores de perda

Os indicadores permitem retratar a situação das perdas, gerenciar a evolução dos volumes perdidos, redirecionar ações de controle e, em princípio, comparar sistemas de abastecimento de água distintos (TSUTIYA, 2005).

Na informação de um indicador de desempenho, são consideradas informações-chave aquelas que compõem diretamente o indicador, sem as quais este não pode ser definido (SILVA & CONEJO, 1999).

São informações-chave, segundo Silva & Conejo (1999), que descrevem no Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água (PNCDA):

- Volume disponibilizado (VD). Soma algébrica dos volumes produzido, exportado e importado, disponibilizados para distribuição no sistema de abastecimento considerado;
- Volume produzido (VP): Volume efluente da(s) ETA ou unidade(s) de tratamento simplificado no sistema de abastecimento considerado;
- Volume importado (Vim): Volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, recebidos de outras áreas de serviço e/ou de outros agentes produtores; e
- Volume exportado (VEx): Volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, transferidos para outras áreas de serviço e/ou para outros agentes distribuidores.

- Volume utilizado (VU). Soma dos volumes micromedido, estimado, recuperado, operacional e especial:
- Volume micromedido (Vm): Volumes registrados nas ligações providas de medidores;
- Volume estimado (VE): Corresponde à estimativa de consumo a partir dos volumes micromedidos em áreas com as mesmas características da estimada, para as mesmas categorias de usuários;
- Volume Recuperado (VR): Corresponde à neutralização de ligações clandestinas e fraudes;
- Volume operacional (VO): Volumes utilizados em testes de estanqueidade e desinfecção das redes (adutora, subadutoras e distribuição); e
- Volume especial (VEs): Volumes (preferencialmente medidos) destinados para corpo de bombeiros, caminhões-pipa, suprimentos sociais (favelas, chafarizes) e uso próprio nas edificações do prestador de serviços.
- Volume faturado (VF). Todos os volumes de água medida, presumida, estimada, contratada, mínima ou informada, faturadas pelo sistema comercial do prestador de serviços;
- Número de ligações ativas (LA). Providas ou não de hidrômetro, correspondem à quantidade de ligações que contribuem para o faturamento mensal;
- Número de ligações ativas micromedidas (Lm). Ligações ativas providas de medidores;
- Extensão parcial da rede (EP). Extensão de adutoras, subadutoras e redes de distribuição, não contabilizado os ramais prediais;
- Extensão total da rede (ET). Extensão total de adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais; e

- Número de dias (ND). Quantidade de dias correspondente aos volumes trabalhados.

#### 4.3.2.4.1 Indicadores básicos de desempenho

Derivados das informações-chave são determinados os seguintes indicadores básicos de desempenho (SILVA & CONEJO, 1999):

- Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou água Não Contabilizada (ANC);
- Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF);
- Índice Linear Bruto de Perda (ILB); e
- Índice de Perda por Ligação (IPL).

a) Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água Não Contabilizada (ANC)

Relaciona o volume disponibilizado ao volume utilizado. A água que é disponibilizada e não utilizada constitui uma parcela não contabilizada, que incorpora o conjunto das perdas reais e aparentes no subsistema de distribuição. Estas últimas são em grande parte associadas aos desvios de medição (macro e micro) (SILVA & CONEJO, 1999).

$$IPD = \frac{VD - VU}{VD} \times 100 \quad \text{Equação 1.}$$

A **Tabela 1**, segundo Tsutiya (2005), mostra uma tentativa preliminar de classificação dos sistemas de abastecimento de água em relação às perdas, bem como busca dar uma referência da ordem de grandeza dos números percentuais geralmente encontrados.

**Tabela 1** - Índices percentuais de perdas.

Índice total de perdas (%)	Classificação do sistema
Menor do que 25	Bom
Entre 25 e 40	Regular
Maior do que 40	Ruim

Fonte: Tsutiya (2005).

#### b) Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF)

Expressa a relação entre volume disponibilizado e volume faturado. É claramente uma composição de perdas reais e aparentes que, além daquelas atribuídas a desvios de medição, incorporam volumes utilizados não cobrados, como o volume especial e o volume operacional. Por isso, este indicador sempre estará expressando uma parcela de volumes que não são fisicamente perdidos (SILVA & CONEJO, 1999).

$$IPF = \frac{VD - VF}{VD} \times 100 \quad \text{Equação 2.}$$

Silva et al. (2004) observaram que no Brasil os percentuais de água não faturada oscilam entre 25% e 65%. Neste caso cabe observar que os valores das tarifas de água variam conforme as faixas de consumo e desta maneira as perdas de faturamento não representam necessariamente as de volume.

A confiabilidade do volume faturado relaciona-se à proporção de ligações ativas micromedidas sobre o total de ligações ativas, no conceito de Índice de Hidrometração (IH) do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS (SILVA & CONEJO, 1999).

$$IH = \frac{Lm}{LA} \quad \text{Equação 3.}$$

#### c) Índice Linear Bruto de Perda (ILB)

O indicador relaciona o volume perdido total com o comprimento da rede de distribuição de água (também um “fator escala”) existente no sistema em

análise. Esse indicador distribui as perdas ao longo da extensão da rede, apresentando valores altos quando há uma ocupação urbana muito elevada (TSUTIYA, 2005).

As perdas expressas nesse indicador incorporam perdas reais e aparentes, uma vez que não se controlam os erros sistemáticos de medição (SILVA & CONEJO, 1999).

$$ILB = \frac{VD - VU}{EP \times ND} \quad \text{Equação 4.}$$

#### d) Índice de Perda por Ligação (IPL)

Como o anterior, é também um indicador volumétrico de desempenho, mais preciso que os percentuais. Relaciona a diferença entre o volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas (SILVA & CONEJO, 1999).

Em decorrência de esse indicador focar as perdas nos ramais, o mesmo depende muito da densidade de ramais existente, desta forma, recomenda-se o seu uso nos casos em que a densidade de ramais for superior a 20 ramais/Km (TSUTIYA, 2005).

$$IPL = \frac{VD - VU}{LA \times ND} \quad \text{Equação 5.}$$

#### 4.3.2.4.2 Definição de indicadores intermediários e avançados

São considerados indicadores intermediários aqueles que, para sua obtenção, necessitam de informações específicas mais refinadas do que as utilizadas na construção dos indicadores básicos. Eles dizem respeito a um isolamento das perdas físicas e refinamento de sua localização específica nos sistemas (SILVA & CONEJO, 1999).

São considerados indicadores avançados aqueles que, adicionalmente aos tributos dos indicadores básicos, envolvem um considerável esforço de monitoramento e controle operacional dos sistemas. É importante que se criem condições para sua apuração entre os serviços brasileiros, mas reconhece-se que, de imediato, não seriam praticáveis para a maior parte deles (SILVA & CONEJO, 1999).

Segundo Silva & Conejo (1999), no Programa Nacional Contra o Desperdício de Água - PNCDA destacam-se entre os principais indicadores intermediários:

- Indicadores específicos de perda real relacionados a condições operacionais
  - ✓ Índice de Perda Real/Física na Distribuição (PRD/PFD); e
  - ✓ Índice Linear de Perda Real (ILR).
- Indicadores de desempenho hídrico do sistema
  - ✓ Índice de Perda Real/Física na Produção (PRP/PFP);
  - ✓ Índice de Perda Real/Física na Adução (PRA/PFA);
  - ✓ Índice de Perda Real no Tratamento (PTR); e
  - ✓ Índice Total de Perda Real/Física (TPR/TPF).
- Indicadores específicos de perda real relacionados a condições operacionais

a) Índice de Perda Real/Física na Distribuição (PRD/PFD)

Relaciona o volume fisicamente utilizado (VFU) com o volume disponibilizado (VD), de forma análoga ao Índice de Perda na Distribuição (IPD), como se segue (SILVA & CONEJO, 1999):

$$\text{PRD(PFD)} = \frac{\text{VD} - \text{VFU}}{\text{VD}} \times 100 \quad \text{Equação 6.}$$

A informação mais estrita de volume fisicamente utilizado vai incorporar os fatores efetivamente apurados de desvios sistemáticos de micromedição (km) e macromedição (kM), inicialmente igualados a 1, assim como os fatores aplicados sobre os consumos estimados, ou seja, com 100 % de confiabilidade. Isso faz com que, aplicadas às variações cabíveis, o volume fisicamente utilizado seja uma função do volume utilizado da forma (SILVA & CONEJO, 1999):

$$\text{VFU} = \text{VU} + \delta m + \delta M \pm \delta E \quad \text{Equação 7.}$$

Onde  $\delta m$  e  $\delta M$  são as resultantes positivas ou negativas de erros sistemáticos de micromedição e macromedição, e  $\delta E$  os desvios estatisticamente fixados de consumo estimado. Para o caso das flutuações de micromedição, os valores de desvios sistemáticos associados ao coeficiente k são associados à Eficiência da micromedição ( $E_m$ ) na forma  $\delta m = f(km, E_m)$ , sendo ( $E_m$ ) definida pela relação (SILVA & CONEJO, 1999):

$$E_m = \frac{\text{NHf}}{\text{NH}} \quad \text{Equação 8.}$$

Onde NHf é o Número de Hidrômetros funcionando, e NH o Número de Hidrômetros Instalados.

#### b) Índice Linear de Perda Real/Física (ILR/ILF)

Reflete a diferença entre volume disponibilizado e volume fisicamente utilizado, distribuída pela extensão total da rede. Trata-se de um indicador mais específico que o Índice Linear Bruto de Perda (ILB) relacionado entre os indicadores básicos. Sua expressão é (SILVA & CONEJO, 1999):

$$ILR = \frac{VD - VFU}{ET \times ND} \quad \text{Equação 9.}$$

- Indicadores de desempenho hídrico do sistema

Os indicadores de desempenho hídrico do sistema são aqueles que dizem respeito ao aproveitamento de água bruta e à eficiência das estações de tratamento. Sua consolidação com indicadores de desempenho na distribuição pode dar uma idéia do conjunto das perdas reais de todo o sistema, em uma aproximação de seu desempenho hídrico geral. Estes indicadores são considerados intermediários não tanto pela complexidade de cada um, mas pela necessidade de que sejam associados a indicadores de perdas estritamente físicas (SILVA & CONEJO, 1999).

a) Índice de Perda Real/Física na Produção (PRP/PFP)

Leva em conta, conjuntamente, as perdas reais na adução de água bruta e no tratamento. Este indicador é construído a partir de dados observados de (SILVA & CONEJO, 1999):

- Volume captado (VC): volume efluente da captação; e
- Volume produzido (VP): volume efluente da ETA ou unidade de tratamento simplificado.

$$PRP = \frac{VC - VP}{VC} \times 100 \quad \text{Equação 10.}$$

b) Índice de Perda Real/Física na Adução (PRA/PFA)

É um subconjunto do índice de Perda Real na Produção e a este não pode ser somado. Resulta da relação entre o volume captado (VC) e o volume

aduzido (VA) afluente da ETA ou unidade de tratamento simplificado (SILVA & CONEJO, 1999).

$$PRA = \frac{VC - VA}{VC} \times 100 \quad \text{Equação 11.}$$

c) Índice de Perda Real no Tratamento (PTR)

A exemplo do anterior, é também um subconjunto do Índice de Perda Real na Produção e por isso não pode ser somado àquele. Resulta de uma relação entre os dados observados de (SILVA & CONEJO, 1999):

- Volume aduzido (VA): volume afluente da ETA ou unidade de tratamento simplificado; e
- Volume produzido (VP): volume efluente da ETA ou unidade de tratamento simplificado.

$$PTR = \frac{VA - VP}{VA} \times 100 \quad \text{Equação 12.}$$

d) Índice Total de Perda Real/Física (TPR/TPF)

Será indiretamente composto pelas perdas reais parcialmente apuradas nos subsistemas de produção e distribuição. Será uma função do volume captado (VC), mais o volume importado (V<sub>im</sub>), menos o volume exportado (V<sub>ex</sub>), em relação ao volume fisicamente utilizado (VFU) no sistema ([www2.cidades.gov.br/pncda](http://www2.cidades.gov.br/pncda)).

$$PTR = \frac{(VC + V_{im} - V_{ex}) - VFU}{VC + V_{im} - V_{ex}} \times 100 \quad \text{Equação 13.}$$

#### 4.3.2.4.3 Indicadores avançados

O estabelecimento de Indicadores Avançados de perdas tem como objetivo fundamental permitir a comparação da eficiência operacional de distintos sistemas e de distintos operadores através da eliminação ou da minimização de fatores peculiares de cada sistema, como, por exemplo, a pressão e o material constituinte da tubulação (SILVA & CONEJO, 1999).

##### a) Índice de Vazamentos da Infra-estrutura (IVI)

Para a comparação de sistemas quanto ao aspecto das perdas físicas, a IWA – International Water Association - recomenda a adoção de um indicador (ILI – Infrastructure Leakage Index) cuja importância assume o nível máximo de detalhamento, o qual relaciona Perdas Reais Correntes Anuais (PRAC) e Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI) (SILVA & CONEJO, 1999):

$$IVI = \frac{PRAC}{PRAI} \quad \text{Equação 14.}$$

Onde:

$$PRAC = \text{Perdas totais} \cdot 1000 / (\text{número de ramais} \times 365 \times T / 100). \quad \text{Equação 15.}$$

Sendo T a percentagem do tempo que o sistema está sob pressão. A equação para o cálculo do PRAI proposta pela IWA é a seguinte:

$$PRAI = (18 \times ET/LA + 0,7 + 0,025 (ET - EP)/LA) \times P \quad \text{Equação 16.}$$

Onde: ET = extensão total da rede (Km);

LA = número de ligações ativas;

EP = extensão parcial da rede (Km);

P = pressão média da rede (mca).

Nesta expressão, PRAI está em litros/ramal/dia, bem como PRAC na expressão acima, significando que o indicador IVI é adimensional. O valor ideal de IVI é a unidade, ou seja, quanto mais próximo de 1,0 o IVI de determinado sistema, melhor é a sua eficiência operacional no que diz respeito às perdas (SILVA & CONEJO, 1999).

