

VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003

**Ministério das Cidades**  
**Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**

---

**PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA**

---

DTA **A2**

DTA - Documento Técnico de Apoio nº A2  
**INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

# VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003

MINISTRO DAS CIDADES  
Olívio Dutra

SECRETÁRIA EXECUTIVA E MINISTRA ADJUNTA  
Ermínia Maricato

SECRETÁRIO NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL  
Abelardo de O. Filho

COORDENAÇÃO TÉCNICA DOS TRABALHOS  
Pela FUSP: Racine Tadeu Araújo Prado  
Pelo Ministério das Cidades: Claudia Monique Frank Albuquerque

ENTIDADES PARTICIPANTES DO PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA-PNCDA  
PROTOCOLOS DE COOPERAÇÃO FIRMADOS COM A SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL/ MC

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA  
Secretaria de Recursos Hídricos – SRH  
Secretaria de Meio Ambiente – SMA

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME  
Eletrobrás/Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica - PROCEL

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental  
ABIMAQ – Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos  
ABNT/COBRACON – Associação Brasileira de Normas Técnicas/Comitê Brasileiro da Construção Civil  
AESBE – Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais  
ASFAMAS – Associação Brasileira de Fabricantes de Materiais e Equipamentos para Saneamento  
ASSEMAE – Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento  
EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
FUPAM – Fundação para a Pesquisa Ambiental  
FUSP – Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo  
INFURB-USP – Núcleo de Pesquisa em Informações Urbanas da Universidade de São Paulo  
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

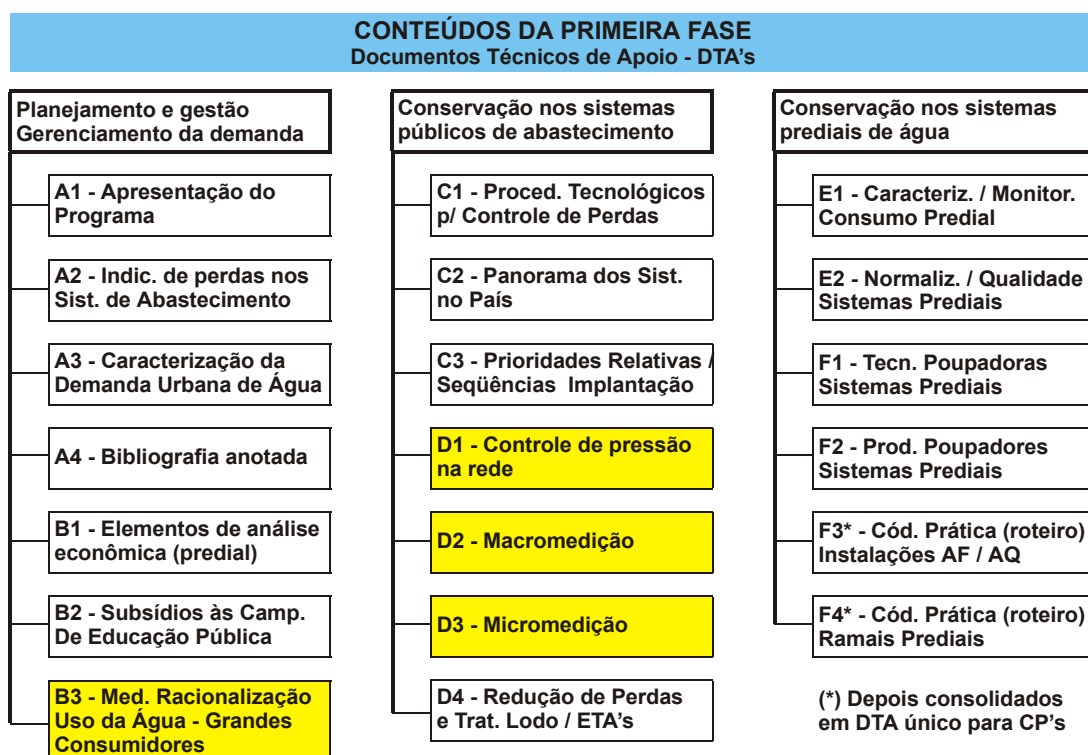
---

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA – PNCD	4
INTRODUÇÃO	8
1. CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL DAS PERDAS E SUAS CAUSAS	10
1.1 Avaliação das Perdas	11
1.2 Perdas Físicas	11
1.2.1 Subdivisão do sistema de abastecimento de água	12
1.2.2 Origem e magnitude das perdas físicas por subsistema	13
1.2.3 Classificação das perdas físicas	19
1.2.4 CAUSAS DAS PERDAS FÍSICAS	21
1.3 Perdas Não Físicas	25
2. ESTUDOS NACIONAIS E ESTRANGEIROS SOBRE INDICADORES DE PERDAS	28
2.1 Estudos da AGHTM	28
2.2 Proposições Recentes da IWA	35
2.3 Indicadores de Desempenho no Brasil	38
2.4 Estudos da AESBE e ASSEMAE	41
2.5 Tendências Comuns na Determinação de Indicadores	43
3. MONITORAMENTO OPERACIONAL E CONTROLE DE PERDAS	46
3.1 Controle de Perdas e Dados Operacionais. Bases da Integração	46
3.2 Perfil Preliminar dos Sistemas de Informação em Serviços de Saneamento no Brasil	50
4. DIRETRIZES PARA O LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES E CONSTRUÇÃO DE INDICADORES	55
4.1 Considerações Gerais	55
4.2 Definição de Indicadores Básicos	61
4.2.1 Informações-Chave	61
4.2.2 Indicadores Básicos de Desempenho	62
4.2.3 Indicadores de controle e confiabilidade	65
4.3 Definição de Indicadores Intermediários e Avançados	68
4.3.1 Indicadores específicos de perda física relacionados a condições operacionais	69
4.3.2 Indicadores de desempenho hídrico do sistema	70
4.4 Indicadores Avançados	72
4.5 Melhorias Operacionais e Aumento de Confiabilidade dos Indicadores	75
4.6 Quadro-Resumo	77

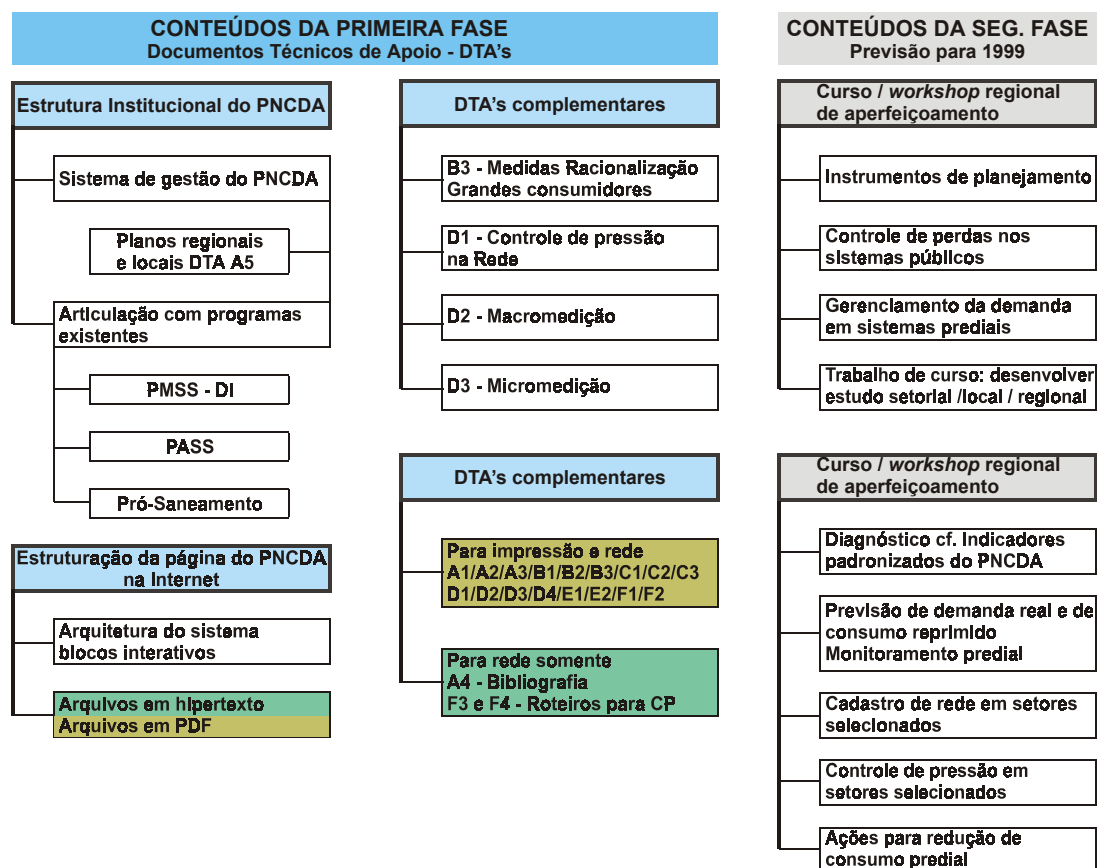
## PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCD

O PNCD tem por objetivo geral promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas. Tem por objetivos específicos definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas.

O PNCD encontra-se em sua Fase III. Na Fase I, em 1997, foram discutidos 16 DTAs, que refletiram a retomada de estudos abrangentes na área. A Fase II do Programa, em 1998, incluiu a produção de mais 4 DTA's, sua publicação e a implantação de um sistema de acesso via Internet ([www.pncda.gov.br](http://www.pncda.gov.br)). Os escopos das fases até agora definidas como objetos de convênio são esquematizados nas figuras 1 e 2, a seguir.



**Fig. 1 - PNCD. Escopos da Fase I. 1997**

**Fig. 2 - PNCD. Escopos da Fase II. 1998 e 1999**

Na Fase III do PNCD, através de Convênio vigente entre o Ministério das Cidades/ Secretaria nacional de Saneamento Ambiental e a Fusp (Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo), foram previstas atividades diversas, revisão e elaboração de DTAs, conforme a seguir:

- DTA A5 - Diretrizes e procedimentos para desenvolvimento dos Planos [regionais e locais] de Combate ao Desperdício de Água (revisão).
- Aperfeiçoamento e alimentação da página do PNCD na rede mundial de computadores.
- DTA D7 - Submedicação em hidrômetros (elaboração).
- DTA F3 - Código de Prática de Projeto e Execução de Sistemas Prediais de Água - Conservação de Água em Edifícios (elaboração).
- DTA F4 - Código de Prática de Projeto e Execução de Ramais Prediais de Água em Polietileno (elaboração).
- DTA A2 - Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água (revisão).