Valores de IVI calculados para 27 situações reais em 20 países, que foram usados para validar a metodologia da IWA variaram de próximo de 1,0 até pouco acima de 10,0. Sistemas bem administrados em ótimas condições devem ter IVI próximos de 1,0 com valores mais elevados para sistemas antigos com deficiência na infra-estrutura (COPASA, 2003).

O **Quadro 3** mostra um resumo dos indicadores, com os básicos, os intermediários e os avançados e suas informações-chave:

<b>ÍNDICADORES BÁSICOS</b>				
INFORMAÇÕES-CHAVE				
N.	Sigla	Nome	Fórmula	Unidade
1	VD	Volume disponibilizado	$VD = VP + V_{im} - V_{Ex}$	m <sup>3</sup>
2	VP	Volume produzido	-	m <sup>3</sup>
3	VPM	Volume produzido macromedido	-	m <sup>3</sup>
4	V <sub>im</sub>	Volume importado	-	m <sup>3</sup>
5	V <sub>imM</sub>	Volume importado macromedido	-	m <sup>3</sup>
6	V <sub>Ex</sub>	Volume exportado	-	m <sup>3</sup>
7	V <sub>ExM</sub>	Volume exportado macromedido	-	m <sup>3</sup>
8	VU	Volume utilizado	$VU = V_m + V_E + V_R + V_O + V_{Es}$	m <sup>3</sup>
9	V <sub>m</sub>	Volume micromedido	-	m <sup>3</sup>
10	V <sub>E</sub>	Volume estimado	-	m <sup>3</sup>
11	V <sub>R</sub>	Volume recuperado	-	m <sup>3</sup>
12	V <sub>Rm</sub>	Volume recuperado micromedido	-	m <sup>3</sup>
13	V <sub>Re</sub>	Volume recuperado estimado	-	m <sup>3</sup>
14	V <sub>O</sub>	Volume operacional	-	m <sup>3</sup>
15	V <sub>Es</sub>	Volume especial	-	m <sup>3</sup>
16	V <sub>EsM</sub>	Volume especial macromedido	-	m <sup>3</sup>

(continuação)

17	VF	Volume faturado	-	m <sup>3</sup>
18	LA	Número de ligações ativas	-	Lig
19	Lm	Número ligações ativas micromedidas	-	Lig
20	EP	Extensão parcial da rede	-	Km
21	ND	Número de dias	-	dia
<b>INDICADORES BÁSICOS</b>				
-	IPD ou ANC	Índice de Perda na Distribuição ou Água Não Contabilizada	$IPD = [(VD - VU) / VD] \cdot 100$	%
-	IPF ou ANC	Índice de Perda de Faturamento ou Água Não Faturada	$IPF = [(VD - VF) / VD] \cdot 100$	%
-	ILB	Índice Linear Bruto de Perda	$ILB = (VD - VU) / (EP \cdot ND)$	m <sup>3</sup> /km.dia
-	IPL	Índice de Perda por Ligação	$IPL = (VD - VU) / (LA \cdot ND)$	L/lig.dia
<b>INDICADORES INTERMEDIÁRIOS E AVANÇADOS</b>				
<b>INFORMAÇÕES-CHAVE</b>				
22	VFU	Volume fisicamente utilizado	$VFU = VU + \delta m + \delta M \pm \delta E$	m <sup>3</sup>
23	$\delta m$	Resultante dos erros sistemáticos de micromedição	$dm = f(km, Em)$	m <sup>3</sup>
24	$\delta M$	Resultante dos erros sistemáticos de macromedição	$dm = f(kM)$	m <sup>3</sup>
25	$\delta E$	Desvios estatisticamente fixados dos consumos estimados	-	m <sup>3</sup>
26	Em	Eficiência da micromedição	$Em = NHf/NH$	-
27	NHf	Número de hidrômetros funcionando	-	un
28	NH	Número de hidrômetros instalados	-	un
29	ET	Extensão total da rede	-	km
30	VC	Volume captado	-	m <sup>3</sup>
31	VA	Volume aduzido	-	m <sup>3</sup>
32	PRAC	Perdas Reais Correntes Anuais	$PRAC = \text{perdas reais} \cdot 1000 / (NR \times 365 \times T / 100)$	L/ramal.dia
33	PRAI	Perdas Reais Anuais Inevitáveis	$PRAI = (18 \times ET / LA + 0,7 + 0,025(ET - EP) / LA) \times P$	L/ramal.dia
<b>INDICADORES INTERMEDIÁRIOS</b>				
-	PFD	Índice de Perda Real/Física na Distribuição	$PRD = [(VD - VFU) / VD] \cdot 100$	%
-	ILF	Índice Linear de Perda Real/Física	$ILF = (VD - VFU) / (ET \cdot ND)$	m <sup>3</sup> /km.dia
<b>INDICADORES INTERMEDIÁRIOS</b>				
-	PRP	Índice de Perda Real/Física na Produção	$PFP = [(VC - VP) / VC] \cdot 100$	%

(continuação)

-	PRA	Índice de Perda Real/Física na Adução	$PRA = [(VC-VA)/VC].100$	%
-	PTR	Índice de Perda Real/Física no Tratamento	$PTR = [(VA-VP)/VA].100$	%
-	TPF	Índice Total de Perda Real/Física	$TPR = [(VC+VIm-VEx)-VFU/(VC+VIm-VEx)].100$	%
<b>INDICADORES AVANÇADOS</b>				
-	IVI	Índice de Vazamentos de Infraestrutura	$IVI = PRAC/PRAI$	-

Quadro 3 – Indicadores de perdas e informações chave

Fonte: SILVA &amp; CONEJO, 1999.

### 4.3.3 Perdas reais - vazamentos

#### 4.3.3.1 Ocorrência

Segundo Tsutiya (2005), os vazamentos aparecem em diversas partes do sistema de abastecimento de água, especialmente:

- Nas tubulações das ETA's;
- Nas tubulações das linhas de adução e da rede de distribuição e seus acessórios (juntas, registros, ventosas);
- Nos ramais prediais e cavaletes;
- Nas estruturas dos reservatórios setoriais;
- Nos equipamentos das estações elevatórias.

A parcela das perdas totais de um sistema de abastecimento de água de identificação mais trabalhosa, e conseqüentemente mais onerosa, corresponde às perdas físicas, pois depende de atividades de campo e de escritório mais complexas do que aquelas relativas às perdas não físicas, além de estas últimas

conduzirem a ações com menor investimento e retorno financeiro, via de regra, em prazos mais curtos. (CONEJO et al., 1999).

Para cada sistema de distribuição, em função dos materiais existentes, das características construtivas e locais, bem como das condições operacionais desse sistema, existe uma “taxa natural de ocorrência de vazamentos”, que determinará o nível de atenção das companhias de saneamento nas questões dos reparos e na busca dos vazamentos não-visíveis. Elevadas taxas de surgimento, mesmo quando esgotadas todas as alternativas operacionais de intervenção (redução de pressão, por exemplo), podem definir como melhor solução a troca de tubulações da rede e dos ramais em um trecho do setor de abastecimento (TSUTIYA, 2005).

#### 4.3.3.2 Classificação de vazamentos

De acordo com Tsutiya (2005) também, os vazamentos nos sistemas de abastecimento de água podem ser classificados em: visíveis ou não-visíveis.

Os vazamentos visíveis são aqueles facilmente notados pelos técnicos das companhias ou pela população, podendo ser prontamente acionadas as equipes de manutenção e realizados os reparos necessários. No caso de bombas e tubulações ou estruturas expostas, o surgimento de um vazamento é percebido rapidamente. Para as tubulações e estruturas enterradas, nem sempre o vazamento aflora a superfície nos momentos iniciais de sua existência, decorrendo um certo tempo (horas, dias ou meses) até que isso aconteça, tornando-se, portanto, visível a partir desse momento (TSUTIYA, 2005).

Os vazamentos não-visíveis exigem uma gestão especial, onde se lança mão de técnicas ou equipamentos para detecção de fugas, sem ficar esperando que o vazamento aflore para fazer reparo. Se essas atividades de pesquisa não forem realizadas com uma certa periodicidade, os vazamentos não-visíveis podem permanecer durante meses, anos ou indefinidamente, totalizando volumes consideráveis de água perdida (TSUTIYA, 2005).

Apesar da obviedade, são visíveis aquelas perdas em que os vazamentos na rede ou nos ramais são identificáveis visualmente, pois as fugas afloram à superfície do terreno por meio de seus dispositivos ou por percolação pelo solo e pelo pavimento. As não visíveis somente podem ser identificadas com a utilização de dispositivos de detecção, como os geofones mecânicos e eletrônicos, hastes de escuta e os correlacionadores de ruídos (liquid noise correlator). Entre as duas categorias pode-se, ainda, conceituar os vazamentos semi-visíveis, que correspondem àqueles que ocorrem em caixas de válvulas e registros e cuja água perdida infiltra no terreno e não aflora, podendo ser percebida pela equipe de operação e manutenção quando da abertura da tampa da caixa para atividades de rotina (CONEJO et al., 1999).

Entretanto, nem todos os vazamentos não-visíveis são detectados pelas tecnologias usuais de pesquisa. Tais tecnologias utilizam princípios de acústica para a detecção e, nas pequenas vazões de vazamento, baixo ruído de vazamento, ou baixa pressão de serviço, os equipamentos e técnicas utilizadas não apontam a existência do vazamento. Não se quer dizer que com outras técnicas de estanqueidade não se possa efetivamente detectar tais vazamentos, porém aspectos de caráter econômico ditam a inviabilidade de adotar esses procedimentos em larga escala pelas companhias de saneamento, o que se justificaria plenamente no caso de transporte de fluidos perigosos nas tubulações. Esses vazamentos não-visíveis e não-detectáveis são denominados, no setor de saneamento, de “vazamentos inerentes”, cujas vazões são, em geral, inferiores a  $0,25 \text{ m}^3/\text{h}$  (TSUTIYA, 2005).

A forma conhecida de identificação e quantificação das perdas físicas na rede de distribuição é a pesquisa 17 de campo. O prazo e o custo da pesquisa em toda a área do sistema de distribuição induzem à utilização da técnica de amostragem e extrapolação dos resultados para o universo da rede e ramais. Para tanto, é de fundamental importância a correta definição do espaço amostral, que deve ser representativo do universo para o qual se pretende inferir os principais indicadores de perdas (CONEJO et al., 1999).

A proporção entre vazamentos visíveis e não-visíveis depende muito de cada sistema de abastecimento, das suas condições estruturais e operacionais e da existência de programas regulares de detecção (TSUTIYA, 2005).

#### 4.3.3.3 Duração de vazamentos

Sobre vazamento, é importante definir duração do vazamento, trata-se do intervalo de tempo transcorrido desde o instante em que surge até o momento em que a fuga é estancada pelas equipes de manutenção (TSUTIYA, 2005).

Segundo Tsutiya (2005), nas tubulações de distribuição de água, a duração média do vazamento é o resultado da soma de três fases seqüenciais:

- Conhecimento: tempo médio entre o início do vazamento até o instante em que a companhia de saneamento passa a saber de sua existência;
- Localização: tempo médio entre o instante em que se toma ciência do vazamento até o momento em que se localiza exatamente o ponto da ocorrência; e
- Reparo: tempo médio entre a localização do vazamento e o instante em que a fuga é finalmente reparada.

Essa seqüência não necessariamente ocorre de forma completa (TSUTIYA, 2005).

#### 4.3.3.4 Associação vazamento e pressão

Outra consideração a ser feita quanto à questão dos vazamentos é associá-los a pressão. A pressão de serviço na rede de distribuição de água é o parâmetro operacional mais importante na vazão dos vazamentos e na freqüência

de sua ocorrência. A elevação da pressão de serviço nas redes de distribuição tem efeito duplo na quantificação dos volumes perdidos, pois além de aumentar a frequência de arrebatamentos, aumenta a vazão dos vazamentos (TSUTIYA, 2005).

Sabe-se que, em um sistema de água com alta pressão, ocorre com mais frequência uma grande quantidade de vazamentos. Caso uma análise de custo-benefício aponte ser viável economicamente um controle ativo dos vazamentos recomenda-se reduzir a pressão no sistema com VRP ou com utilização de reservatórios, objetivando a redução de ocorrências de vazamentos e, por consequência, a redução do número de pesquisas de vazamentos. A experiência indica que se não houver uma redução de pressão, o sistema retornará com perdas equivalentes a do início da pesquisa, anulando em pouco tempo a campanha de combate realizada (GONÇALVEZ & ALVIM, 1999).

A simples aplicação das equações da Hidráulica leva a imaginar que a vazão dos vazamentos na rede de distribuição de água se comporta de acordo com a relação quadrática da pressão. Porém isso é verdade apenas nos casos de orifícios que não variam de tamanho com a alteração da pressão (seção constante), como é o caso, por exemplo, de um furo de corrosão em uma tubulação de ferro fundido. O modelo FAVAD (“Fixed and Variable Área Discharge Paths”), desenvolvido no Reino Unido, apresenta um equacionamento para várias situações encontradas nas redes de distribuição de água (TSUTIYA, 2005).

#### 4.3.3.5 Extravasamentos

Nos sistemas de distribuição de água, os reservatórios setoriais têm a função de regularizar as vazões de consumo horárias de um setor de abastecimento. O seu funcionamento normal exige flutuações do nível d'água ao longo do dia, de maneira a chegar aos níveis mais baixos nas primeiras horas da noite e a partir daí iniciar a operação de carregamento, para que ao início do dia esteja com seu volume máximo (TSUTIYA, 2005).

Os extravasamentos dos reservatórios geralmente ocorrem nesses períodos noturnos de carregamento, devido à inexistência de dispositivos de alerta e controle, ou falhas operacionais nos equipamentos de controle instalados. Ao atingir o limite de extravasão, as águas são coletadas pelos extravasores e encaminhadas à rede de drenagem pluvial ou lançadas no fundo de vale mais próximo, o que faz com que essas perdas passem, muitas vezes, despercebidas pelos operadores do sistema de abastecimento de água, ou mesmo pelos instrumentos registradores de nível eventualmente inexistentes (TSUTIYA, 2005).

Essa situação dificulta a obtenção de dados sistematizados, para a quantificação dos volumes perdidos por extravasamento de reservatórios, recorrendo-se a estimativas nem sempre criteriosas para a avaliação dessas perdas (TSUTIYA, 2005).

#### 4.3.3.6 Avaliação das perdas reais

A quantificação das perdas é uma apuração relativamente fácil de ser feita, pois é obtida simplesmente pela diferença entre o “volume disponibilizado ao sistema” e os “volumes autorizados”. Entretanto, o rateio entre Perdas Reais e Perdas Aparentes é mais complexo, e exige a adoção de diversas hipóteses ou a realização de vários ensaios em campo (TSUTIYA, 2005).

A parcela das perdas totais de um sistema de abastecimento de água de identificação mais trabalhosa, e conseqüentemente mais onerosa, corresponde às perdas físicas, pois depende de atividades de campo e de escritório mais complexas do que aquelas relativas às perdas não físicas, além de estas últimas conduzirem a ações com menor investimento e retorno financeiro, via de regra, em prazos mais curtos (CONEJO et al., 1999).

A seguir os métodos de avaliação de perdas reais, segundo Tsutiya (2005):

### a) Método do Balanço Hídrico

Nesse método, Tsutiya (2005) diz que os volumes perdidos são calculados a partir dos dados da macromedição e da micromedição, e de estimativas para determinar os valores não-medidos que integram a matriz. São feitas hipóteses para determinar as Perdas Aparentes (erros de medição, fraudes, etc) e, por diferença, definem-se as Perdas Reais. Resumindo:

$$\text{Perdas Reais} = VD - VA - \text{Perdas Aparentes} \quad \text{Equação 18.}$$

Os passos para a aplicação desse método, também segundo Tsutiya (2005), são:

- Entrar com o volume anual disponibilizado (macromedição), realizando eventuais ajustes para corrigir os volumes devido à imprecisão dos macro-medidores;
- Entrar com os volumes totalizados (base anual) relativos às leituras nos hidrômetros (micromedição);
- Estimar os volumes não-medidos (ligações sem hidrômetro, onde o faturamento é por taxa fixa, independente do volume utilizado);
- Entrar com os volumes não-faturados medidos (usos próprios da companhia de saneamento, por exemplo);
- Estimar os consumos não-faturados, não-medidos (favelas, combate a incêndios, usos operacionais);
- Estimar os erros médios de medição dos hidrômetros e aplicar sobre o volume micro-medido, resultando o volume perdido por sub-medição;

- Estimar o volume perdido nas fraudes e ligações clandestinas (normalmente através de uma porcentagem do volume total disponibilizado);
- Totalizar o volume das Perdas Reais por diferença.

As vantagens desse método são, segundo Tsutiya (2005):

- É possível aplica-lo desde um setor de abastecimento (ou mesmo o sistema de abastecimento global) até pequenos sub-setores ou distritos pitométricos;
- Os dados da macromedição e da micromedição são geralmente disponíveis nas companhias de saneamento;
- As hipóteses e estimativas requeridas, na maioria das vezes, estão baseadas em estudos preexistentes ou dados da literatura, sem custos adicionais para a companhia de saneamento;
- É relativamente barato.

A desvantagem mais evidente é a baixa precisão dos números associados às hipóteses e estimativas, que reflete na quantificação final das Perdas Reais (TSUTIYA, 2005).

#### b) Método das Vazões Mínimas Noturnas

A base deste método é a variação dos consumos no sistema de abastecimento de água ao longo do dia. O pico de consumo geralmente se dá entre 11:00 e 14:00 h, e o mínimo consumo normalmente se dá entre 3:00 e 4:00 h. A vazão correspondente a esse consumo mínimo é denominada “Vazão Mínima Noturna”, que pode ser medida através do uso de equipamentos de medição de vazão e pressão, desde que adotados procedimentos adequados de fechamento dos registros limítrofes do sub-setor em análise (TSUTIYA, 2005).

A utilização da Vazão Mínima Noturna para a determinação das Perdas Reais é vantajosa devido ao fato de que, no momento de sua ocorrência, há pouco consumo e as vazões são estáveis (as caixas d'água domiciliares estão cheias), e uma parcela significativa do seu valor refere-se às vazões dos vazamentos (TSUTIYA, 2005).

Para se chegar à vazão dos vazamentos é necessário estimar praticamente todos os componentes dos consumos noturnos, a menos dos grandes consumidores, onde é possível medir os seus consumos individuais observados durante os ensaios. Para os consumos residenciais, costuma-se assumir hipóteses baseadas em medições específicas de consumo e extrapoladas para o conjunto de consumidores da área envolvida, ou utilizar dados de literatura (TSUTIYA, 2005).

As vazões de vazamentos assim determinadas representam os valores observados naquela hora do ensaio, onde as pressões do sistema atingem o máximo. Como a vazão dos vazamentos é bastante influenciada pela pressão, o valor observado na hora mínima noturna é a vazão máxima diária dos vazamentos que, se simplesmente multiplicada por 24 h, estaria supervalorizando os volumes diários perdidos (TSUTIYA, 2005).

Para solucionar esse problema, foi criado o “Fator Noite/Dia”, que é um número, dado em horas por dia, que multiplicado pela vazão dos vazamentos (extraída da Vazão Mínima Noturna) resulta no Volume Médio Diário dos Vazamentos, ou seja, nas Perdas Reais médias do ensaio (TSUTIYA, 2005).

O fator noite dia é determinado a partir de medições de pressão em um ponto médio representativo do sub-setor, utilizando-se, posteriormente, a relação entre pressão e vazão de vazamentos já descrita acima. O valor do Fator Noite/Dia pode ser menor que 24 h, que é o caso mais comum, observado em setores sem nenhuma interferência operacional, ou ser maior que 24 h, como acontece em sub-setores com Válvulas Redutoras de Pressão, que reduzem a pressão durante a madrugada, intervindo, assim, o comportamento da variação das pressões ao longo do dia. Idealmente, se as tubulações do sub-setor fossem

tão superdimensionadas que resultassem perdas de carga nulas, o Fator Noite/Dia seria igual a 24 h (TSUTIYA, 2005).

Reiterando, o volume perdido em um dia, calculado a partir dos ensaios e processamentos da Vazão Mínima Noturna em um determinado sub-setor, é (TSUTIYA, 2005):

$$\text{Volume Diário de Perdas Reais (m}^3\text{/dia)} = \text{FND (h/dia)} \times \text{Vazão dos Vazamentos (m}^3\text{/h)}$$

Equação 19.

Segundo Tsutiya (2005), as vantagens desse método são:

- Maior representatividade do valor numérico das Perdas Reais para o sub-setor, retratando a realidade física e operacional da área;
- Propicia conhecimento das condições operacionais da área às equipes técnicas da companhia de saneamento.

Também segundo Tsutiya (2005), as desvantagens do método são:

- O ensaio é feito em uma área relativamente pequena do setor de abastecimento, podendo induzir a equívocos se os valores forem simplesmente extrapolados ao conjunto do setor;
- Envolve custos com equipes e equipamentos de medição de vazão e pressão.

Segundo Tsutiya (2005), a utilização do método Balanço Hídrico com o método das Vazões Mínimas Noturnas pode ser uma forma interessante de calibrar as variáveis e hipóteses assumidas, de forma a buscar resultados mais confiáveis na determinação dos volumes de Perdas Reais.

#### 4.3.3.7 Controle de perdas físicas (reais)

##### a) Controle ativo dos vazamentos

O controle ativo dos vazamentos se opõe ao controle passivo. Nesse último, a companhia de saneamento só atua quando o vazamento aflora à superfície (vazamento visível), tomando conhecimento do mesmo, geralmente, através do aviso pela população (TSUTIYA, 2005).

O controle ativo representa, então, a ação sistemática desenvolvida no sentido de localizar os vazamentos não-visíveis existentes, através de métodos acústicos de pesquisa e, assim, repará-los (TSUTIYA, 2005).

##### b) Reparo de vazamentos

Após a identificação do local da fuga, os vazamentos visíveis e não-visíveis devem ser reparados de forma ágil e com qualidade, para que o problema não volte a acontecer em curto intervalo de tempo (TSUTIYA, 2005).

É um fator de alta responsabilidade da companhia de saneamento possuir infra-estrutura e logística, tais que permitam corrigir o problema no menor prazo possível, viável do ponto de vista econômico, mas considerando também as questões de sua imagem perante a população, que definem prazos geralmente menores do que aqueles decorrentes de uma análise puramente econômica (TSUTIYA, 2005).

As bases para a identificação de metas, relativas ao intervalo de tempo entre a identificação do vazamento, e o seu conserto mudam de local para local, dependendo da extensão da rede, quantidade de vazamentos, das condições internas das companhias e também de fatores externos (TSUTIYA, 2005).

c) Melhoria da condição da infra-estrutura

Nos casos de redes e ramais com tubulações antigas como as de ferro galvanizado ou aquelas com a qualidade comprometida não resta alternativa senão a substituição por novas redes. Nos casos de redes e adutoras com incrustações, como as de ferro dúctil e aço, a limpeza ou a recuperação com técnicas modernas torna-se muitas vezes atrativo do ponto de vista econômico financeiro (TSUTIYA, 2005).

Na fase de projeto trabalha-se com números para a vida útil em torno de 50 anos, em geral, para as redes primárias e secundárias. Se for considerado o valor de 50 anos de vida útil, é de se esperar que a companhia de saneamento tenha um programa de troca anual de troca de redes que abranja cerca de 2% da extensão da rede, o que inclui, normalmente, a troca de ramais existentes no trecho a ser remanejado (TSUTIYA, 2005).

d) Controle e redução de pressões na rede

Como são critérios técnicos, o Ministério das Cidades estabelece que:

- Cada setor de abastecimento é definido pela área suprida por um reservatório de distribuição (apoiado, semi-enterrado ou enterrado), destinado a regularizar as variações de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição. O abastecimento de rede por derivação direta de adutora ou por recalque com bomba de rotação fixa é altamente condenável, pois o controle de pressões torna-se praticamente impossível diante das grandes oscilações de pressão decorrentes de tal situação (YOSHIMOTO *et al.*, 1999).
- Caso o reservatório se situe dentro da área desse setor, na setorização clássica é necessária a existência de um reservatório elevado, cuja principal função é condicionar as pressões nas áreas de cotas topográficas mais altas que não podem ser abastecidas pelo reservatório principal. Nesse caso, temos o setor dividido em zonas de pressão, na qual as

pressões estática e dinâmica obedecem a limites prefixados. Segundo a Norma Técnica NBR 12218/1994 a pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 50 mca, e a pressão dinâmica mínima, de 10 mca. Valores fora dessa faixa podem ser aceitos desde que justificados técnico-economicamente (YOSHIMOTO *et al.*, 1999).

- Para que o setor todo possa ser abastecido por apenas um reservatório é necessário que o mesmo seja elevado ou se localize fora do setor, ficando numa cota de pelos menos 10 metros acima da cota mais elevada do setor. Na implantação de um sistema de abastecimento, pela setorização clássica, a definição das zonas de pressão é feita tomando como base a limitação da pressão estática máxima em 50 mca no ponto mais baixo da zona de pressão e a limitação da pressão dinâmica mínima em 10 mca no ponto crítico da zona de pressão (YOSHIMOTO *et al.*, 1999).
- O ponto crítico é aquele, dentro da zona de pressão, onde se verifica a menor pressão dinâmica, isto é, o ponto mais elevado ou o mais distante. Com o passar do tempo o ponto crítico pode se deslocar devido ao aumento de rugosidade em função da idade da tubulação, tendendo a se localizar inicialmente no ponto mais alto da zona de pressão e futuramente nos pontos mais distantes em relação ao referencial de pressão (reservatório, booster ou VRP). Ele é utilizado para se estimar o potencial de redução de pressão da área, além de ser um ponto de controle do abastecimento. A mínima pressão aceitável neste ponto pode variar entre as companhias de água, entretanto, em muitas áreas, a pressão mínima das redes de distribuição, de 10 a 15 metros de carga, manterá o abastecimento de forma satisfatória (YOSHIMOTO *et al.*, 1999).
- Considerando-se uma região abastecida por um reservatório apoiado e um elevado e uma variação de pressão dinâmica máxima de 10 m.c.a., pode-se demarcar a área de influência dos reservatórios através das curvas de nível que definam pressões estáticas de 20 m.c.a. e 50 m.c.a., para ambos reservatórios (YOSHIMOTO *et al.*, 1999).

- Verifica-se que, na setorização clássica, o desnível geométrico máximo deve ser de 50 metros. Em regiões de topografia mais acidentada é necessária a utilização de um reservatório intermediário. Os altos custos de implantação (em áreas consolidadas o custo do terreno torna-se muito caro) e manutenção de reservatórios (principalmente os elevados) levam à utilização de equipamentos como bombas de rotação variável e válvulas redutoras de pressão, para o controle de pressão no setor, mantendo-se como função básica do reservatório a regularização de variações horárias de demanda e reserva de incêndio (YOSHIMOTO *et al.*, 1999).
- O setor de abastecimento, muitas vezes, sofre contínuas mudanças em relação ao seu limite, principalmente pelas variações de população. Isso implica em ter alguns locais da rede sendo isolados por registros de bloqueio, cuja estanqueidade geralmente é colocada em dúvida. Portanto é recomendado minimizar o quanto possível a utilização de registros como delimitador de setor de abastecimento e zonas de pressão (YOSHIMOTO *et al.*, 1999).
- A rede primária, geralmente com diâmetros superiores a 100 mm, não deve conter ligações a ela e a configuração tipo “espinha de peixe” possibilita um melhor controle de vazões nos trechos, embora circuitos fechados favoreçam um equilíbrio maior de pressões no sistema, havendo a tendência de eliminação de circuitos fechados, quando da implantação de boosters e válvulas redutoras de pressão - VRP's. Já os condutos secundários devem formar rede malhada, evitando-se ao máximo pontos cegos (YOSHIMOTO *et al.*, 1999).
- Conforme a NBR 12218/1994, a velocidade mínima nas tubulações deve ser de 0,6 m/s, e a máxima, de 3,5 m/s. O limite máximo de 3,5 m/s pode resultar em perda de carga relativamente alta, na rede primária, caso ela seja extensa. Considera-se que uma velocidade máxima em torno de 2 m/s deva ser utilizada para a rede primária, o que permitirá operar o sistema com pressões mais estáveis.