- DTA A4 - Bibliografia Anotada (revisão).
- DTA C2 - Panorama dos Sistemas Públicos de Abastecimento no País (revisão).
- DTA D2 - Macromedição (revisão).
- DTA D3 - Micromedição (revisão).
- DTA F2 - Produtos Economizadores nos Sistemas Prediais (revisão).
- DTA B6 - Estratégias de educação e comunicação (elaboração). No âmbito deste projeto está prevista a realização de cursos de capacitação em combate ao desperdício de água para uma clientela diversificada (operacional e gerencial) dos prestadores de serviços de abastecimento de água.

**DTA – DOCUMENTO TÉCNICO DE APOIO A2**  
**INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS**  
**DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

## **INTRODUÇÃO**

Este DTA constitui uma revisão e atualização do documento original editado em 1999 e tem como objeto o levantamento de informações básicas e a construção de indicadores aplicáveis na avaliação dos serviços de saneamento quanto à sua eficiência no aproveitamento da água. É consenso entre os profissionais do Setor Saneamento no Brasil a necessidade de se trabalhar os conceitos de eficiência no uso da água a partir de referências e procedimentos comuns. Acima de tudo – motivação principal da revisão deste texto – está a busca de indicadores que permitam o cotejo da eficiência operacional de distintos sistemas independentemente de suas características físicas, como o regime de pressões, por exemplo.

Neste DTA fica expressa a preocupação de associar cada indicador recomendado a partes específicas do sistema de abastecimento de água, assim como de definir os requisitos de controle e confiabilidade necessários à validação de cada um deles.

Inicialmente (Capítulo 1) é feita uma caracterização funcional das perdas, com base nos conhecimentos técnico, prático e acadêmico. É muito enfatizada, nesse sentido, a desagregação funcional do sistema, separando-se claramente as ocorrências que têm lugar na adução da água bruta (incluindo a captação), no tratamento, na reservação, na adução de água tratada e na distribuição (incluindo os ramais prediais). Ainda no Capítulo 1 abordam-se de maneira integrada as ocorrências atribuíveis a falhas no planejamento e projeto, na construção, na operação, na manutenção e na expansão dos sistemas, reconhecendo-se que não se pode estabelecer limites rígidos entre essas etapas.

No Capítulo 2 são analisadas diferentes abordagens sobre indicadores de perdas, oriundas de entidades nacionais e estrangeiras envolvidas com a matéria. Observa-se que todas elas atualmente questionam a utilização de indicadores percentuais de perdas como únicas ou privilegiadas referências de eficiência no uso da água. São levantadas e discutidas as várias imprecisões associadas a cada tipo de indicador, mostrando-se que seu efeito cumulativo pode resultar em números sem nenhum significado real quanto à eficiência dos serviços. Ao final do capítulo são destacados os pontos de convergência entre os diferentes critérios estudados.

No Capítulo 3 são relatados os resultados de levantamento feito em 39 serviços de saneamento no Brasil sobre o estado da arte dos sistemas de informação operacional hoje disponíveis. Essas informações podem orientar a priorização de ações de melhoria na capacidade de produção de informações operacionais relevantes para o combate ao desperdício de água, em especial no que respeita à construção de indicadores avançados.

**VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003**  
**DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

---

No Capítulo 4, são dispostas as diretrizes gerais para a construção de indicadores básicos e intermediários, os critérios de controle e confiabilidade aplicáveis e os requisitos para a construção de indicadores avançados. A partir dos conceitos básicos de perdas físicas (reais) e não físicas (aparentes), desenvolve-se uma série de análises com base na realidade dos serviços no Brasil e dos indicadores correntes de eficiência. São discutidos diversos indicadores alternativos para perdas, e mostrados os requisitos básicos que os sistemas de monitoramento e controle de oferta e demanda devem atender para que esses indicadores tenham validade.

Finalmente, no Capítulo 5, os indicadores são organizados em três categorias: básicos, intermediários e avançados. São básicos os indicadores percentuais de água não faturada, reconhecendo-se - nesse nível - a limitação relativa à impossibilidade de apuração em separado das perdas físicas (reais). No nível intermediário essa separação é exigida e a partir dela se constroem indicadores de desempenho hídrico do sistema abrangendo todos os subsistemas, e indicadores específicos de perda física relacionados a condições operacionais. No nível avançado são incluídos os indicadores e fatores de ponderação relativos à pressão na rede, reconhecendo-se ser falha a comparação entre serviços que não pondere as diferenças referentes à pressão.

---

## 1. CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL DAS PERDAS E SUAS CAUSAS

---

Em sistemas públicos de abastecimento, do ponto de vista operacional, as perdas de água são consideradas correspondentes aos volumes não contabilizados. Esses englobam tanto as perdas físicas (reais), que representam a parcela não consumida, como as perdas não físicas (aparentes), que correspondem à água consumida e não registrada.

As perdas físicas originam-se de vazamentos no sistema, envolvendo a captação, a adução de água bruta, o tratamento, a reservação, 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.

As perdas não físicas originam-se de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou que submedem, fraudes em hidrômetros 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.

A redução das perdas físicas permite diminuir os custos de 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.

A redução das perdas não físicas permite aumentar a receita tarifária, melhorando a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro do prestador de serviços. Contribui indiretamente para a ampliação da oferta efetiva, uma vez que induz à redução de desperdícios por força da aplicação da tarifa aos volumes efetivamente consumidos.

O combate a perdas ou desperdícios implica, portanto, redução do volume de água não contabilizada, exigindo a adoção de medidas que permitam reduzir as perdas físicas e não físicas, e mantê-las permanentemente em nível adequado, considerando a viabilidade técnico-econômica das ações de combate a perdas em relação ao processo operacional de todo o sistema.

O desenvolvimento de medidas de natureza preventiva de controle de perdas nas fases de projeto e construção do sistema envolve a necessidade de passos iniciais de organização anteriores à operação. Aquelas medidas devem contemplar, dentre outras:

- a boa concepção do sistema de abastecimento de água, considerando os dispositivos de controle operacional do processo;
- a qualidade adequada de instalações das tubulações, equipamentos e demais dispositivos utilizados;

- a implantação dos mecanismos de controle operacional (registros, medidores e outros);
- a elaboração de cadastros; e
- a execução de testes pré-operacionais de ajuste do sistema.

### 1.1 Avaliação das Perdas

A estimativa das perdas de água em um sistema de abastecimento se dá por meio 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.

A identificação e 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. A perda não física será a diferença entre a perda total de água na distribuição - *Água Não Contabilizada* - e a perda física levantada.

Em sistemas de abastecimento de água em que o índice de micromedição aproxime-se de 100%, as ligações clandestinas tenham pouca importância e exista eficaz programação permanente de adequação e manutenção preventiva de hidrômetros, combate às fraudes nos micromedidores e ramais clandestinos, as perdas mensuráveis tendem a refletir as perdas físicas de água.

Em relação às perdas físicas na rede distribuidora, nos ramais prediais registra-se a 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.

### 1.2 Perdas Físicas

Em um sistema de abastecimento de água as perdas físicas totais são as perdas de água que ocorrem entre a captação de água bruta e o cavalete do consumidor. Estas incluem as perdas na captação e adução de água bruta; no tratamento; nos reservatórios; nas adutoras, subadutoras de água tratada e instalações de recalque; e nas redes de distribuição e ramais prediais, até o cavalete.

São constituídas pelos vazamentos, visíveis ou não, nas tubulações (recalques, adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais) e instalações (estação de tratamento, reservatórios e elevatórias); pelas descargas excedentes para limpeza ou esvaziamento de redes e

adutoras; pelos extravasamentos em reservatórios; e pelas perdas no tratamento para limpeza de floculadores e decantadores e lavagem de filtros, quando empregados volumes superiores ao estritamente necessário para a correta operação do sistema.

A redução das perdas físicas permite diminuir os custos de operação e manutenção do sistema, e otimizar a utilização das instalações existentes, propiciando o aumento da oferta de água tratada sem que haja expansão do sistema produtor.

### **1.2.1 Subdivisão do sistema de abastecimento de água**

As causas e a magnitude das perdas, assim como a natureza das ações para seu controle, podem ser sensivelmente diferentes nos diversos componentes de um sistema de abastecimento de água. É desejável que o controle de perdas seja feito por subsistema. Pode-se dividir o programa de controle nos seguintes subsistemas:

- Adução de Água Bruta - compreende a captação e adução de água bruta;
- Tratamento - ETA ou unidade de tratamento simplificado;
- Reservação;
- Adução de Água Tratada - consiste nas adutoras e subadutoras de água tratada e instalações de recalque; e
- Distribuição - consiste na rede de distribuição de água tratada e ramais prediais.

Essa subdivisão facilita o diagnóstico das perdas no sistema de abastecimento e a orientação para ações preventivas e corretivas. Por exemplo, as perdas nas ETA ocorrem de forma concentrada e, mesmo que sejam pequenas percentualmente, em termos de vazão podem ser significativas, podendo propiciar retornos rápidos com simples melhorias operacionais ou reparos estruturais. No caso das perdas no subsistema de reservação, o mesmo fato pode ocorrer, implicando também em ações corretivas de caráter localizado. Já no caso da distribuição, que inclui os ramais prediais, as perdas, muitas vezes elevadas, estão dispersas.

### 1.2.2 Origem e magnitude das perdas físicas por subsistema

As origens e magnitudes das perdas físicas por subsistema podem ser representadas esquematicamente, conforme o quadro 1.1.

#### Quadro 1.1

##### Perdas Físicas por Subsistema: Origem e Magnitude

	SUBSISTEMA	ORIGEM	MAGNITUDE
PERDAS FÍSICAS	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	Vazamentos 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 principalmente das pressões

Nota: \* Considera-se perdido apenas o volume excedente ao necessário para operação.