- A rugosidade da tubulação é o fator crítico, com relação às perdas de carga distribuídas. Valores de coeficiente C de Hazen-Williams entre 90 e 140 são aceitáveis, conforme a idade e o material da tubulação. Na prática, considerando o diâmetro nominal da tubulação, podem ser encontrados valores de C menores que 50, ou seja, a incrustação é tão grande que há significativa alteração no diâmetro interno da tubulação. Isso ocorre com certa freqüência em tubulações de ferro fundido com idade superior a 40 anos. Principalmente na rede primária, valores baixos levam à necessidade de substituição desses trechos ou um reforço da rede. As tubulações de material plástico (PVC, PEAD) têm sido largamente utilizadas pelas vantagens nos custos de aquisição e execução, além de não serem suscetíveis à corrosão nem formação de depósitos de sólidos com a mesma intensidade que tubulações de outros materiais. Entretanto a vida útil desse material pode ser muito reduzida, principalmente com relação ao PEAD, que está sujeito a ações térmicas (estoque inadequado) e ações dinâmicas que levam à fadiga do material (mão-de-obra não especializada aliada ao uso de ferramentas inadequadas) (YOSHIMOTO *et al.*, 1999).
- Para esses materiais o limite de resistência é significativamente reduzido pelas tensões dinâmicas cíclicas originadas pelas oscilações de pressão associadas a variações de demanda. Nas redes com estes materiais o controle de pressão é extremamente importante, de modo a manter baixas oscilações de pressão. Caso contrário, depois de um curto espaço de tempo o número de vazamentos será tão grande que a rede deverá ser substituída (YOSHIMOTO *et al.*, 1999).

e) Controle de extravasamentos

Os extravasamentos em reservatórios de água tratada acontecem devido a falhas dos operadores, quando o acionamento de válvulas é manual, ou dos dispositivos automáticos de segurança operacional (TSUTIYA, 2005).

Para controle de extravasões, a regra básica é definir níveis operacionais escalonados em termos de risco. Para cada nível é associada uma ação operacional correspondente, que vai desde o acionamento de um alarme (aviso para fechar válvula de entrada) até o fechamento automático da válvula, caso não tenha sido realizada a operação de fechamento e o nível continue a subir (TSUTIYA, 2005).

f) Melhoria da qualidade de mão-de-obra

Tal como a questão dos materiais, a melhoria da qualidade da mão-de-obra empregada na execução dos serviços e obras é uma ação fundamental. De nada adianta ter um projeto bem feito, contar com bons materiais ou equipamentos e possuir procedimentos executivos escritos, se a mão-de-obra que for executar o serviço não for qualificada (TSUTIYA, 2005).

As ações mais importantes para a adequada qualificação dos profissionais são o correto treinamento da mão-de-obra e a certificação dos profissionais.

#### **4.3.4 Perdas Aparentes**

##### 4.3.4.1 Tipos de medidores de vazão

A quantificação dos volumes produzidos, distribuídos e consumidos é feita através de medidores de vazão, de variados portes e princípios de funcionamento. É um setor que está em contínuo desenvolvimento, com inovações tecnológicas freqüentes quem vêm sistematicamente melhorando a precisão e a qualidade da medição (ALVES, 1999).

Pode-se classificar os medidores de vazão da seguinte maneira (ALVES, 1999):

a) Medidores de vazão para condutos livres:

- Calhas e vertedouros;
- Medidores eletrônicos (eletromagnético, ultrassônico).

b) Medidores de vazão para condutos forçados:

- Medidores deprimogêneos (venturi, bocal, placa de orifício).
- Medidores tipo turbina (hidrômetro, woltmann, composto, proporcional);
- Medidores eletrônicos (eletromagnético, ultrassônico).

c) Medidores de velocidade de escoamento ou de inserção:

- Tubo de Pilot;
- Molinete;
- Medidores eletrônicos (eletromagnético, ultrassônico).

A aplicação de cada um deles depende das condições locais, operacionais e da importância do ponto a medir. Para todos eles é fundamental a calibração do medidor, feita em bancada ou no próprio local de instalação em campo (TSUTIYA, 2005).

Grosso modo, pode-se dizer que a medição dos pontos de consumo (residências, indústrias, comércio) geralmente é feita com os medidores tipo turbina, enquanto para os grandes volumes são utilizados os deprimogêneos e os eletrônicos (TSUTIYA, 2005).

Os medidores em si são denominados “elementos primários” da instalação. No caso dos medidores deprimogêneos, o elemento “secundário” é constituído por um medidor de pressão diferencial, que mede a diferença de pressão e a transforma em um sinal elétrico que pode ser registrado e processado. O elemento “terciário” seria o processador que transforma o sinal

elétrico em leitura de vazão e, eventualmente, o transmite para uma central que registra as vazões e totaliza os volumes (SANCHEZ et al., 2002).

#### 4.3.4.2 Erros dos macro-medidores

Qualquer medidor apresenta uma imprecisão que se poderia dizer “natural”, que varia de acordo com o tipo de medidor. Um medidor bem instalado e operando em condições de vazão adequadas, apresenta uma faixa de variação de precisão, em geral, entre 0,5 e 2%, para mais ou para menos (TSUTIYA, 2005).

Esta imprecisão gera, normalmente, erros de medição. Porém, segundo Tsutiya (2005), os erros acabam sendo potencializados devido a problemas de toda ordem, tais como:

- Instalação inadequada, não obedecendo aos trechos retos especificados a montante e a jusante;
- Descalibração do medidor;
- Dimensionamento inadequado, operando com velocidades muito baixas;
- Amplitude grande entre as vazões máximas e mínimas;
- Problemas físicos na instalação do primário, tais como incrustação, danos oriundos de cavitação, tomadas de pressão entupidas;
- Problemas com a instrumentação secundária;
- Problemas na transmissão de dados, quando se utiliza a telemetria.

A exatidão dos medidores envolve compromisso com a calibração e a manutenção periódica, com o pressuposto de que a instalação do medidor é adequada (SANCHEZ et al., 2002).

Os erros dos macro-medidores devem ser periodicamente avaliados, e os resultados devem ser devidamente incorporados à matriz do Balanço Hídrico, deduzindo ou agregando volumes aos valores medidos encontrados (TSUTIYA, 2005).

#### 4.3.4.3 Erros de hidrômetros

Os hidrômetros são largamente empregados na micro-medição, e aqui reside uma das maiores fontes de evasão de volumes não-faturados de uma companhia de saneamento (TSUTIYA, 2005).

Os hidrômetros normalmente utilizados nas residências, comércio e pequenas unidades industriais são do tipo velocimétrico, com vazões nominais de 1,5 m<sup>3</sup>/h ou 3 m<sup>3</sup>/h (TSUTIYA, 2005).

Há também diferentes classes metrológicas, vinculadas ao nível tecnológico do hidrômetro, quais sejam Classe A (menor precisão), Classe B (é o mais utilizado) e o Classe C (maior precisão). Para se ter uma comparação simples do que significa esta classificação, o hidrômetro Classe C inicia o movimento da turbina com uma vazão de aproximadamente 5 L/h, enquanto no Classe B a turbina só passa a girar com vazões da ordem de 12 a 15 L/h. Evidentemente, razões de caráter econômico podem justificar a aplicação de um hidrômetro de menor conteúdo tecnológico, porém de custo mais compensador (TSUTIYA, 2005).

Os erros de medição de um determinado hidrômetro não são, no entanto, uma função, somente, de seu tipo ou modelo. Diversas outras variáveis também têm influência nos erros de medição. Podem ser citadas: o tempo de uso do hidrômetro, o volume já totalizado pelo instrumento, a qualidade da água que escoou pelo hidrômetro, os valores máximos de vazão a que esteve submetido, etc. A despeito do número e da relevância de cada variável, importa saber a cada

momento, qual é o desempenho do instrumento quanto aos erros na sua indicação, ou seja, o erro na medição do volume (ALVES et al., 1999)

A instalação mais comum dos hidrômetros no Brasil é junto à testada do imóvel, em uma estrutura denominada cavalete, em condições tais que permitam a fácil apuração do consumo do imóvel pelo leitorista de hidrômetros da companhia de saneamento. Existem no Brasil, e são comuns em outros países, hidrômetros instalados em caixas nas calçadas, ou mesmo um uma posição dentro do imóvel bem mais avançada em relação à testada (TSUTIYA, 2005).

Os grandes fatores de erro nas medições dos hidrômetros, que geralmente o fazem marcar menos do que efetivamente foi consumido, segundo Tsutiya (2005), são:

- O envelhecimento do hidrômetro, que acarreta desgastes nas engrenagens internas, que passam a trabalhar fora das condições especificadas em projeto;
- A qualidade da água distribuída, especialmente na ocorrência de óxidos oriundos da corrosão dos tubos;
- Inclinação lateral do hidrômetro, muitas vezes feita para que seja possível ler os números registrados no mostrador, é causa de uma sensível queda de precisão;
- As características do perfil de consumo dos imóveis, onde dificilmente ocorrem vazões próximas à nominal do hidrômetro, situando-se na maior parte das vezes na faixa inferior à vazão “mínima” .

#### 4.3.4.4 Controle de perdas não-físicas

Conforme apontado anteriormente: as perdas não físicas são as mais fáceis e rápidas para controle e recuperação, e, via de regra, com retorno

financeiro em prazos mais curtos. As abordagens feitas nos itens anteriores, referentes às perdas não físicas, antecipavam as principais ações para a redução dessas perdas. Resta então neste subitem uma breve citação de tais ações, de forma sumária, segue (CONEJO et al., 1999):

- dar ênfase a ações voltadas ao aprimoramento do sistema comercial (sistema de faturamento, cadastro de consumidores) e da manutenção preventiva de hidrômetros. Destacam-se: a relevância da atualização cadastral em termos de categoria do consumidor, a política de cortes de inadimplentes e a intensa participação de todos os funcionários através de estímulos, como exemplo prêmios;
- tratar de forma diferenciada os grandes consumidores, com especial atenção ao monitoramento dos consumos e ao dimensionamento adequado de hidrômetros.

a) Implantação e manutenção do sistema de macro-medição

A macro-medição é fundamental para a gestão dos sistemas de água, ultrapassando o mero campo de controle e redução de perda, pois subsidia elementos importantes para diagnóstico operacional, dosagem de produtos químicos, indicadores qualitativos e quantitativos, etc (TSUTIYA, 2005).

Para se saber o que se deve medir, tem-se basicamente os parâmetros a seguir, segundo Tsutiya (2005):

- Na produção: vazão captada nos mananciais, usos internos e vazão produzida pela estação de tratamento de água;
- Na adução e distribuição: vazão disponibilizada à distribuição (é o mesmo ponto e parâmetro da vazão produzida), vazões importadas ou exportadas, vazão na entrada dos reservatórios setoriais, nível d'água nos reservatórios, pressões em pontos estratégicos da rede de distribuição, vazões nos distritos pitométricos, VRP's e "booster".

#### b) Troca de hidrômetros

A troca de hidrômetros é um dos itens mais importantes de um programa de redução de perdas aparentes. O envelhecimento dos hidrômetros, potencializados por fatores inerentes ao funcionamento do sistema de abastecimento de água, é um fator de perda gradativa de precisão de medição, aumentando assim as perdas aparentes.

As situações básicas para a troca de hidrômetros, segundo Tsutiya (2005), são:

- Manutenção corretiva: é o caso onde há problemas que não permitem o funcionamento do hidrômetro ou a realização da leitura, exigindo, portanto, a sua troca;
- Manutenção preventiva: é a troca definida depois de decorrido um tempo de instalação ou após totalizado um determinado volume medido;
- Adequação: é a troca em função da inadequação do hidrômetro instalado para os consumos verificados na ligação.

#### c) Pesquisa de fraudes

Além dos resultados das pesquisas de campo com relação aos consumidores típicos, onde já terão sido identificados diversos casos de fraudes, pesquisas específicas deverão ser desenvolvidas a partir da análise do rol de consumo. Esta fase de identificação e quantificação das perdas inerentes a este tipo de irregularidade deverá ser utilizada para a estruturação de uma sistemática e de um programa permanente de identificação e controle de fraudes de diversos tipos (TSUTIYA, 2005).

d) Melhorias no sistema comercial

A gestão das atividades comerciais da companhia exige sistemas de informação e controle adequados, tais quais envolvem o acatamento do pedido de ligação do cliente, cadastramento comercial da ligação após sua execução, programação das leituras, apuração do consumo através de leituristas ou por via telemétrica, emissão de contas e geração de relatórios gerenciais (TSUTIYA, 2005).

e) Qualificação da mão-de-obra

O controle das perdas aparentes tem uma interação muito forte com o cliente da companhia de saneamento. Problemas com hidrômetros, fraudes, etc, implicam necessariamente contatos diretos com o cliente para explicar e sanar as questões envolvidas (TSUTIYA, 2005).

A seleção de profissionais adequados com essas atividades, o treinamento adequado e a certificação profissional levam certamente a uma melhoria na qualidade dos dados e na antecipação da solução de problemas que interferem nas perdas aparentes (TSUTIYA, 2005).