#### A) Perdas na captação/adução de água bruta

As perdas físicas na captação e na adução de água bruta correspondem à água utilizada para a limpeza geral, incluindo o poço de sucção, sendo em geral pequena e função das características hidráulicas do projeto e da qualidade da água bruta.

O componente que merece mais atenção são os vazamentos na adução, função do estado da tubulação e do material utilizado; sua idade; pressão; adequada execução da obra; elementos de proteção contra golpes e conseqüentes rompimentos em casos de interrupção do fornecimento de energia.

Trata-se de um componente crítico do sistema de abastecimento, merecendo especial atenção no que diz respeito à manutenção sistemática de caráter preventivo. Ressalte-se que a manutenção preventiva, elétrica ou hidráulica, como o conserto da tubulação obstruída por incrustações ou reparos de vazamentos, muitas vezes não é feita ou é adiada para se evitar o desgaste político junto à população, pois paradas no sistema produtor provocam interrupções no fornecimento de água por

## VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003

### DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

---

muitas horas. Tal procedimento, no entanto, acaba comprometendo o comportamento do sistema, aumentando muitas vezes as perdas de carga e o consumo de energia, bem como as perdas e os riscos de interrupções mais demoradas por falhas e rompimentos.

A magnitude das perdas na adução de água bruta é variável, função do estado das instalações e das práticas operacionais e de manutenção preventiva, sendo normalmente pouco expressivas no contexto geral, a não ser em adutoras de grande extensão e/ou deterioradas.

#### *B) Perdas no tratamento*

A principal característica das perdas físicas nas ETA é que, mesmo que sejam percentualmente pequenas, em termos de vazão são significativas.

Deve-se lembrar que parte das vazões retidas nas ETA são inerentes ao processo de tratamento, não sendo possível eliminá-las totalmente, mas sim reduzi-las até o ponto em que se eliminem os desperdícios.

A recuperação da qualidade da água de lavagem mediante tratamento de lodo é benéfica ao meio ambiente e indiretamente à conservação da água, mesmo que não haja reciclagem para abastecimento público. O lançamento de efluentes tratados representa, do ponto de vista dos recursos hídricos, uma ação conservacionista, no que diz respeito às disponibilidades de água bruta no sistema hídrico.

As perdas na ETA podem estar associadas ao processo ou a vazamentos.

As perdas por vazamentos podem se dar, entre outros motivos, por falhas na estrutura (trincas), na impermeabilização e na estanqueidade insuficiente de comportas.

As perdas de processo correspondem as águas descartadas na lavagem e limpeza de flocluladores, decantadores, filtros e nas descargas de lodo, em quantidade excedentes à estritamente necessária para a correta operação da ETA.

A magnitude das perdas é significativa, podendo variar entre 2% e 10%, função do estado das instalações e da eficiência operacional.

Assim sendo, melhorias operacionais ou reparos estruturais podem propiciar retornos rápidos em termos de redução de perdas e de custos de produção.

*C) Perdas na reservação*

Podem ter origem em procedimentos operacionais, por exemplo, na limpeza programada de reservatórios; em operações inadequadas, provocando extravasamentos; ou, ainda, em deficiências estruturais da obra, como trincas ou impermeabilização mal-feita.

No caso de extravasamentos, a introdução de alarmes ou controle automático de níveis e vazões pode corrigir esse problema operacional.

No caso de deficiências estruturais, a correção do problema passa pela avaliação econômica e de retorno do investimento.

É importante ressaltar que os problemas estruturais devem ser avaliados por especialistas que atestem a estabilidade da obra.

A magnitude das perdas em reservatórios é variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional, mas, em geral, tem pouca importância no contexto geral do sistema.

No entanto, sob o aspecto de recuperação de perdas, não se deve menosprezá-las, devendo-se ter a perspectiva de que se trata de um trabalho permanente, no qual os resultados positivos são fruto da somatória de pequenos sucessos.

*D) Perdas na adução de água tratada*

São as perdas por vazamentos e rompimentos nas tubulações das adutoras e subadutoras, que transportam vazões elevadas para serem distribuídas pela rede de distribuição.

Outra forma de perda física na adução de água tratada é o caso das descargas, seja para esvaziar a tubulação para reparos, seja para melhorar a qualidade da água. Nesses casos, apenas serão consideradas perdidas - em sentido estrito - as vazões excedentes ao necessário para a correta operação do sistema.

No caso de vazamentos, pelo fato de as vazões veiculadas serem elevadas, estes são geralmente localizados e prontamente reparados. Ressalte-se que se tais rompimentos não forem detectados e controlados em curto prazo, grandes danos materiais podem ocorrer, decorrentes do seu alto poder erosivo e destrutivo.

A manutenção preventiva e a adoção de procedimentos operacionais e treinamento de pessoal para a realização de manobras adequadas é vital para que se evitem rompimentos causados por aumentos súbitos de pressão, que podem ocorrer em cascata, refletindo-se por meio de múltiplos rompimentos, principalmente nas redes de distribuição.

## VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003

### DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

---

A falta de instalação ou manutenção de ventosas pode ser um importante fator que propicia a ocorrência de transientes de pressão e conseqüente rompimento de adutoras, devendo merecer especial atenção.

Em sistemas pressurizados por bombeamento, também deve-se prestar especial atenção à instalação de elementos aliviadores de pressões, em casos de paradas de funcionamento da bomba.

A magnitude das perdas pode variar significativamente, função do estado das tubulações, das pressões e da eficiência operacional.

#### *E) Perdas na distribuição*

São as perdas decorrentes de vazamentos na rede de distribuição e nos ramais prediais e de descargas.

As perdas físicas que ocorrem nas redes de distribuição, incluindo os ramais prediais, são muitas vezes elevadas, mas estão dispersas, fazendo com que as ações corretivas sejam complexas, onerosas e de retorno duvidoso, se não forem realizadas com critérios e controles técnicos rígidos. Nesse sentido, é necessário que operações de controle de perdas sejam precedidas por criteriosa análise técnica e econômica.

Nesse caso também, se encaixam as perdas decorrentes de descargas para melhoria da qualidade da água ou esvaziamento da tubulação para reparos.

A magnitude das perdas será tanto mais significativa quanto pior for o estado das tubulações, principalmente nos casos de pressões elevadas.

As experiências de técnicos do ramo indicam que a maior quantidade de ocorrências de vazamentos está nos ramais prediais. Em termos de volume perdido, a maior incidência é nas tubulações da rede distribuidora.

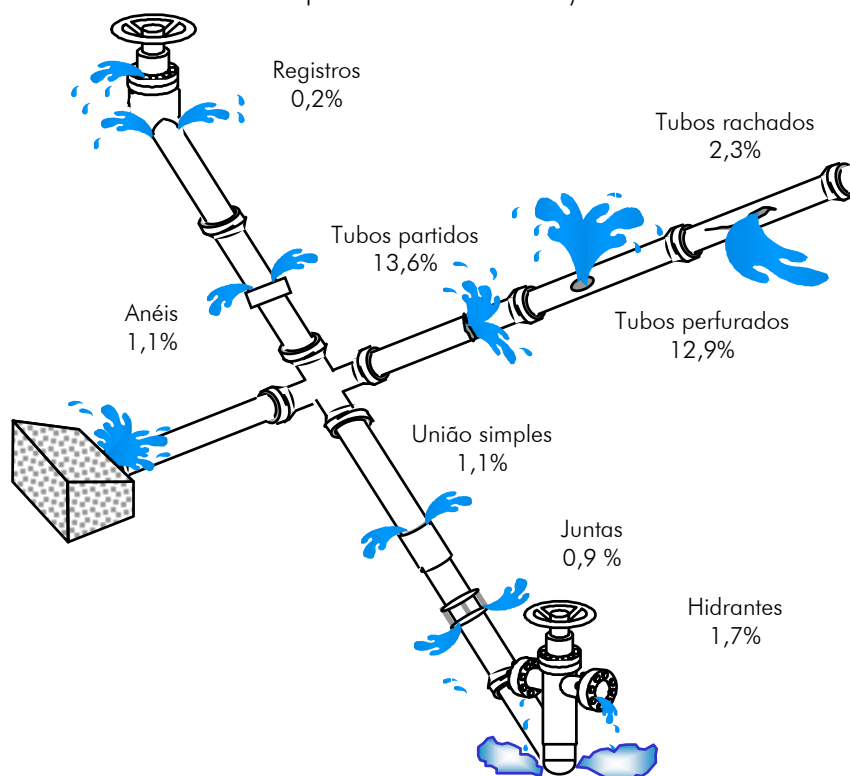
As figuras 1.1 e 1.2 a seguir ilustram os pontos onde geralmente ocorrem vazamentos nas redes e ramais prediais, respectivamente.

O uso de materiais adequados, associados à execução da obra com pessoal treinado e equipado com ferramentas compatíveis com os materiais utilizados, incluindo a realização de testes de estanqueidade, são pré-requisitos para a existência de baixos níveis de perdas.

**Figura 1.1**

**Pontos Frequentes de Vazamentos em Redes de Distribuição**

(percentuais ilustrativos baseados em experiência da SANASA)



Experiências em novas redes de distribuição executadas em loteamentos na cidade de Campinas, recebidas posteriormente pela SANASA, comprovaram o alto nível de perdas nas redes submetidas a testes de estanqueidade, além da dificuldade de se localizar e consertar os vazamentos após as valas estarem fechadas e, muitas vezes, asfaltadas.

Ressalte-se que geralmente o recebimento de obras em novos loteamentos é feito sem que houvesse fiscalização durante a construção. Tal fato decorre da cultura de parte do setor privado em executar obras a *toque de caixa*, simultaneamente à fase de elaboração e aprovação do projeto, e há casos em que o projeto simplesmente inexistente.

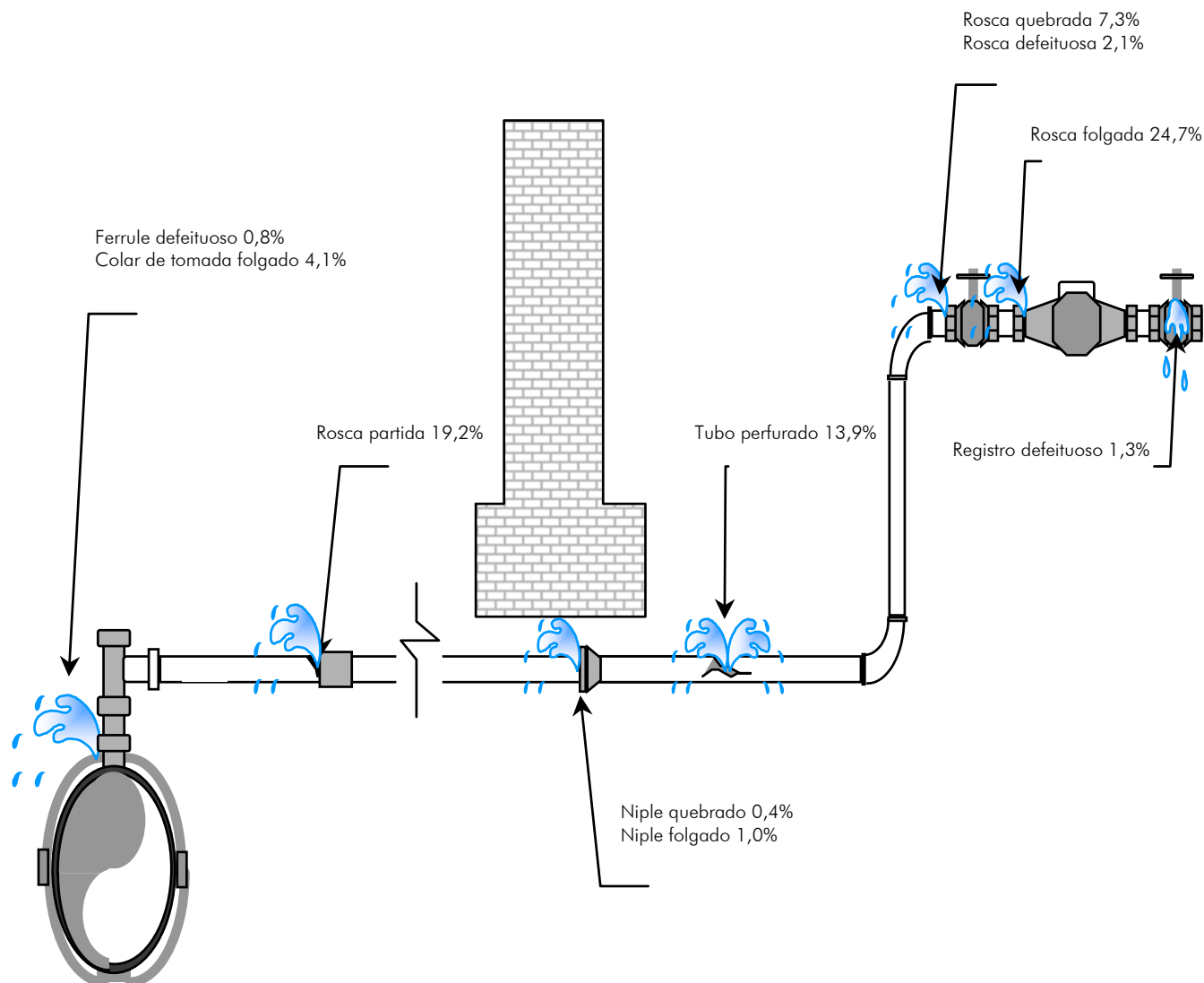
Esse fato, com certeza, se repete em todo o país, onde novas redes são recebidas consciente ou inconscientemente pelos prestadores de serviços, com altos níveis de perdas.

A solução para esse círculo vicioso é adotar maior rigor na aprovação de projetos, e no controle e fiscalização durante a fase de execução da obra, estabelecendo critérios e procedimentos para recebimento de redes, incluindo testes de estanqueidade.

**Figura 1.2**

**Pontos Frequentes de Vazamentos em Ramais**

(percentuais ilustrativos baseados em experiência da SANASA)



Para os sistemas já implantados, os aspectos considerados a seguir apontam para a priorização da redução de pressões na rede de distribuição, para que haja redução de perdas.

As perdas por vazamentos na rede de distribuição, sejam decorrentes de falhas construtivas, defeitos em peças especiais e conexões, rupturas, materiais inadequados, etc., aproximam-se ao escoamento em orifícios e fendas.

Para tubos metálicos em geral, a vazão perdida ( $Q$ ) é uma função proporcional à raiz quadrada da carga hidráulica ( $H$ ), ou seja,  $Q = f(H^{1/2})$ .

Dessa forma, especial atenção deve ser dada ao controle de cargas hidráulicas na rede, pois sua simples redução leva a substanciais reduções nas perdas nos vazamentos existentes, além de restringir o risco de novas rupturas.

VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003  
DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A tabela 1.1 ilustra as reduções de perdas que podem ser conseguidas por intermédio de diferentes percentuais de redução de cargas na rede de distribuição.

**Tabela 1.1**  
**Reduções de Perdas Físicas por Reduções de Pressões**

**$Q = f ( H^{1/2} )^*$**

Redução da carga (%)	Redução da perda (%)
20	10
30	16
40	23
50	29
60	37

Nota: \* Para tubos de ferro fundido ou aço.

Exemplificando, a instalação de uma válvula redutora de pressão, dimensionada para reduzir as cargas em 60% (por exemplo, de 100 mca para 40 mca), em um setor com perdas físicas conhecidas de 50%, acarretará uma redução de 37% nas perdas existentes, as quais passarão de 50% para 31,5%, com uma redução efetiva de 18,5%.

Portanto, é possível quantificar previamente as reduções de perdas esperadas por meio de reduções de pressões e, com isso, avaliar economicamente o retorno dos investimentos a realizar para atingir os objetivos.

No caso de tubos plásticos, estudos estrangeiros recentes<sup>1</sup> têm apontado para uma redução ainda maior das perdas em função da diminuição de pressão. Admite-se, segundo técnicos do setor, uma correlação linear entre pressão e vazamento, em virtude da resiliência do material.

Para maiores informações sobre o tema relativo ao controle de pressão na rede, recomenda-se consultar o DTA D1.

### **1.2.3 Classificação das perdas físicas**

As perdas físicas, em sentido amplo, podem ser classificadas em perdas operacionais e vazamentos. Não se considera perda operacional, em sentido estrito, o uso necessário de água para desinfecção e teste de estanqueidade de rede. As perdas são associadas às vazões excedentes ao uso útil, inclusive operacional.

#### *A) Perdas operacionais*

As perdas operacionais, como o próprio nome diz, são associadas à operação do sistema. Estas podem estar disfarçadas sob a forma de usos úteis no processo produtivo (como água de lavagem de filtros) e nos procedimentos operacionais (como descargas para melhoria da qualidade da água em

<sup>1</sup> Conforme palestra do professor Alan Lambert durante Encontro Técnico sobre "Controle Avançado de Perdas" realizado na SEPURB, em janeiro de 1998.

## VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003

### DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

redes, e água usada para limpeza de reservatórios), ou mostrarem-se na forma de falhas evidentes (como extravasamento de reservatórios).

A importância dessas perdas é que podem ser significativas em termos volumétricos, e sua redução, em alguns casos, envolve apenas mudanças de procedimentos e melhorias operacionais com pequenos ou nenhum investimento.

A implementação de melhorias na operação e do controle operacional, associado ao treinamento de pessoal, à instalação de alarmes ou à automação, podem reduzir sensivelmente as perdas.

Deve-se lembrar, ainda, que, de uma maneira geral, não existem manuais com regras e procedimentos operacionais claramente definidos nos serviços de saneamento. Em geral, os procedimentos são empíricos e subjetivos, e a responsabilidade da operação do sistema recai sobre poucas pessoas, com grande experiência no serviço.

Mesmo onde há procedimentos estabelecidos, por escrito ou não, nem sempre há o devido treinamento do pessoal de campo, necessário para que se pratique o que foi planejado.

Pode-se dizer, por exemplo, que muitos rompimentos que ocorrem na adução e distribuição de água tratada de um serviço de saneamento são decorrentes de falhas operacionais dos próprios funcionários dos setores de operação e manutenção.

Manobras inadequadas são comuns, como o fechamento ou abertura de válvulas sem controle de tempo, o enchimento ou esvaziamento de redes e adutoras sem controle de velocidades, etc.

Estudos de simulação com modelos matemáticos disponíveis podem e devem ser mais explorados e utilizados pelos prestadores de serviços para definição de regras e procedimentos operacionais, em situações normais de escoamento ou em casos de transientes. A ausência de um *cadastro confiável* não justifica a não utilização desse recurso adicional.

De nada adianta, no entanto, realizar esses estudos sem a participação da operação e sem o treinamento necessário.

Em que pesem todas essas deficiências apontadas, há que se valorizar o pessoal da operação, que recebe as redes e estruturas geralmente sem nenhuma recomendação ou relatório com procedimentos operacionais. São pessoas de grande sensibilidade e capacidade, que geralmente acabam descobrindo, na prática, o que fazer e como operar.

Os projetos, mesmo no nível dos subsistemas de adução, carecem de simulações da operação em condições normais e em transientes, incorporando regras e recomendações ao operador, em linguagem acessível. Novamente, não existe capacitação e treinamento compatível.

**VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003**  
**DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

---

Essa barreira entre o plano e projeto e a operação precisa ser vencida a qualquer custo, por meio do estreitamento do relacionamento entre as áreas e do treinamento de pessoal, sem o que a eficiência operacional do prestador de serviços ficará sempre limitada.

*B) Perdas por vazamentos*

As perdas por vazamentos são decorrentes de rupturas em adutoras, subadutoras, redes e ramais prediais, falhas em conexões e peças especiais, trincas nas estruturas e falhas na impermeabilização das ETA e reservatórios.

Nos casos de vazamentos decorrentes de problemas estruturais, deve-se avaliar a magnitude das perdas para definição se é vantajosa a intervenção corretiva.

Desde que os vazamentos estruturais não impliquem na segurança da obra, a decisão de repará-lo deve ser acompanhada de estimativa de custos para a solução do problema, da avaliação das vazões perdidas e do tempo de retorno do investimento.