#### 4.4 GESTÃO COMERCIAL

A gestão comercial de uma companhia de saneamento compreende todo o aparato de processos, sistemas e recursos humanos que permite a contabilização das vendas de água tratada e seu faturamento; por conseguinte, é o que viabiliza as receitas da companhia (TSUTIYA, 2005).

Nesse setor enquadram-se varias causas de perdas aparentes, tais como não-cadastramento das novas ligações em tempo real, ligações suprimidas que foram reativadas sem conhecimento da companhia, ligações clandestinas em

geral e fraudes. Em todos esses casos a água é consumida, porém não é faturada (TSUTIYA, 2005).

#### **4.4.1 Cadastro Comercial**

O cadastro comercial representa o registro sistematizado dos consumidores, envolvendo os dados de localização da ligação, tipo de uso (residencial, comercial, industrial, etc), e demais informações que permitem a correta caracterização do cliente para apuração do consumo, aplicação da política tarifária da empresa e emissão da conta (TSUTIYA, 2005).

Às vezes acontece uma ligação de água ser ativada, mas o seu cadastramento demora meses a ser feito no sistema comercial. Assim, essa ligação não terá o seu consumo apurado nesse período, constituindo uma perda de faturamento para a companhia (TSUTIYA, 2005).

Uma situação muito comum é o caso das ligações inativas, que foram suprimidas do cadastro comercial (demolição do imóvel ou por solicitação do cliente), mas que se tornaram ativas novamente, por ação do cliente, sem que a companhia tenha sido notificada desse fato (TSUTIYA, 2005).

Outros tipos de ligação clandestina são executados na rede de distribuição segundo Tsutiya (2005), tais como:

- Tomada d'água feita no próprio ramal predial antes do hidrômetro;
- Tomada d'água feita diretamente no tubo da rede de distribuição.

A execução da ligação clandestina pode ser feita de tal modo que fica difícil ser descoberta pela companhia de saneamento, exigindo análises de consumo ou pesquisas em campo para efetivamente descobrir o fato. Outras são executadas de forma grosseira, facilitando os trabalhos de identificação (TSUTIYA, 2005).

#### 4.4.2 Fraudes

As fraudes, segundo Tsutiya (2005), são intervenções feitas no hidrômetro, como objetivo de medir apenas uma parcela do consumo efetivo do imóvel. Os casos mais comuns de fraudes são:

- Rompimento do lacre e inversão do hidrômetro;
- Execução de “by pass” no hidrômetro;
- Violação do hidrômetro, através de furo na cúpula, e colocação de arame para travar os dispositivos internos do hidrômetro;
- Acesso por torneira ou registro após o hidrômetro e inserção de um arame, ou outro obstáculo, para impedir a rotação da turbina do hidrômetro.

#### 4.4.3 Outros casos

Há casos onde a companhia de saneamento não tem um sistema de hidrometração completo, ficando as ligações sem hidrômetro com faturamento fixo mensal. Isso em seja, com certeza, um excedente de consumo, superior ao valor utilizado para o faturamento, que se constitui também em Perda Aparente (TSUTIYA, 2005).

Ocorrem casos também, de roubo de água nos hidrantes de incêndio espalhados pela rede de distribuição. Esses roubos são feitos por pessoas ou por empresas, que comercializam essa água ou a utilizam em suas atividades (TSUTIYA, 2005).

Há discussões ainda, no âmbito do conceito de perda em sistemas de abastecimento de água, que envolvem alguns procedimentos comerciais e a própria política tarifária das empresas. O faturamento de um volume mínimo mensal, por exemplo, ou a concessão de benefícios a determinadas classes de

consumidores, acarreta linhas de conduta diferentes entre as varias companhias de saneamento na apropriação dos volumes para o cálculo dos volumes perdidos e dos respectivos indicadores (TSUTIYA, 2005).

#### 4.5 ESTRUTURA DE UM PLANO DE AÇÃO

O início de qualquer programa pressupõe o conhecimento do problema a enfrentar. Focar o controle de perdas reais em um setor de abastecimento onde o maior problema são as perdas aparentes é um equívoco típico decorrente de falta de um bom diagnóstico (TSUTIYA, 2005).

O diagnóstico começa com a elaboração da matriz do balanço hídrico abrindo posteriormente os tópicos relativos à caracterização das perdas. Para isso serão necessários levantamentos de campo e estimativas para se chegar aos números representativos de cada setor, que definirão as linhas de ação mais adequadas para cada caso (TSUTIYA, 2005).

A partir do diagnóstico do sistema de abastecimento, da análise das características físicas de todas as suas unidades, da identificação e quantificação das perdas físicas e não físicas, da disponibilidade de recursos financeiros próprios do operador e das alternativas de financiamento (considerar a possibilidade de contratos de risco com o setor privado) e da disponibilidade e adequação de recursos humanos e materiais, deve ser efetuada a estruturação do plano de ação para redução e controle de perdas (CONEJO et al., 1999).

Deve-se estabelecer metas realistas, de curto, médio e longo prazos, em conformidade com a disponibilidade de recursos da entidade operadora do sistema, do cronograma físico-financeiro e de situações peculiares que terão sido consideradas na hierarquização das ações (CONEJO et al., 1999).

Segundo Tsutiya (2005), quatro tipos de ações devem ser estabelecidas:

- ações básicas (pré requisitos);
- redução de perdas físicas;
- redução de perdas não-físicas;
- redução de desperdícios.

O grau de aprofundamento das ações propostas deverá ser compatível com a progressividade, ou seja, básico, intermediário ou avançado. As situações específicas de cada sistema irão determinar as ações que melhor se enquadrem em seus respectivos programas de redução e controle de perdas. Como primeira proposta podem ser consideradas as ações mais adotadas em programas desta natureza, listados a seguir (CONEJO et al., 1999).

a) Ações básicas (pré-requisitos)

- adequação do sistema de macro-medição, telemetria e telecomando;
- adequação do sistema informatizado de gestão de consumidores;
- melhoria na qualidade dos serviços operacionais;
- informatização das ferramentas de acompanhamento das ações corretivas.

b) Redução de perdas

- melhoria no controle de vazamentos visíveis;
- pesquisa e reparo de vazamentos não-visíveis;
- implantação de setorização;
- eliminação de extravasamentos;
- controle de pressão na rede.

c) Redução de perdas não-físicas

- atualização do cadastro comercial;
- adequação da capacidade dos medidores aos consumos medidos (grandes consumidores);
- medição das ligações não-medidas;
- adequação do parque de hidrômetros instalados;
- macro-medição distrital de áreas de baixa renda;
- combate intensivo a fraudes;
- melhoria da gestão de grandes consumidores;
- acompanhamento do processo de leitura;
- acompanhamento de cortes e supressões;
- avaliação do rendimento de lotes de hidrômetros instalados.

d) Redução de desperdícios

- redução de consumo predial – aparelhos poupadores de água;
- grandes consumidores – otimização de processos e recirculação.

Definidas as ações, alguns mecanismos de acompanhamento e controle devem ser estabelecidos, tais como (CONEJO et al., 1999):

- fixação dos principais indicadores de perdas;
- criação de banco de dados;
- estabelecimento de índices para acompanhamento das ações corretivas.

#### 4.6 NOVAS TECNOLOGIAS DE CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS

A gestão operacional com vistas ao controle e redução de perdas em sistemas de abastecimento de água, assim como toda gestão de uma companhia de saneamento, tem gradativamente usufruído aportes tecnológicos significativos no seu ferramental. De esquemas operacionais totalmente baseados no conhecimento pessoal dos técnicos e operadores à gestão fundamentada em planejamento, modelagem hidráulica, monitoramento e comandos à distância e demais itens que otimizam a operação (TSUTIYA, 2005).

A seguir, algumas tecnologias novas de ferramenta de gestão:

a) Cartografia digital e sistemas de informações geográficas

Os sistemas de informações geográficas (SIG) permitem integrar os dados, processá-los e gerar novas informações de acordo com as necessidades do usuário. Tem capacidade analítica ilimitada das situações atuais (diagnóstico) e projetadas, através de simulações (TSUTIYA, 2005).

b) Sistemas de supervisão e controle

Esquemas de monitoramento, transmissão de dados e mesmo telecomandos à distância são úteis para o controle do abastecimento, para a antecipação de atuação nos sinistros operacionais (arrebentamentos), para a detecção de fugas a partir da variação no comportamento das pressões, acompanhamento de vazões em macro-medidores, acompanhamento de consumos em clientes especiais, etc (TSUTIYA, 2005).

c) Armazenamento de dados de ruídos

Desenvolvidos recentemente, esses equipamentos (“data logger” de ruídos) são instalados em partes acessíveis da rede de distribuição (registros, cavaletes) e registram e armazenam as vibrações ocorrentes nos tubos.

Periodicamente um veículo passa pelas ruas onde estão instalados os equipamentos e captura as informações armazenadas. Ao se observar comportamentos diferentes nos gráficos de ruídos, é bastante provável a existência de vazamentos nas cercanias dos equipamentos (TSUTIYA, 2005).

d) Tubos com baixo índice de vazamentos

As pesquisas e desenvolvimentos, para se chegar a uma qualidade de material a uma concepção de conexões que minimizem a ocorrência de vazamentos, têm sido contínuas (TSUTIYA, 2005).

## 5 METODOLOGIA

Área de trabalho: Setor de Fornecimento 44, referente ao Bairro Buriti de Campo Grande, MS.

O trabalho foi iniciado no período de fevereiro do ano de 2008, por uma equipe, de dois acadêmicos do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Católica Dom Bosco (UCDB), orientada pelo Professor Especialista Ricardo Verde Selva.

Foram realizadas pesquisas internas nesse setor de fornecimento, utilizando-se como base os conceitos e procedimentos técnicos seguidos pela Companhia Águas Guariroba S. A, sendo esta a organização responsável pelo sistema de abastecimento de água do setor.

O estudo realizado contou com a colaboração dos servidores da companhia de saneamento Águas Guariroba S. A. Foram observados aspectos gerais e específicos relativos às perdas, através de visitas técnicas, avaliações de relatórios e conhecimentos teóricos.

### 5.1 ETAPAS REALIZADAS

#### 5.1.1 Caracterização do Sistema de Abastecimento de Campo Grande

O Sistema de Abastecimento de Água de Campo Grande consiste de unidades de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição. Na captação, existem tanto captações superficiais (Guariroba, Lajeado), como subterrâneas (poços artesianos normais e poços artesianos especiais).

As captações superficiais representam 70% do abastecimento, sendo o guariroba a principal delas. Já as captações subterrâneas, representam 30% do total de água que abastece o município, onde atualmente existe cerca de 94 poços em operação.

Os sistemas de abastecimento são classificados como:

a) Sistema integrado: compreende as regiões cujo abastecimento tem nas captações superficiais a sua principal fonte de suprimento, junto com poços (artesianos normais ou especiais), tendo todos os seus centros de reserva interligados.

b) Sistema isolado: compreende as regiões que possuem fonte de suprimento próprio, sem a necessidade de nenhum reforço de outros tipos de sistema para realizar o abastecimento.

### 5.1.2 Caracterização do Setor de Fornecimento 44 (Bairro Buriti)

O SF 44, correspondente ao bairro Buriti, zona oeste de Campo Grande, MS, é considerado um sistema integrado, sendo sua água captada por dois poços, o CGR - 065 (**Figura 1**), com vazão média de 27,00 m<sup>3</sup>/h, e o CGR - 194 (**Figura 2**), com vazão média de 25,20 m<sup>3</sup>/h, sendo essa água aduzida para dois Reservatórios Apoiados, o RAP - 027 e o RAP - 028, para o abastecimento da parte baixa da região.



**Figura 1** - Instalações do Poço CGR - 065



**Figura 2** - Medidor de vazão do poço CGR – 194

Além dos poços, o SF 44 importa água do Sistema de Fornecimento 07 (Taveirópolis), sendo este volume de água importado medido através de um medidor de vazão instalado na Avenida Roseiras, que separa o SF 44 do SF 07. Esse volume de água abastece a parte alta da região. A vazão de entrada da água importada do SF 07 (ligação de reforço da Avenida Roseiras) é de 85 m<sup>3</sup>/h em média.

Foi elaborado um mapa (Anexo I), identificando o SF 44 com as localizações da ligação de reforço da Avenida das Roseiras (**Figura 3**), dos poços (CGR - 065 e CGR - 194) e dos reservatórios (RAP - 027 e RAP - 028).



**Figura 3** - Macromedidor de Vazão da ligação de reforço da Avenida das Roseiras

### 5.1.2.1 Dados comerciais do setor

As tabelas 2 e 3 apresentam os dados comerciais do setor, do período de fevereiro à agosto de 2008.