No caso de vazamentos por rupturas em adutoras, a instalação de ventosas, cuidados operacionais e manutenção preventiva, podem reduzir o risco de acidentes, com conseqüente redução de perdas.

#### **1.2.4 Causas das perdas físicas**

Como ficou evidenciado anteriormente, as perdas por vazamentos nas tubulações são causadas por rompimentos ou falhas que têm origens múltiplas, as mais diversas e dispersas possíveis.

O quadro 1.2 a seguir apresenta as causas prováveis de falhas e rupturas nas tubulações em função da fase de desenvolvimento do sistema de abastecimento.

VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003  
DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

**Quadro 1.2**

**Causas Prováveis de Falhas e Rupturas em Tubulações**

FASE DA FALHA	CAUSA DA FALHA	CAUSA DA RUPTURA
Planejamento e Projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• subdimensionamento</li> <li>• ausência de ventosas</li> <li>• cálculo transientes</li> <li>• regras de operação</li> <li>• setorização</li> <li>• treinamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sobrepressão</li> <li>• subpressão</li> <li>• sub e sobrepressão</li> <li>• sub e sobrepressão</li> <li>• sobrepressão</li> <li>• sub e sobrepressão</li> </ul>
Construção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• construtivas</li> <li>• materiais</li> <li>• peças</li> <li>• equipamentos</li> <li>• treinamento</li> </ul>	
Operação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• enchimento</li> <li>• esvaziamento</li> <li>• manobras</li> <li>• ausência de regras</li> <li>• treinamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sub e sobrepressão</li> <li>• subpressão</li> <li>• sub e sobrepressão</li> <li>• sub e sobrepressão</li> <li>• sub e sobrepressão</li> </ul>
Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sem prevenção</li> <li>• mal-feita</li> <li>• treinamento</li> <li>• interação operação/usuário</li> <li>• tempo de resposta</li> </ul>	
Expansão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sem projeto</li> <li>• sem visão conjunta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sub e sobrepressão</li> <li>• sub e sobrepressão</li> </ul>

*A) Planejamento e projeto*

Uma obra mal planejada, mal concebida e mal projetada obviamente terá problemas de *performance* durante sua vida útil.

A subestimativa das demandas, baseadas em projeções populacionais ou utilização de consumos “*per capita*” inadequados irá reduzir a vida útil do sistema. Se o inverso ocorrer, está-se investindo mais recursos que o necessário e as obras estarão superdimensionadas.

O cálculo de transientes nos sub-sistemas de adução e a previsão de uso de ventosas é outro ponto crítico a ser considerado no dimensionamento, incluindo-se ainda, a necessidade de se instruir o operador quanto a procedimentos operacionais, por intermédio da elaboração de manuais de operação e treinamento de recursos humanos.

Ressalte-se que essa prática de desenvolver regras operacionais quando da elaboração de projetos e discuti-las com o pessoal de operação não é usual no setor, o que traz dificuldades para os operadores quando do recebimento de novos sistemas.

## VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003

### DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

---

As incorreções ou ausência de informações disponíveis nessa fase de desenvolvimento do sistema trarão como decorrência o aumento da possibilidade de ocorrerem sobre ou subpressões, tornando-o vulnerável a rompimentos no macro e micro-sistema de distribuição, e a conseqüente perda de água.

#### *B) Construção*

Uma boa construção depende de um bom projeto, para que se obtenham os resultados esperados.

A fase de construção é crítica. São milhares de conexões ou soldas, que se não executadas perfeitamente, tornam-se pontos vulneráveis de vazamentos.

Na realidade, antes do início da obra, vem a fase de inspeção do material a ser utilizado na construção.

A qualidade, nesse caso, é vital, e depende, desde a fase de especificação dos materiais no edital até a instalação, da inspeção do fornecedor, do transporte, e do armazenamento e manuseio adequado.

O uso de ferramentas e equipamentos adequados durante a obra, além do treinamento e credenciamento de pessoal operacional, é outro aspecto ligado à qualidade e longevidade da obra.

A fiscalização, nesses casos, fica facilitada, lembrando-se, no entanto, que não se pode prescindir nunca de testes de estanqueidade para o recebimento da obra.

Os pontos mais relevantes a serem observados para a construção e recebimento de obras de saneamento estão citados no DTA C3.

Deve-se lembrar, ainda, que, nessa fase, deve ser realizado o cadastro da obra, no qual as alterações de campo devem ser incorporadas ao projeto, que deve ser tratado e guardado como um patrimônio do serviço, sendo fonte fidedigna de informações durante a vida útil da obra.

#### *C) Operação, manutenção e expansão do sistema*

Conforme afirmado anteriormente, a boa operação e manutenção permite que o sistema de abastecimento atenda satisfatoriamente ao cliente ou consumidor.

A boa operação reduz o risco de rompimentos e das conseqüentes perdas, propiciando uma menor freqüência de interrupções e desabastecimentos de água. Além disso, permite o deslocamento de quadros do prestador de serviços para que a manutenção preventiva possa ocorrer, em contraposição à manutenção tipicamente corretiva.

O desenvolvimento e registro de procedimentos e manuais de operação, já comentado, também é uma prática pouco comum no Setor Saneamento, em contraposição ao que ocorre em indústrias.

## VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003

### DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

---

Tal prática traz como decorrência uma operação geralmente subjetiva e pessoal, em que as decisões são tomadas mais em função da experiência adquirida por tentativas e exercícios práticos, do que em embasamento técnico e conhecimento adquirido pelo estudo do sistema.

Em função dessas características, a qualidade e o controle operacional tendem a ser nivelados por baixo, e o desenvolvimento operacional e o treinamento são relegados a segundo plano.

Por outro lado, há que se reconhecer que os sistemas de abastecimento em operação são geralmente muito diferentes daqueles planejados e construídos inicialmente.

O crescimento acelerado e desordenado dos núcleos urbanos, principalmente nas décadas de 70 e 80, associado muitas vezes ao baixo nível de atendimento da população com serviços de saneamento forçaram os prestadores de serviços a atenderem ao maior número de usuários possível com obras improvisadas.

Com isso, os sistemas de abastecimento de água, se originalmente planejados, foram distorcidos e seu desconhecimento, incluindo-se aí o cadastro de redes, levou à prevalência da improvisação e do empirismo na operação.

Pode-se dizer, novamente, que essa característica é observada em quase todos os serviços de saneamento do país, por conta dessa explosão populacional e desordem urbana. A ausência de setorização, com múltiplas zonas de mistura, é uma das conseqüências desse processo histórico.

Contudo, se tal panorama não for alterado, a tendência é que cada vez mais o Setor Saneamento se afastará da técnica e se apoiará no empirismo e improvisação.

A reversão observada no ritmo de crescimento populacional no país nos últimos anos é um ponto relevante para que mudanças de comportamento possam ocorrer no setor.

Pode-se afirmar que as obras de saneamento que foram, estão sendo e serão construídas com projetos desenvolvidos até aproximadamente o início da década de 90 estão superdimensionadas, salvo raras exceções. A vida útil das obras construídas nos últimos dez anos será, nesses termos, muito superior ao planejado.

Como decorrência, os investimentos em expansões deverão ser menores, requerendo-se, contudo, aumentar a *performance* do sistema.

Como muitas vezes os sistemas não são operados conforme as condições previstas nas fases de planejamento e projeto (devido a expansões e adaptações não planejadas do sistema existente, ou, ainda, à inexistência de procedimentos operacionais documentados), os rompimentos e perdas físicas podem ser causados por essas adaptações ou manobras inadequadas.

**VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003**  
**DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Assim, a manutenção preventiva de adutoras, peças especiais, instalação de ventosas e o desenvolvimento de procedimentos operacionais são essenciais para reduzir rompimentos e desperdícios.

Os materiais e equipamentos utilizados e os procedimentos adotados na implementação de um sistema de abastecimento estão continuamente evoluindo, do ponto de vista tecnológico.

Portanto, a seleção de materiais e equipamentos, a inspeção, os procedimentos construtivos e a fiscalização e o recebimento da obra têm um peso considerável sobre a qualidade do sistema e sua vida útil, devendo ser valorizados para que as perdas sejam desprezíveis em novos sistemas a implementar.

Destaque-se aqui a exigência de teste hidrostático para recebimento de redes novas.

A automação é outro item relevante, podendo ser implementada gradual e setorialmente, reduzindo a possibilidade de manobras e operações inadequadas praticadas pelos operadores.

### **1.3 Perdas Não Físicas**

As perdas não físicas correspondem aos volumes não faturados, ou seja, a água que é consumida pelo usuário e não faturada pelo serviço.

O quadro 1.3 sintetiza os principais itens causadores de perdas de faturamento, indicando qualitativamente suas magnitudes em função das características do serviço.

**Quadro 1.3**  
**Perdas Não Físicas: Origem e Magnitude**

	ORIGEM	MAGNITUDE
PERDAS DE FATURAMENTO	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	
	Número de economias errado	

As perdas não físicas são normalmente expressivas e podem representar 50% ou mais do percentual de água não faturada, dependendo de aspectos técnicos como critérios de dimensionamento e manutenção preventiva de hidrômetros, e de procedimentos comerciais e de faturamento, que necessitam de um gerenciamento integrado.

## VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003

### DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A grande dificuldade para o controle e redução das perdas não físicas, assim como no caso das perdas físicas, reside exatamente na questão do gerenciamento integrado.

É freqüente encontrar serviços de saneamento que operam sob uma estrutura administrativa com alto grau de setorização, na qual os objetivos e orientações são próprios e acontecem de forma subjetiva e em função da experiência e percepção de cada gerente do setor. A integração, nesses casos, é deficiente, casuística, e em função de afinidades pessoais.

Como a redução de perdas requer ampla integração, definição clara de objetivos e grande participação de todo o serviço, muitos programas de controle não são bem-sucedidos ou têm os resultados positivos anulados em curto espaço de tempo, se as transformações forem de caráter temporário.

A título de ilustrar a distribuição de perdas em um sistema público de abastecimento, o quadro 1.4 a seguir apresenta os resultados dos estudos conduzidos pela SABESP para a Região Metropolitana de São Paulo.

Trata-se de um estudo de grande envergadura, no qual procurou-se quantificar as perdas físicas e de faturamento em todo o sistema metropolitano, informações estas dificilmente quantificadas e disponíveis.