**Tabela 2 - Histórico de ligações do SF 44.**

Mês/Ano	Ligações			Ligações medidas			Ligações não medidas		
	Não			Não			Não		
	Fat.	fat.	Total	Fat.	fat.	Total	Fat.	fat.	Total
<b>FEV/2008</b>	2.330	643	2.973	2.320	354	2.674	10	289	299
<b>MAR/2008</b>	2.328	657	2.985	2.318	368	2.686	10	289	299
<b>ABR/2008</b>	2.327	665	2.992	2.317	375	2.692	10	290	300
<b>MAI/2008</b>	2.331	675	3.006	2.320	388	2.708	11	287	298
<b>JUN/2008</b>	2.339	689	3.028	2.328	405	2.733	11	284	295
<b>JUL/2008</b>	2.351	692	3.043	2.341	409	2.750	10	283	293
<b>AGO/2008</b>	2.379	678	3.057	2.371	396	2.767	8	282	290

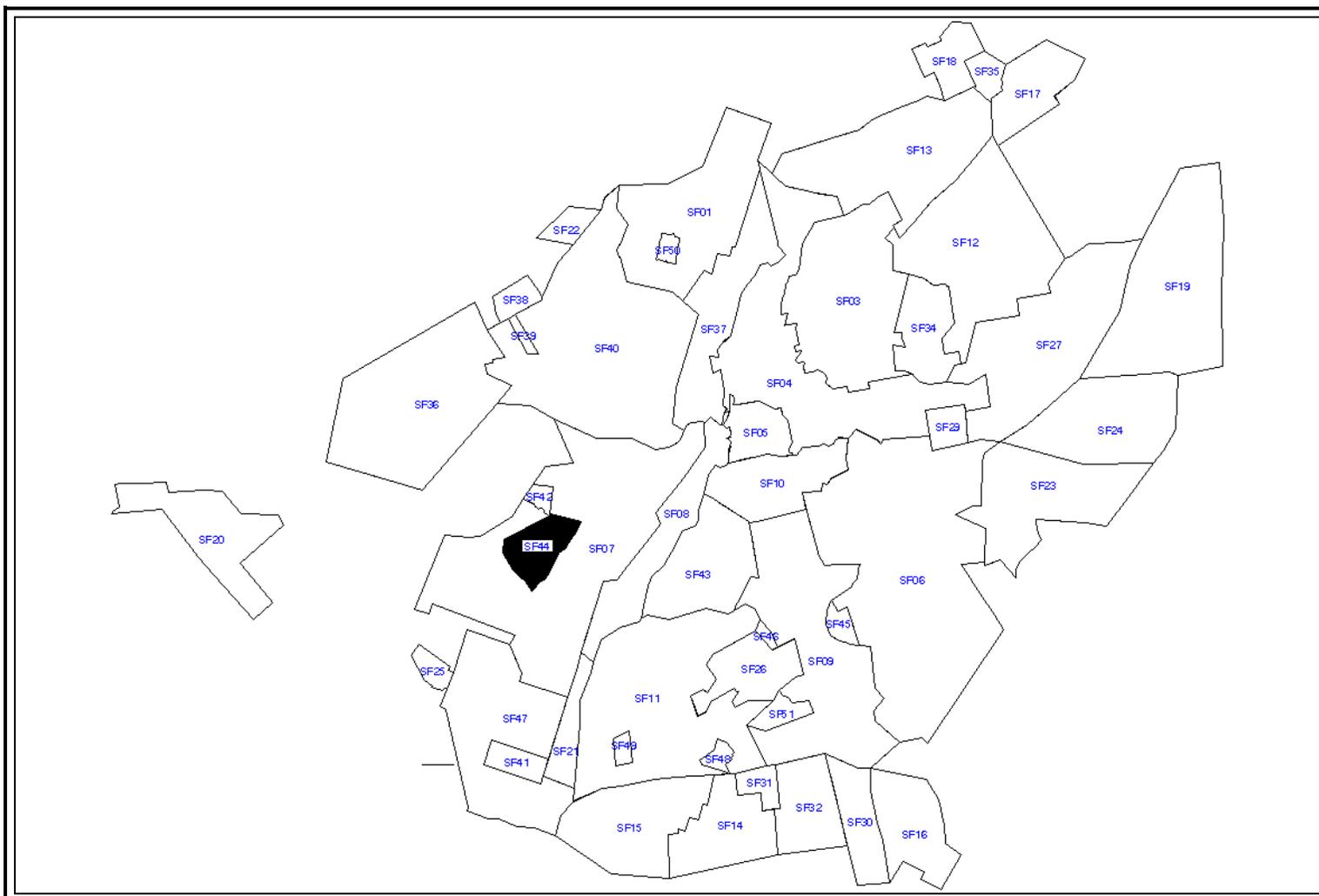
Fonte: Águas Guariroba S. A.

**Tabela 3 - Histórico do número de economias do SF 44.**

Mês/Ano	Economias faturadas			Economias não faturadas		
	Medidas	Não		Medidas	Não	
		medidas	Total		medidas	Total
<b>FEV/2008</b>	2.356	10	2.366	364	302	666
<b>MAR/2008</b>	2.355	10	2.365	377	302	679
<b>ABR/2008</b>	2.352	10	2.362	385	303	688
<b>MAI/2008</b>	2.350	11	2.361	398	300	698
<b>JUN/2008</b>	2.358	11	2.369	415	297	712
<b>JUL/2008</b>	2.370	10	2.380	419	296	715
<b>AGO/2008</b>	2.401	8	2.409	405	294	699

Fonte: Águas Guariroba S. A.

### 5.1.2.2 Área geográfica



**Figura 4 - Localização visual do SF 44**

Fonte: Águas Guariroba S. A.

### **5.1.3 Caracterização dos procedimentos da saída a campo**

Os levantamentos *in loco* serviram para compreender as rotinas dos trabalhos realizados para o controle dos processos do sistema de abastecimento de água, realizar um diagnóstico da situação relativa às perdas e à relação da ocorrência das perdas com os problemas (pressão elevada na rede, falta de manutenção dos equipamentos, etc.) relacionados ao controle do sistema. A partir deste levantamento *in loco*, utilizando-se de relatórios, acompanhamento das equipes de manutenção, geofonamento, fraudes, reparo de vazamentos, etc., foi possível obter dados e informações, visando o detalhamento da situação das perdas no setor, etapa esta, essencial para a implementação de qualquer atividade gerencial que venha se desenvolver nesse estudo.

### **5.1.4 Procedimentos para coleta e avaliação de dados**

#### **5.1.4.1 Volume Disponibilizado**

Para a determinação do volume de distribuído do Bairro Buriti (SF 44), foram utilizados medidores de vazão instalados nos dois poços, e no reforço da Avenida das Roseiras, de propriedade da companhia de saneamento Águas Guariroba S. A;

O volume que entra no setor de fornecimento é controlado diariamente na saída dos reservatórios RAP - 027 e RAP - 028, e no macromedidor instalado no reforço obtido do Setor de Fornecimento 07 localizado na Avenida das Roseiras.

#### 5.1.4.2 Volume Utilizado

Para determinação do volume de água utilizada no Bairro Buriti (SF 44), foram analisados relatórios das equipes de leitura da companhia Águas Guariroba S.A.

Os relatórios de leitura baseiam-se nos volumes registrados mensalmente pelos hidrômetros instalados de cada ligação do Setor de Fornecimento 44 - Bairro Buriti.

#### 5.1.4.3 Perdas Reais

Para a avaliação de vazamentos não-visíveis, foram utilizados Geofones e sticks, manipulados pelos acadêmicos e funcionários das equipes de escuta da companhia Águas Guariroba S. A.

As equipes de escuta percorreram o Setor de Fornecimento 44 - Bairro Buriti nos meses de março e abril.

#### 5.1.4.4 Fraudes

Para a avaliação das fraudes, foi realizada a análise do cadastro comercial da companhia Águas Guariroba S. A, análise das denúncias anônimas feitas ao Sistema de Denúncias da companhia, e também da saída para a pesquisa em campo com as equipes responsáveis para a identificação de possíveis fraudes.

### **5.1.5 Indicadores básicos de desempenho**

#### **5.1.5.1 Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água Não Contabilizada (ANC)**

Relaciona o volume disponibilizado ao volume utilizado, e será elaborada de acordo com o Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água - PNCDA (Equação 1).

#### **5.1.5.2 Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF)**

Expressa a relação entre volume disponibilizado e volume faturado, e será elaborada de acordo com o Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água - PNCDA (Equação 2).

#### **5.1.5.3 Índice Linear Bruto de Perda (IPD)**

Esse indicador distribui as perdas ao longo da extensão da rede, e será elaborado de acordo com o Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água - PNCDA (Equação 4).

#### **5.1.5.4 Índice de Perda por Ligação (IPL)**

Relaciona a diferença entre o volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas, e será elaborado de acordo com o Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água - PNCDA (Equação 5).

## 5.1.6 Indicadores avançados de desempenho

### 5.1.6.1 Índice de vazamentos de Infra-estrutura (IVI)

É o indicador que representa um índice de perdas físicas possíveis de serem recuperadas até o limite das perdas inerentes onde os limites recomendados dependem das condições específicas e da viabilidade econômica de cada sistema, e é determinado com o Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água – PNCDA (Equações 14, 15 e 16).

Onde:

$$IVI = \frac{PRAC}{PRAI}$$

$$PRAC = \text{Perdas totais} \cdot 1000 / (\text{número de ramais} \times 365 \times T / 100)$$

$$PRAI = (18 \times ET/LA + 0,7 + 0,025 (ET - EP)/LA) \times P$$

### 5.1.7 Recursos tecnológicos

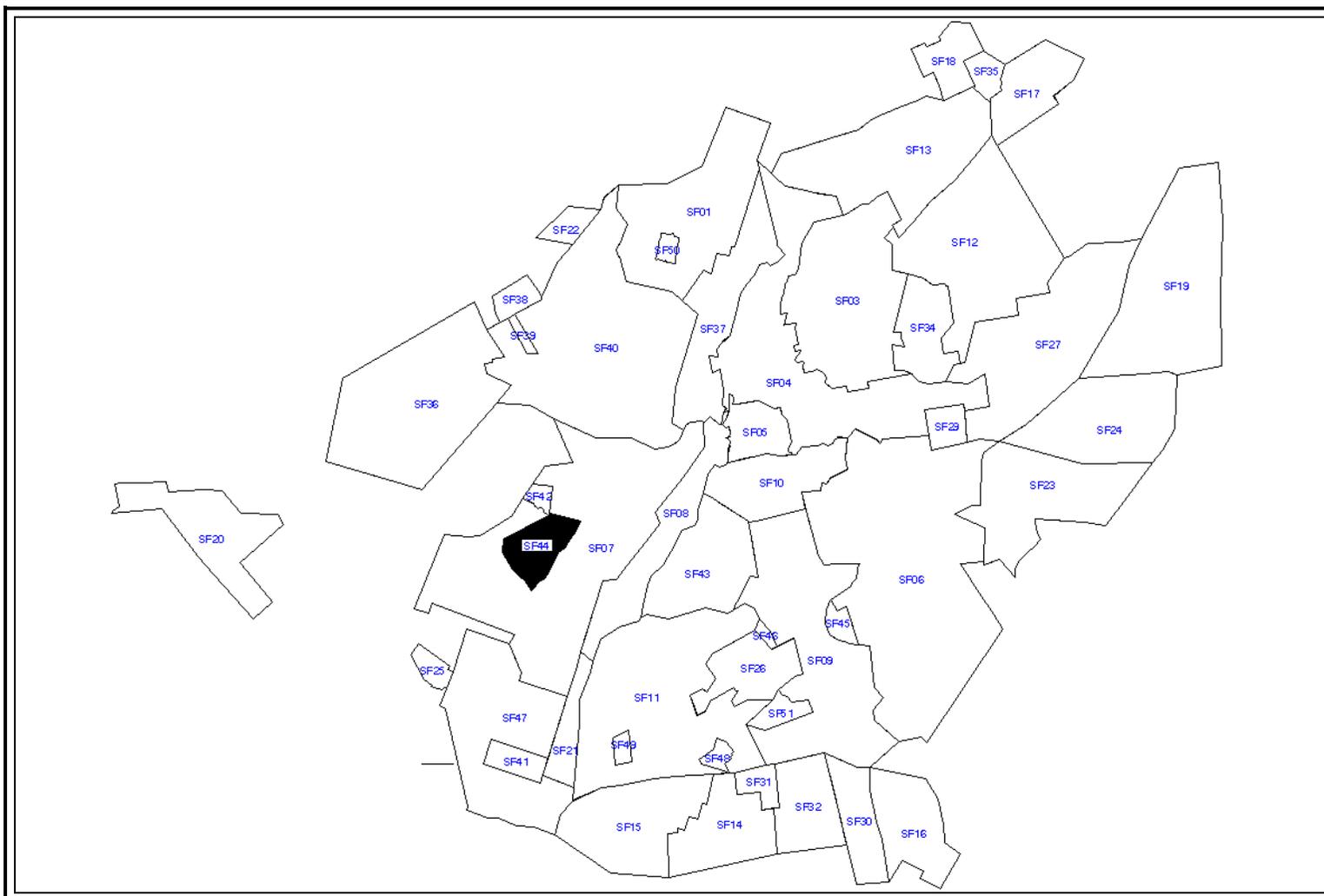
- Geofone;
- Medidores de vazão ultrassônicos;
- Manômetro;
- AutoCAD, Autodesk;
- Word, Microsoft;

- Excel (Planilha eletrônica), Microsoft.

## 5.2 ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS PARA O CONTROLE E REDUÇÃO DAS PERDAS NO SETOR

Com base nos resultados das etapas anteriores e referências bibliográficas, será possível elaborar uma proposta de Plano de Gerenciamento de Controle e Redução de Perdas para o Setor de Fornecimento 44.

### 5.1.2.2 Área geográfica



**Figura 4 - Localização visual do SF 44**

Fonte: Águas Guariroba S. A.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 VOLUME DISPONIBILIZADO

Para melhor visualização do Volume Disponibilizado, foi elaborado um gráfico, mostrado na figura abaixo, sendo os dados referentes ao ano de 2008.

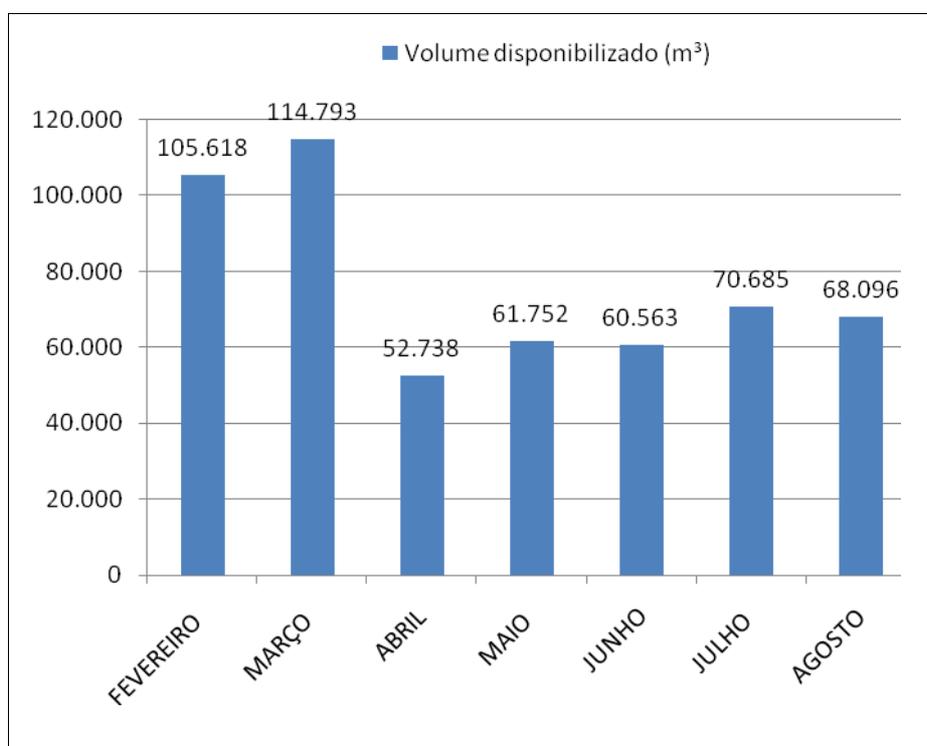


Figura 5 – Gráfico do Volume distribuído (SF44).

Fonte: Águas Guariroba S. A.

Os meses que tiveram o maior volume disponibilizado foram os meses de fevereiro e abril, que antecederam o início do combate as perdas no Setor de Fornecimento 44.

### 6.2 VOLUME UTILIZADO (MICROMEDIDO) E VOLUME FATURADO

A **Tabela 4** mostra o Volume Utilizado, e o Volume Faturado:

**Tabela 4** - Histórico dos Volumes Micromedidos e Faturados

Mês/Ano	Setor	Localização	Volume	
			Micromedido (m <sup>3</sup> )	Volume Faturado (m <sup>3</sup> )
<b>Fev/2008</b>	SF44	Buriti	28.696	33.451
<b>Mar/2008</b>	SF44	Buriti	28.370	33.203
<b>Abr/2008</b>	SF44	Buriti	27.088	32.237
<b>Mai/2008</b>	SF44	Buriti	26.752	31.708
<b>Jun/2008</b>	SF44	Buriti	24.480	30.332
<b>Jul/2008</b>	SF44	Buriti	29.663	33.953
<b>Ago/2008</b>	SF44	Buriti	29.395	34.064

Fonte: Águas Guariroba S. A.

De acordo com os dados comerciais do sistema, a média do Índice de Hidrometração do setor é de 90,16%.

### 6.3 DETERMINAÇÃO DOS PRINCIPAIS INDICADORES DE PERDAS

Para a determinação dos indicadores de perdas, o número de dias e o volume total perdido serão contados durante o intervalo de tempo em estudo, ou seja, entre os meses de fevereiro e agosto de 2008. A pressão média do setor foi fornecida pela companhia Águas Guariroba S. A., portanto, serão considerados:

- Volume perdido entre fevereiro e agosto: 338.980,79 m<sup>3</sup>
- Volume Faturado total (VF): 228.948,00 m<sup>3</sup>
- Volume Micromedido total (VM): 194.444,00 m<sup>3</sup>
- Número de dias entre fevereiro e agosto: 212 dias
- Pressão média: 35 m.c.a

O volume perdido foi resultado do volume disponibilizado, menos o volume micromedido, entre os meses em estudo. Já a pressão média do setor, de 35 m.c.a, foi obtida junto a companhia Águas Guariroba, que realizou análises durante vários dias e em diferentes horários para se chegar a este valor.

### 6.3.1 Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água Não Contabilizada (ANC)

O índice de perdas totais na distribuição do SF 44, foi obtido através do indicador percentual de perdas, com base nas informações disponibilizadas pela companhia Águas Guariroba S. A. O volume mensal de perdas e o índice de perdas totais do SF 44 estão representados pelas **Figuras 6 e 7**.

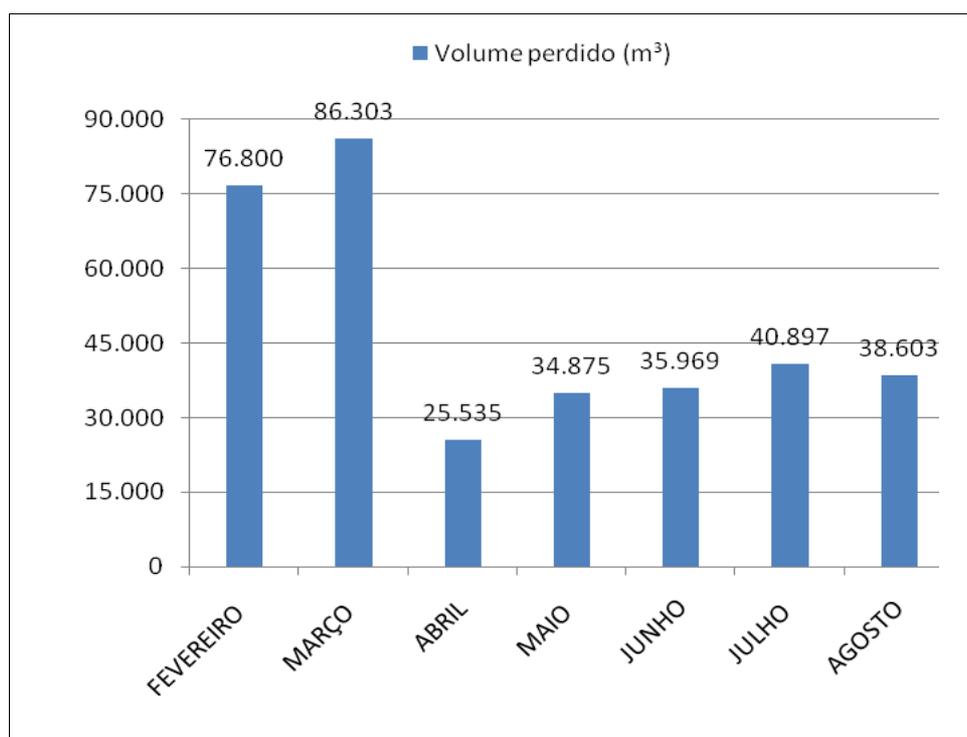


Figura 6 – Gráfico do Volume perdido (SF 44).  
Fonte: Águas Guariroba S. A.

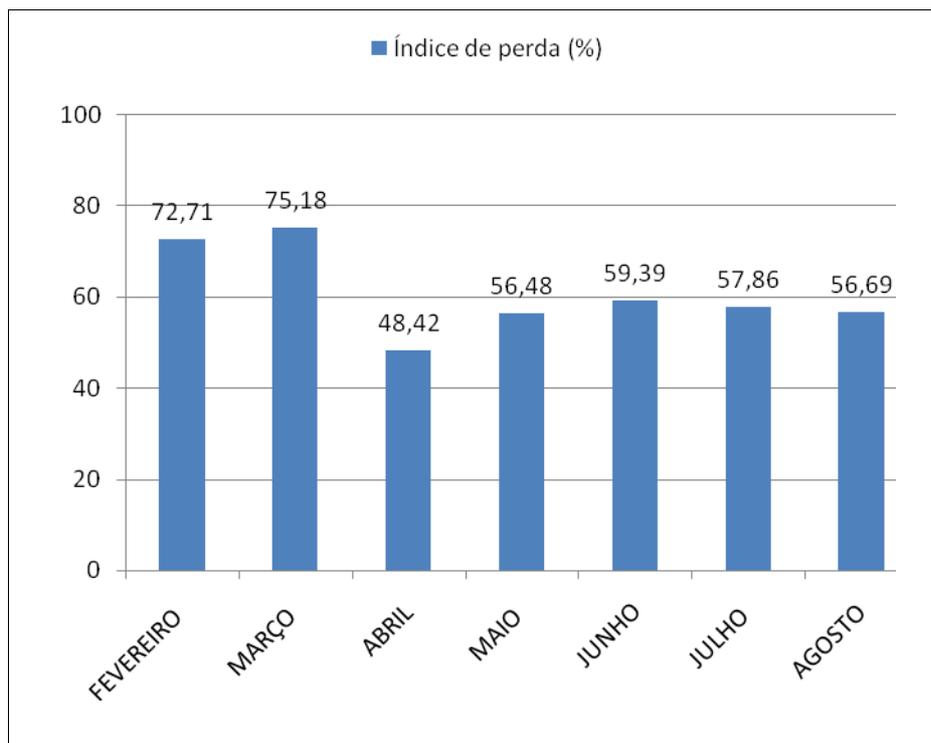


Figura 7 – Gráfico do Índice de perdas percentuais (SF 44).

De acordo com o Gráfico da **Figura 7**, nota-se que o índice de perda de água no setor, a partir do mês de abril, teve uma diminuição considerável, sendo essa diminuição consequência do combate às perdas.

Para que atingi-se o máximo de 25% e fosse considerado um valor considerado bom segundo a literatura, o volume perdido, que foi de 338.981,61 m<sup>3</sup> durante o período estudado, deveria ser de no máximo 116.537,25 m<sup>3</sup>.

A média percentual de perdas encontrada no período em estudo foi de 60,96%, sendo essa média considerada ruim para o setor de fornecimento 44, Bairro Buriti.

### 6.3.2 Indicador de perdas por ramal (IPR)

A **Tabela 5** mostra o número de ligações ativas, o número de dias por mês e o valor do Indicador de perdas por ramal dos meses em estudo, além do volume perdido.

A média do IPR foi de 683,11 L/ramal.dia, com desvio padrão de 345,78 L/ramal.dia. Somente os meses de fevereiro e março tiveram diferença maior que a do desvio padrão.

**Tabela 5 - Indicador de Perdas por Ramal**

<b>Mês/Ano</b>	<b>Nº de dias</b>	<b>Volume Perdido (m³)</b>	<b>Lig. Ativas</b>	<b>IPR (L/ramal.dia)</b>
<b>Fev/2008</b>	28	76.800	2.330	1.177,19
<b>Mar/2008</b>	31	86.303	2.328	1.195,86
<b>Abr/2008</b>	30	25.535	2.327	365,78
<b>Mai/2008</b>	31	34.875	2.331	482,63
<b>Jun/2008</b>	30	35.969	2.339	512,60
<b>Jul/2008</b>	31	40.897	2.351	561,15
<b>Ago/2008</b>	31	38.602	2.379	523,42
<b>Média</b>	30	48.426	2.341	683,11

Considerando o número de ligações ativas e o volume distribuído, foi elaborada a tabela 6, onde é visto o volume de água utilizado por ligação por dia (em L/lig.dia).

**Tabela 6 – Consumo por ligação por dia.**

<b>Mês/Ano</b>	<b>Dias</b>	<b>Volume Micromedido (m³)</b>	<b>Lig. Ativas</b>	<b>L/lig.dia</b>
<b>Fev/2008</b>	28	28.696	2.330	439,85
<b>Mar/2008</b>	31	28.370	2.328	393,11
<b>Abr/2008</b>	30	27.088	2.327	388,02
<b>Mai/2008</b>	31	26.752	2.331	370,21
<b>Jun/2008</b>	30	24.480	2.339	348,87
<b>Jul/2008</b>	31	29.663	2.351	407,01
<b>Ago/2008</b>	31	29.395	2.379	398,58
<b>Média</b>	30	27.778	2.341	392,24

Todos os meses apresentaram um valor muito próximo da média de 392,24 litros por ligação por dia.

### 6.3.3 Indicador de perdas por extensão de rede (IPER)

A **Tabela 7** mostra a extensão total da rede, o número de dias por mês e o valor do Indicador de perdas por extensão de rede dos meses em estudo, e também o volume perdido por mês.

**Tabela 7** - Indicador de perdas por extensão de rede.

Mês/Ano	Nº de dias	Volume perdido (m³)	Extensão da Rede (Km)	IPER (m³/km.dia)
<b>Fev/2008</b>	28	76.800	22,59	121,42
<b>Mar/2008</b>	31	86.303	22,59	123,24
<b>Abr/2008</b>	30	25.535	22,59	37,68
<b>Mai/2008</b>	31	34.875	22,59	49,80
<b>Jun/2008</b>	30	35.969	22,59	53,07
<b>Jul/2008</b>	31	40.897	22,59	58,40
<b>Ago/2008</b>	31	38.602	22,59	55,12
<b>Média</b>	30	48.426	22,59	71,25

O IPER teve média de 71,25 m³/km.dia, com desvio padrão de 35,50 m³/km.dia. Novamente, os meses de fevereiro e março foram os únicos que ficaram com diferença acima do desvio padrão.

### 6.3.4 Indicador de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF)

A **Tabela 8** mostra o índice de perda de faturamento dos meses em estudo.

**Tabela 8 - Indicador de Perda de Faturamento**

<b>Mês/Ano</b>	<b>Volume Disponibilizado (m³)</b>	<b>Volume Faturado (m³)</b>	<b>IPF (%)</b>
<b>Fev/2008</b>	105.618	33.451	68,33
<b>Mar/2008</b>	114.793	33.203	71,08
<b>Abr/2008</b>	52.738	32.237	38,87
<b>Mai/2008</b>	61.752	31.708	48,65
<b>Jun/2008</b>	60.563	30.332	49,92
<b>Jul/2008</b>	70.685	33.953	51,97
<b>Ago/2008</b>	68.096	34.064	49,98
<b>Média</b>	76.321	32.707	57,15

A média do IPF foi de 57,15 %, e o desvio padrão de 11,94%, sendo os meses de fevereiro e março os únicos que não se enquadram nesses valores. Os únicos meses acima do padrão nacional, que segundo a literatura é entre 25% e 65%, foram os de fevereiro e março, que antecederam o início do combate as perdas no setor.

### **6.3.6 Indicador de perdas por infra-estrutura (IVI)**

O índice de perdas por infra-estrutura é obtido através da divisão do volume total perdido, pelas perdas reais inevitáveis.