Verifica-se pelas estimativas dos valores encontrados que, em 1993, as perdas totais, que eram de 40%, tinham origem nas perdas físicas, quantificadas em 51% do total, e nas perdas não físicas, quantificadas em 49% do total.

**Quadro 1.4**  
**Distribuição das Perdas na RMSP (SABESP, 1993)**

Tipo de perda	Hipótese de trabalho (m <sup>3</sup> /s)	Perdas ( % )		
		Físicas	Não Físicas	Totais
Vazamentos	8,9	47,6	-	47,6
Macromedicação	1,0	-	5,3	5,3
Micromedicação	3,8	-	20,3	20,3
Habitações sub-normais	1,8	3,4	6,3	9,7
Gestão comercial	3,2	-	17,1	17,1
Total	18,7	51,0	49,0	100,0

Ressalte-se, nesse estudo, a relevância das perdas de faturamento, indicando que melhorias na gestão comercial e de manutenção preventiva de hidrômetros poderiam reduzi-las sensivelmente.

Portanto, especial atenção deve ser dada, quanto às perdas de faturamento, ao cadastro de consumidores e sua permanente atualização, bem como à política de micromedicação e manutenção preventiva de hidrômetros.

VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003  
DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

---

O grande desafio é a integração dos setores técnico, comercial (atendimento ao usuário) e de faturamento do serviço de saneamento, envolvendo:

- o dimensionamento do hidrômetro e o acompanhamento de sua adequação aos consumos observados (geralmente não realizado);
- a leitura e emissão de contas, associada a uma política de cortes de inadimplentes (nem sempre existente); e
- a manutenção preventiva de hidrômetros, por intermédio do acompanhamento de sua *performance* no tempo, feito por análises de consumo, de idade e dos volumes totais medidos (freqüentemente não realizada).

## 2. ESTUDOS NACIONAIS E ESTRANGEIROS SOBRE INDICADORES DE PERDAS

Os métodos para levantamento de informações e construção de indicadores recomendados no Capítulo 4 decorrem da análise de diferentes estudos, dentre os quais se destacam os aqui descritos.

Da comparação entre os indicadores de possíveis perdas nos sistemas analisados, observa-se que dependendo do critério adotado, ocorrem mudanças importantes no ordenamento dos serviços, no que respeita à eficiência no uso da água. De acordo com as tendências mais recentes, consolidadas em publicação da IWA (International Water Association) – Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água-, os indicadores percentuais, em geral, têm tido sua validade muito questionada.

A avaliação de eficiência dos serviços no uso da água pode ser feita mediante uma multiplicidade de indicadores, sendo que o principal questionamento com respeito aos percentuais deve-se ao fato de que estes conferem uma aparência de homogeneidade a serviços que trabalham sob condições operacionais muito diferentes. Um dos trabalhos mais completos acerca da eficiência das redes de água foi elaborado pela Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux - AGHTM<sup>2</sup> do qual se apresenta, a seguir, um resumo dos principais indicadores utilizados.

### 2.1 Estudos da AGHTM

São considerados, para fins de avaliação de eficiência dos serviços, os seguintes conceitos de volumes:

- Produção
  1. Volumes mobilizados - volumes resultantes da ação do homem para modificar as reservas naturais.
  2. Volumes captados - volumes subtraídos do meio natural pelas obras relativas ao serviço previsto para esse fim.
  3. Volumes de perda em adução - volumes trocados com o meio externo nas obras de adução. Podem ser perdas propriamente ditas (quando há vazamentos), ou acréscimos eventuais (*perdas negativas*), quando as obras de adução recebem contribuições extras de vazões não perenes, em época de chuva ou por percolação de aquíferos subterrâneos. Estes volumes são apenas detectáveis quando há medição a montante das ETA.

---

<sup>2</sup> AGHTM - "Rendement des réseaux d'eau potable. Définition des termes utilisés". Revue Techniques, Sciences, Méthodes, 4 Bis, 1990.

**VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003**  
**DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

---

4. Volumes entrantes nas ETA - volumes medidos na entrada das ETA. São equivalentes aos volumes captados [2], sempre que as adutoras sejam estanques (ou que a captação se faça imediatamente a montante da ETA) e que não exista aporte de água bruta de outras unidades.
5. Volumes de operação das ETA - volumes necessários à operação das ETA e dispostos externamente (para lavagem de filtros, etc.). Esses volumes correspondem à diferença entre volumes entrantes [4] e produzidos [6].
6. Volumes produzidos - volumes de saída das ETA, para entrada nas redes de distribuição.
- Distribuição
7. Volumes importados - volumes de água tratada provenientes de um serviço externo (ao considerado) de água. Não se confundem com aportes externos de água bruta a montante do tratamento. No Brasil designa-se a operação comercial relativa à importação como compra de água no atacado.
8. Volumes exportados - volumes de água tratada despachados a um serviço externo ao considerado. Essa operação comercial é designada, no Brasil, analogamente à anterior, como venda de água no atacado.
9. Volumes disponibilizados para distribuição - soma algébrica dos volumes produzidos, importados e exportados.
10. Volumes contabilizados (ou micromedidos) - soma das leituras de hidrômetros em ligações medidas.
11. Volumes de consumidores não medidos - volumes fornecidos sem medição a usuários conhecidos e autorizados. Corresponde, no Brasil, em linhas gerais, ao conceito de volumes estimados. Não inclui os volumes de serviço da rede [12].
12. Volumes de serviço da rede - volumes utilizados para operar a rede de distribuição. São volumes plenamente conhecidos pelo operador e destinam-se a manutenção de reservatórios, a sangrias na rede e outros usos intrínsecos à operação do sistema.
13. Volumes operacionais extraordinários - volumes também destinados à operação da rede; porém, têm caráter incidental. Correspondem a extravasões ocasionais em reservatórios, a comportas mal fechadas, etc. Por serem de caráter incidental, não são plenamente conhecidos, mas são contabilizáveis.
14. Volumes desviados - volumes utilizados de forma fraudulenta.
15. Volumes de vazamentos - volumes perdidos resultantes de falhas na estanqueidade das redes.

**VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003**  
**DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

---

16. Volumes mal contabilizados - volumes resultantes da imprecisão ou do mau funcionamento dos medidores, das omissões e dos erros de avaliação e de leitura.
17. Volumes de perdas na distribuição - soma algébrica dos volumes de vazamentos [15], dos operacionais extraordinários [13], dos desviados [14] e dos mal contabilizados [16].
18. Volumes utilizados - soma algébrica dos volumes contabilizados (micromedidos) [10], dos consumidos não medidos (estimados) [11], dos de serviço da rede (operacionais) [12], dos desviados (fraudados) [14] e dos mal contabilizados [16]. Compreende parte das perdas de distribuição. Corresponde, em linhas gerais, ao conceito de volumes consumidos nos termos do SNIS.

- Conjunto do serviço

19. Volumes totais aportados (ao serviço) - soma de todos os volumes captados, mais os de água bruta desviados de outros serviços, mais os acréscimos eventuais de adução (no conceito de *perdas negativas* [3] ) e mais os volumes importados (compra no atacado) [7]. Este indicador é elemento básico para o estabelecimento do balanço hídrico de necessidades e disponibilidades do sistema.
20. Volumes faturados - volumes faturados totais, incluindo consumos mínimos cobrados mediante tarefa fixa, volumes exportados faturados (venda no atacado) e quaisquer outras vazões vendidas.

Esquemáticamente, a distribuição dos volumes aqui caracterizados dá-se conforme o diagrama do quadro 2.1, também adaptado do trabalho da AGHTM.

A partir desses conceitos foi estabelecida uma série de indicadores de rendimento dos serviços (em relação ao aproveitamento da água), descritos resumidamente a seguir.

- A. Rendimento primário  $[R_1]$  - percentual do volume medido [10] sobre volume disponibilizado para distribuição [9].

$$R_1 = \frac{100 \times V \text{ medido [10]}}{V \text{ disponibilizado para distribuição [9]}}$$

- B. Rendimento de volumes consumidos  $[R_2]$  - o anterior,  $[R_1]$ , mais o percentual do volume fornecido a consumidores não medidos [11] sobre volume disponibilizado para distribuição [9].

$$R_2 = R_1 + P_1$$

em que

$$P_1 = 100 \times \frac{V \text{ consumido não medido [11]}}{V \text{ disponibilizado para distribuição [9]}}$$

C. Rendimento líquido  $[R_3]$  - o anterior,  $[R_2]$ , mais o percentual do volume de serviço da rede [12] sobre volume disponibilizado para distribuição [9].

$$R_3 = R_1 + P_1 + P_2$$

em que

$$P_2 = 100 \times \frac{V \text{ de serviço da rede [12]}}{V \text{ disponibilizado para distribuição [9]}}$$

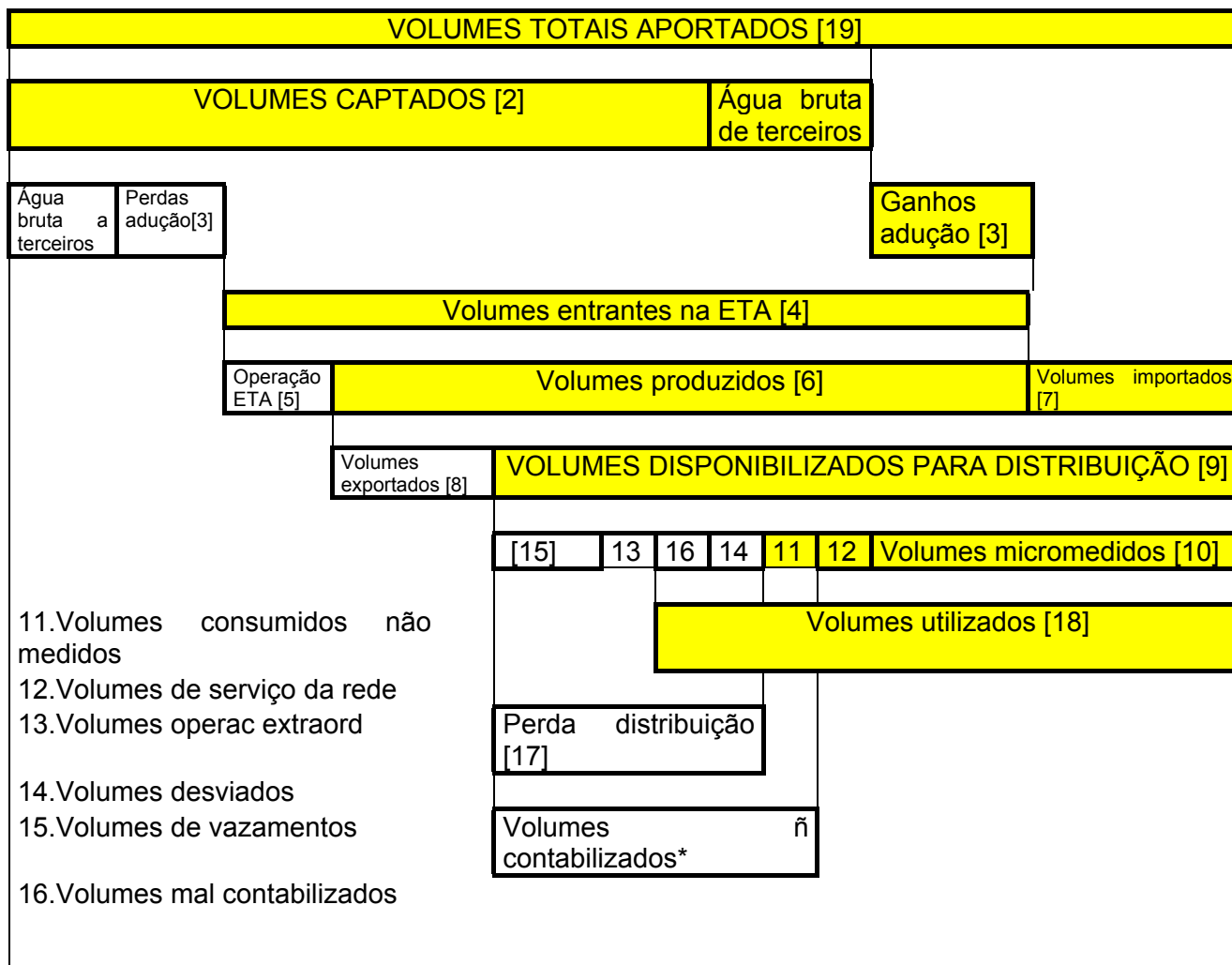
D. Rendimento hidráulico da rede  $[R_4]$  - relação percentual entre soma dos volumes de água bruta destinada a outros serviços, dos volumes exportados [8], dos volumes de operação das ETA [5] e dos volumes utilizados [18] sobre volume total aportado [19].

$$R_4 = 100 \times \frac{V \text{ água bruta destinado a outro serviço} + V \text{ exportado [8]} + V \text{ operação ETA [5]} + V \text{ utilizado [18]}}{V \text{ total aportado [19]}}$$

E. Porcentagem das perdas na distribuição [PP] - volume de perdas na distribuição [17] sobre volume disponibilizado para distribuição [9]. Esta porcentagem é o complemento do rendimento líquido  $[R_3]$ .

$$PP = 100 \times \frac{V \text{ perdas na distribuição [17]}}{V \text{ disponibilizado para distribuição [9]}}$$

QUADRO 2.1 – DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES CARACTERIZADOS PELA AGHTM (1990).



\*) Conceito mais amplo que volumes “não medidos” [11] e “mal contabilizados” [16].

F. Percentagem de volumes não consumidos [PNC] - volume disponibilizado para distribuição [9], menos volume medido [10], menos volume consumido não medido [11] sobre volume disponibilizado para distribuição [9].

**VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003**  
**DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

---

$$PNC = 100 \times \frac{V \text{ disponibilizado para distribuição [9]} - V \text{ medido [10]} - V \text{ consumido não medido [11]}}{V \text{ disponibilizado para distribuição [9]}}$$

G. Porcentagem de vazamentos [PV] - volume de vazamentos [15] sobre volume disponibilizado para distribuição [9].

$$PV = 100 \times \frac{V \text{ vazamentos [15]}}{V \text{ disponibilizado para distribuição [9]}}$$

H. Razão financeira [RF] - volume faturado [20] sobre volume total aportado [19].

$$RF = 100 \times \frac{V \text{ faturado [20]}}{V \text{ total aportado [19]}}$$

I. Índice Linear de Perdas na Distribuição (ILP) - volume de perdas na distribuição [17] sobre extensão das redes, em base diária (m<sup>3</sup>/km.dia).

$$ILP = \frac{V \text{ perdas na distribuição [17]}}{L \text{ condutos de adução + distribuição + ligação}}$$

J. Índice Linear de Vazamentos (ILV) - volume de vazamentos [15] sobre extensão da rede, em base diária (m<sup>3</sup>/km.dia).

$$ILV = \frac{V \text{ de vazamentos [15]}}{L \text{ condutos de adução + distribuição + ligação}}$$

K. Índice Linear de Consumo Líquido [ILCL] - soma dos volumes medidos [10], de consumo não medido (estimado) [11] e de serviço da rede [12], sobre extensão da rede, em base diária (m<sup>3</sup>/km.dia).

$$ILCL = \frac{V \text{ medido [10]} + V \text{ consumo não medido [11]} + V \text{ de serviço na rede [12]}}{L \text{ condutos de adução + distribuição + ligação}}$$

L. Índice Superficial de Perdas [ISP] - volume de perdas na distribuição [17] sobre superfície interna dos condutos, em base anual ( $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{ano}$ ).

$$\text{ISP} = \frac{\text{V perdas na distribuição [17]}}{\text{Superfície interna dos condutos de adução + distribuição + ligação}}$$

M. Índice Linear de Reparos [ILR] - número anual de reparos sobre extensão da rede (ocorrências/km.ano).

$$\text{ILR} = \frac{\text{Número anual de reparos}}{\text{L condutos de adução + distribuição + ligação}}$$

N. Índice Demográfico de Consumo Líquido [IDCL] - relação entre a soma dos volumes medidos [10], estimados [11] e de serviço da rede [12] e a população recenseada, em base anual ( $\text{m}^3/\text{hab.ano}$ ).

$$\text{IDCL} = \frac{\text{V micromedido [10] + V estimado [11] + V serviço da rede [12]}}{\text{População recenseada}}$$

Observa-se que a maioria dos indicadores trabalhados no estudo citado (de [A] a [H]) é do tipo relação percentual entre volumes. Mais do que o significado específico de cada um deles é importante destacar que a validação dessas relações assenta-se em uma complementaridade de indicadores, que, juntos, formam um quadro abrangente dos serviços. A formulação conduz a uma avaliação múltipla de relações, e em nenhum momento atribui-se a uma delas isoladamente o atributo de sintetizar a eficiência do serviço.

A obtenção dos dados primários sobre os quais se estabelecem essas relações pode envolver esforços de monitoramento distantes da realidade atual da maioria dos serviços no Brasil. Por exemplo, a distinção entre volumes mal contabilizados, não medidos (estimados) e não contabilizados, dificilmente seria detectável com base nos dados operacionais correntemente apropriados pelos serviços no Brasil. O monitoramento das perdas (ou ganhos) na captação e dos balanços de volumes entrantes na distribuição e respectivas destinações específicas depende de macromedição e setorização completas, o que também constitui meta ainda não satisfeita para a maioria dos serviços.

Estabelece-se, nesses termos, uma estreita relação entre a capacidade de se medir e o nível de desenvolvimento operacional dos serviços, chegando-se ao paradoxo de que os que seriam presumivelmente mais ineficientes são os mesmos sobre os quais se têm menos informações objetivas.

## **2.2 Proposições Recentes da IWA<sup>3</sup>**

No ano 2000 a IWA –International Water Association – trouxe a público um manual de melhores práticas para avaliação do desempenho de sistemas de abastecimento de água denominado “Performance Indicators for Water Supply Services” com versão em português editada pelo LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Além de estar tendo aceitação em diversos países, há a recomendação da AWWA – American Water Works Association para a sua utilização, o que é um indicativo de que as recomendações da IWA deverão ser de uso praticamente generalizado de ora em diante. A SABESP, por exemplo, tem feito aplicações piloto dos indicadores recomendados.

A proposição incorpora 133 indicadores de desempenho discriminados em seis grupos: indicadores de recursos hídricos (2), indicadores de recursos humanos (22), infra-estruturais (12), operacionais (36) de qualidade do serviço (25) e econômico-financeiros (36).

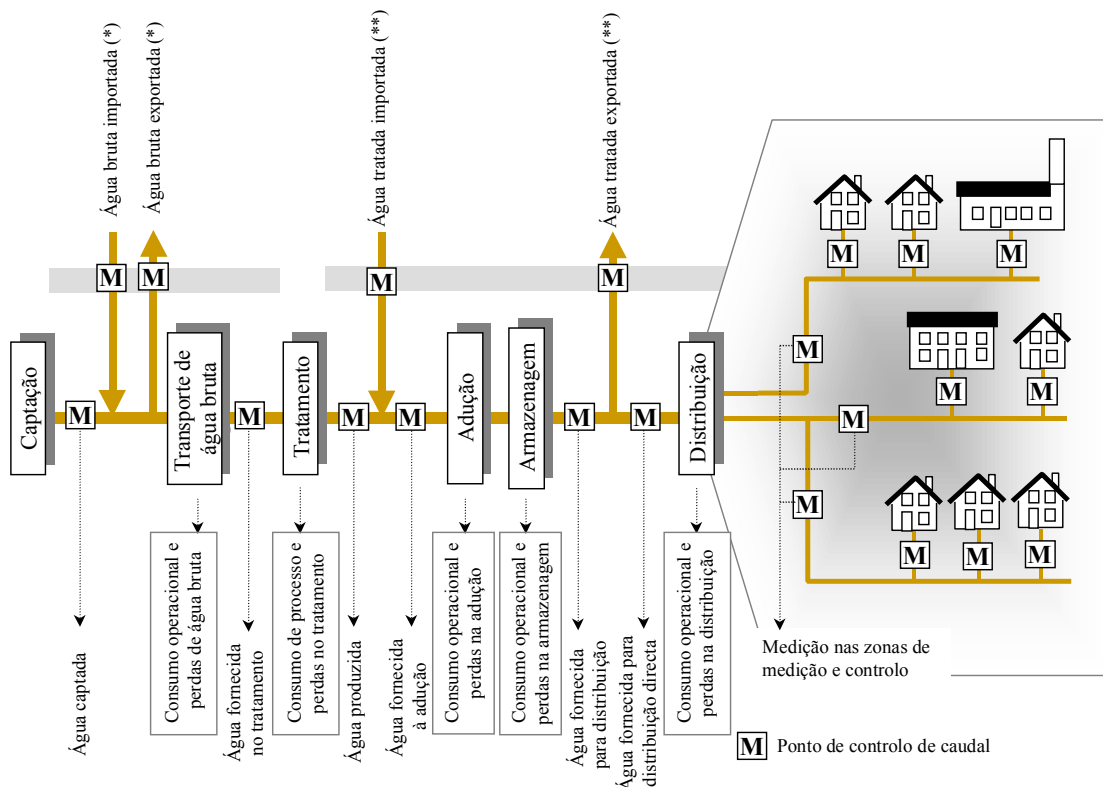
O produto desenvolvido pelo grupo de trabalho “Indicadores de Desempenho” da IWA teve como base a definição de questões fundamentais para a determinação dos indicadores propostos: os componentes do balanço hídrico e a localização dos pontos de medição de vazão (Figura 2.1 e Quadro 2.2) e as principais definições associadas.