Considerando:

- Extensão total da rede (Lm): 22,59 km
- Nº de ligações ativas (N): 2.341 ligações
- Pressão média do setor (P): 35 mca
- Extensão do tubo entre a testada do imóvel e o hidrômetro: desconsiderada

Temos:

$$\text{PRAI} = (18 \times \text{ET}/\text{LA} + 0,7 + 0,025 (\text{ET} - \text{EP})/\text{LA}) \times P =$$

$$\text{PRAI} = \left( 18 \times \frac{22,59}{2.341} + 0,7 + 0,025 \times \frac{(22,59 - 0)}{2.341} \right) \times 35 =$$

$$\text{PRAI} = \mathbf{30,59} \text{ L/lig.dia}$$

Como não foi possível fazer o rateamento entre as perdas reais e aparentes por um método específico para isto, o valor utilizado para se obter o resultado do PRAC, no qual é necessário a utilização das perdas reais, foi 50% do valor total perdido entre fevereiro e agosto de 2008.

Sendo assim, considerando:

- Volume Perdido Total = 338.981,61 m<sup>3</sup>
- Perdas Reais = 169.490,8 m<sup>3</sup>
- Número de dias = 212 dias
- Tempo do dia que o sistema fica sob pressão (T) = 100%

Temos:

$$\text{PRAC} = \text{Perdas reais} \cdot 1000 / (\text{número de ramais} \times 365 \times T/100)$$

$$\text{PRAC} = 169.490,8 \times \frac{1000}{(2341 \times 212 \times 1)} = 341,51 \text{ L/lig.dia}$$

Sendo assim:

$$\text{IVI} = \frac{\text{PRAC}}{\text{PRAI}} = \mathbf{11,16}$$

Segundo o Programa Nacional Contra o Desperdício de Água - PNCD, o valor ideal de IVI é a unidade, ou seja, quanto mais próximo de 1,0 o IVI de determinado sistema, melhor é a sua eficiência operacional no que diz respeito às

perdas físicas. Podemos assim dizer que o SF 44 (Buriti) está longe de atingir as condições ideais para uma boa eficiência no serviço de distribuição de água.

O valor 11,16, resultado do Indicador de perdas por infra-estrutura (IVI), foi muito próximo dos valores citados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, que citou os estudos realizados pela International Water Association – IWA para a validação do IVI, onde os valores se encontravam entre valores muito próximos de 1,0 e um pouco acima de 10,0.

#### 6.4 PERDAS DE ÁGUA (NO SETOR DE FORNECIMENTO 44 – BAIRRO BURITI)

##### 6.4.1 Perdas Físicas/Reais

A avaliação das perdas reais foi feita através de ensaios em campo com acompanhamento das equipes de Geofonamento e escuta da companhia Águas Guariroba S. A.

Nas saídas a campo com as equipes de geofonamento, foram realizadas buscas de vazamentos não visíveis, sendo estes na rede de distribuição, e nos cavaletes das residências. Para isso foi utilizado um Geofone de propriedade da empresa, e vários Sticks, também de propriedade da Águas Guariroba S. A.

A Tabela 9 mostra os dias e a quantidade de metros percorridos durante esses dias durante a jornada de trabalho da equipe de geofonamento no SF 44, que percorreu toda extensão do Setor de fornecimento 44, no período da madrugada, geralmente entre as 2 horas e as 6 horas da manhã, quando o movimento de carros e moradores do setor é menor.

**Tabela 9** - Distância percorrida pela equipe de geofonamento no SF 44

Dia	Distância percorrida (metros)	Porcentagem (%)
30 de abril de 2008	3.030	13,4
01 de maio de 2008	3.570	15,8
03 de maio de 2008	4.736	21,0
06 de maio de 2008	7.004	31,0
07 de maio de 2008	4.254	18,8
Total	22.594	100

Fonte: Águas Guariroba S. A.

As **Figuras 8** e **9** demonstram funcionários da companhia de saneamento utilizando os aparelhos Stick e Geofone.



**Figura 8** - Funcionário utilizando o Stick.



**Figura 9** - Funcionário utilizando o Geofone.

A **Tabela 10** mostra as Ordens de serviço emitidas pela companhia de saneamento Águas Guariroba S.A. para reparar os vazamentos visíveis e não-visíveis encontrados.

**Tabela 10 - Reparos efetuados no SF 44 (perdas reais)**

**Ordens de serviço emitidas pela águas guariroba entre 01/02/2008 a 31/08/2008 no sistema de fornecimento 44**

Descrição do serviço	Quantidade	Porcentagem (%)
CONSERTO DE REDE	1	0,7
CONSERTO DE TUB PVC 50 A 100MM TERRA	1	0,7
CONSERTO CAV.PVC 3/4"-EMBAIXO-CAL	1	0,7
CONSER. REDE AGUA 0 50 PVC-TE	1	0,7
CONSERTO DE TUB PVC 50 A 100MM ASF OU CA	2	1,4
REPARO NO RAMAL FO.GO. 1' AS.	2	1,4
REPARO NO RAMAL	19	13,0
REPARO NO RAMAL PAD. 1/2" TE	50	34,2
CONSERTO CAV. PVC 3/4" - EM CIMA	35	24,0
CONSERTO DE CAVALETE	7	4,8
REPARO NO RAMAL FO.GO. 3/4" TE	6	4,1
REPARO NO RAMAL PAD. 1/2" DV	12	8,2
CONSERTO CAV. PVC 3/4" - TE	9	6,2
Total	146	100

Fonte: Águas Guariroba S. A.

Com os resultados obtidos a partir da saída a campo e dos relatórios da empresa, foi elaborado um mapa (Anexo I), mostrando os pontos onde foram encontrados vazamentos não visíveis. Nota-se que praticamente todos os vazamentos não visíveis ocorreram na Zona Baixa do Setor, onde a pressão média é de 40 mca.

Nota-se também que 60,9% dos reparos ocorreram em ramais, 35,6% dos reparos ocorreram em cavaletes e apenas 3,5% foram reparos ocorridos na rede de abastecimento do setor.

Já para os vazamentos visíveis, as ocorrências podem ser detectadas facilmente pelos técnicos da companhia, que ao fazer seu trajeto no setor,

consegue observar o vazamento e contactar a equipe de manutenção rapidamente para que seja feito o reparo. Ou até mesmo pela população residente no setor, que ao visualizar o problema, entra em contato com as centrais de atendimento da empresa, informa sobre o vazamento, sendo esta informação levada para a equipe de reparos.

#### **6.4.2 Perdas Não Físicas/Aparentes**

A avaliação das perdas aparentes foi feita a partir dos relatórios liberados pela equipe de fraudes da companhia de saneamento Águas Guariroba S. A. A equipe de fraudes realiza seu trabalho com base nas Ordens de serviço (OS) enviadas pela equipe de geofonamento, que informam a localização exata dos locais onde possivelmente existem fraudes.

A equipe de geofonamento localiza as possíveis fraudes a partir de escutas feitas nos cavaletes das residências, onde se pode ouvir se a água está entrando ou não, e checando se os hidrômetros estão fazendo a leitura corretamente. Se a leitura não estiver sendo feita corretamente, a equipe de geofonamento anota o local exato e inclui no relatório a ser enviado a equipe de fraudes. Nesse relatório também são inclusos locais onde existe qualquer tipo de violação ou irregularidade encontrada nos cavaletes e hidrômetros.

Assim, a equipe de fraudes só tem o trabalho de checar se existe ou não a fraude nos locais indicados, analisando os cavaletes e hidrômetros. A **Tabela 11** mostra a quantidade de verificações de fraudes e irregularidades feitas pela equipe de fraudes, com base nos relatórios feitos pela equipe de geofonamento.

**Tabela 11 - Verificações efetuadas no SF 44 (perdas aparentes)**

---

**Ordens de serviço emitidas pela águas guariroba entre 01/02/2008 a 31/08/2008 no sistema de fornecimento 44**

---

<b>Descrição do serviço</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Verificação de fraude	183	59,80
Verificação de irregularidades	123	40,20
Total	306	100

---

Fonte: Águas Guariroba S. A.

## 7 CONCLUSÃO

O percentual médio de perdas atuais, considerando o intervalo de fevereiro a agosto de 2008, corresponde a 60,96%. Para determinação desse valor, levou-se em consideração o volume disponibilizado e micromedido. Este é um valor considerado alto pela literatura especializada. Considerado bem acima também da média apresentada na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, que apresenta a média de 50% de perdas de água em seu sistema de abastecimento.

Percebe-se que, no período em que foi efetuado o combate às perdas no setor, os valores das perdas foram reduzidos consideravelmente, devido aos encontros de vazamentos em redes de abastecimento, fraudes, ligações clandestinas, que fazem com que a perda de água seja maior.

Em se tratando da diferenciação percentual das perdas físicas e não físicas, não há dados conclusivos para a determinação desses valores, porém, para determinação do índice de perdas inevitáveis para o SF 44, adotamos valores recomendados pelo Programa nacional de combate ao desperdício de água.

A recomendação para o problema de perdas no SF 44, é que seja realizada uma melhora nas gestões comercial e operacional do setor, além de um maior número de pesquisas a campo (já que em 2008 foi efetuada apenas uma vez com a equipe de geofonamento, e uma vez com as equipes de fraudes), pois com uma melhora na gestão comercial, traria mais eficiência no controle de fraudes, o que significa faturar mais pela água que é produzida, otimizando seu uso e evitando seu desperdício. E, na parte de gestão operacional, a melhora seria com relação às perdas físicas no sistema, pois com uma equipe eficiente e bem equipada, diminuiria o tempo de ocorrência dos vazamentos, melhorando a eficiência do combate as perdas.

Outra recomendação seria um trabalho de conscientização com a população a respeito das fraudes e ligações clandestinas, alertando para os riscos causados caso essas fraudes sejam detectadas pela empresa, e também do prejuízo causado por esses infratores para os clientes da companhia, que sofrem com o aumento da tarifa devido ao grande índice de perdas existentes.

Portanto, com um investimento na área de combate as perdas de água no sistema de abastecimento, as vantagens obtidas serão no ponto de vista empresarial, que terá lucros financeiros com essas medidas, no ponto de vista do consumidor, que poderá ter suas tarifas reduzidas e terá uma melhor eficiência nos problemas de falta de água, e no ponto de vista ambiental, pois evitando o desperdício, a água estará disponível para a população por um tempo maior.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUAS GUARIROBA S. A., Companhia responsável pelo sistema de abastecimento de água de Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

ALVES, W. C., COSTA, A. J. M. P., GOMES, J. S., NILDA, O. I. **Macromedição - (Versão Preliminar)**. Documentos Técnicos de Apoio D2 - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasília, 1999. Disponível em: <http://www2.cidades.gov.br/pncda>. Acesso em 19 de abril de 2008.

ALVES, W. C., COSTA, A. J. M. P., PEIXOTO, J. B., SANCHEZ, J. G., LEITE, S. R. Micromedição. Documentos Técnicos de Apoio D3 - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasília, 1999. Disponível em: <http://www2.cidades.gov.br/pncda>. Acesso em 19 de abril de 2008.

BARROS, Raphael T. de V. et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

CASTELLANO, E. G. & CHAUDRY, F. H. **Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias**. 1ª ed. São Carlos, SP: EESC-USP, 2000.

COPASA, Companhia de Saneamento de Minas Gerais. **Programa de Redução de Perdas de Água em Sistemas de Distribuição**. COPASA / Superintendência de Comunicação – SPCA, Minas Gerais, 2003. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/media/Publicacoes/ReducaoPerdas.pdf>. Acesso em 10 de julho de 2008.

CONEJO, J. G. L., LOPES, A. R. G. & MARCKA, E. **Medidas de redução de perdas – Elementos para planejamento**. Documentos Técnicos de Apoio C3 - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasília, 1999. Disponível em: <http://www2.cidades.gov.br/pncda>. Acesso em 19 de abril de 2008.

DACACH, N. G. **Sistemas urbanos de Água**. 2ª Ed. Livros técnicos e científicos Editora, Rio de Janeiro, 1979.

GONÇALVES, E. & ALVIM, P. R. A. **Guia prático para pesquisa e combate a vazamentos não visíveis**. Documentos Técnicos de Apoio G3 - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasília, 1999. Disponível em: <http://www2.cidades.gov.br/pncda>. Acesso em 19 de abril de 2008.

MARTINS, G., BORANGA, J. A., LATORRE, M. R. D. O. PEREIRA, H. A. S. L. **Modelo estatístico para avaliação do impacto do saneamento básico na saúde pública**. In: ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, XII, 2001, São Paulo. **Resumos...**, São Paulo: AESABESP, 2001.

MESSIAS, A. S. et al. **Água: fonte de vida**. Recife: UNICAP, 2004.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 3ª ed. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 2003.

NETTO, A. J. M; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de hidráulica**. 8ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. São Carlos, SP: EESC/USP, 2004.

SANCHEZ, J. G. et al. **Calibração de Macromedidores in situ**. Anais do XIII encontro Técnico da Associação dos Engenheiros da SABESP, São Paulo, 2002.

SILVA, F. C. et al. **Panorama de perdas em sistemas de abastecimento de água**. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 7., 2004, São Luís. *Anais...* São Luís: ABRH, 2004.

SILVA, R. T., CONEJO, J. G. L. **Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água**. Documento técnico de apoio A2 - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasília, 1999. Disponível em: <http://www2.cidades.gov.br/pncda>. Acesso em 20 de outubro de 2008.

TOMAZ, Plínio. **Conservação da água**. 1ª ed. Guarulhos: Digihouse Editoração Eletrônica, 1998.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 2ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

TSUTIYA, M. T. **Redução do custo da energia elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água**. 1ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001.

YOSHIMOTO, P. M., FILHO, J. T., SAREDAS, G. L. **Controle da Pressão na Rede**. Documento técnico de apoio D1 - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasília, 1999. Disponível em: <http://www2.cidades.gov.br/pncda>. Acesso em 19 de abril de 2008.