---

<sup>3</sup> Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J. M. e Parena, R. (2000). *Performance Indicators for Water Supply Services*. International Water Association – IWA, Londres, Inglaterra, 162p.

**Figura 2.1**

Componentes do Balanço Hídrico e Pontos de Medição de Vazão



(\*) - a importação ou a exportação de água bruta podem ocorrer em qualquer ponto a montante do tratamento

(\*\*) - a importação ou a exportação de água tratada podem ocorrer em qualquer ponto a jusante do tratamento

As principais definições associadas a este balanço são a seguir apresentadas:

**ÁGUA CAPTADA:** volume anual de água obtida a partir de captações de água bruta para entrada em estações de tratamento de água (ou diretamente em sistemas de adução e de distribuição).

**ÁGUA BRUTA, IMPORTADA OU EXPORTADA:** volume anual de água bruta transferido de e para outros sistemas de adução e distribuição (as transferências podem ocorrer em qualquer ponto entre a captação e a estação de tratamento).

**ÁGUA FORNECIDA AO TRATAMENTO:** volume anual de água bruta que aflui às instalações de tratamento.

**ÁGUA PRODUZIDA:** volume anual de água tratada que é fornecida às condutas de adução ou diretamente ao sistema de distribuição.

**ÁGUA TRATADA, IMPORTADA OU EXPORTADA:** volume anual de água tratada transferido de e para o sistema (as transferências podem ocorrer em qualquer ponto a jusante do tratamento).

**ÁGUA FORNECIDA À ADUÇÃO:** volume anual de água tratada afluyente ao sistema de adução.

**ÁGUA FORNECIDA PARA DISTRIBUIÇÃO:** volume anual de água tratada fornecida ao sistema de distribuição.

## VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003

### DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

---

ÁGUA FORNECIDA PARA DISTRIBUIÇÃO DIRETA: diferença entre a ÁGUA FORNECIDA PARA DISTRIBUIÇÃO e a ÁGUA TRATADA EXPORTADA (sempre que não seja possível separar a adução da distribuição, a água fornecida para distribuição direta corresponde à diferença entre a ÁGUA FORNECIDA À ADUÇÃO e a ÁGUA TRATADA EXPORTADA).

ÁGUA ENTRADA NO SISTEMA: volume anual introduzido na parte do sistema de abastecimento de água que é objeto do cálculo do balanço hídrico.

CONSUMO AUTORIZADO: volume anual de água, medido ou não medido, fornecido a consumidores registrados, à própria entidade gestora e a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo para usos domésticos, comerciais e industriais. Inclui a ÁGUA EXPORTADA.

PERDAS DE ÁGUA: diferença entre a ÁGUA ENTRADA NO SISTEMA e o CONSUMO AUTORIZADO. As perdas de água podem ser consideradas para todo o sistema, ou calculadas em relação a sub-sistemas como sejam a rede de água não tratada, o sistema de adução ou o de distribuição. Em cada caso as componentes do cálculo são consideradas em conformidade com a situação. As PERDAS DE ÁGUA dividem-se em PERDAS REAIS e PERDAS APARENTES.

PERDAS REAIS: perdas físicas de água do sistema em pressão, até ao contador do cliente. O volume anual de perdas através de todos os tipos de fissuras, rompimentos e extravasamentos depende da frequência, da vazão e da duração média de cada vazamento.

PERDAS APARENTES (OU NÃO FÍSICAS): contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não-autorizado (por furto ou uso ilícito).

ÁGUA NÃO FATURADA: diferença entre os totais anuais da ÁGUA ENTRADA NO SISTEMA e do CONSUMO AUTORIZADO FATURADO. A ÁGUA NÃO FATURADA inclui não só as PERDAS REAIS e APARENTES, mas também o CONSUMO AUTORIZADO NÃO FATURADO.

No Quadro 2.2 está indicada a forma de cálculo e apresentada a terminologia recomendada para o cálculo do balanço hídrico de uma ou mais partes de um sistema de abastecimento de água.

Algumas adequações serão necessárias para a aplicação deste balanço ao caso brasileiro visto não haver distinção entre volumes consumidos e volumes faturados. No Brasil, na maioria dos casos, estes volumes são diferentes, particularmente nas faixas de menor consumo onde a tarifa mínima corresponde a um volume mínimo normalmente não consumido na íntegra.

## Quadro 2.2

### Componentes do Balanço de Águas

A	B	C	D	E
Água entrada no sistema [m³/ano]	[m³/ano]	Consumo autorizado faturado [m³/ano]	Consumo faturado medido (incluindo água exportada) [m³/ano]	Água faturada [m³/ano]
			Consumo faturado não medido [m³/ano]	
		Consumo autorizado não faturado [m³/ano]	Consumo não faturado medido [m³/ano]	Água não faturada (perdas comerciais) [m³/ano]
			Consumo não faturado não medido [m³/ano]	
	Perdas de água [m³/ano]	Perdas aparentes [m³/ano]	Uso não autorizado [m³/ano]	
			Erros de medição [m³/ano]	
		Perdas reais [m³/ano]	Perdas reais nas tubulações de água bruta e no tratamento (quando aplicável) [m³/ano]	
			Fugas nas tubulações de adução e/ou distribuição [m³/ano]	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m³/ano]	
			Fugas nos ramais (a montante do ponto de medição) [m³/ano]	

## 2.3 Indicadores de Desempenho no Brasil

Entre os indicadores trabalhados pela AGHTM (1990), os penúltimos da série (de [I] a [M]) referem-se a relações físicas entre volumes e rede. Atualmente, nos foros setoriais nacionais (ver seção 2.3) e internacionais, existe uma preferência nítida destes com relação aos percentuais, considerando sua maior precisão na detecção direta de eficiência em diferentes condições de operação, sem a necessidade de valer-se de um número tão grande de indicadores complementares. O indicador designado como Índice Linear de Perdas na Distribuição [ILP] no estudo da AGHTM corresponde basicamente ao conceito de perda física linear trabalhado pela IWA.

A par daquele, os trabalhos da IWA indicam também ser oportuno se trabalhar com índices de perda por economia abastecida, o que resultará em uma unidade de volume por economia, por dia.

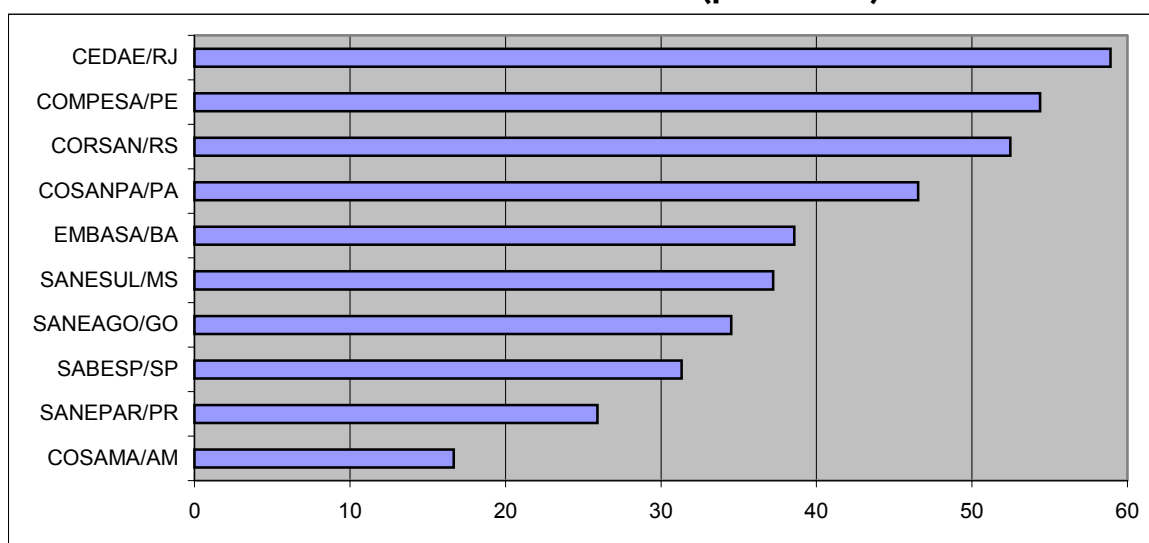
Dentro deste enfoque, a partir de dados do SNIS (2001), procedeu-se a uma ordenação de alguns serviços brasileiros, com base em três indicadores:

- volume não faturado sobre volume produzido, em percentual, no conceito de perda de faturamento;
- perda física por extensão de rede, em  $m^3/km/dia$ , na hipótese de 50% das perdas totais (de faturamento) corresponderem a perdas físicas; e
- perda física por economia, em  $m^3/economia/dia$ , na mesma hipótese de relação perda física/perda total do caso anterior.

Essas ordenações são exibidas nos gráficos que seguem.

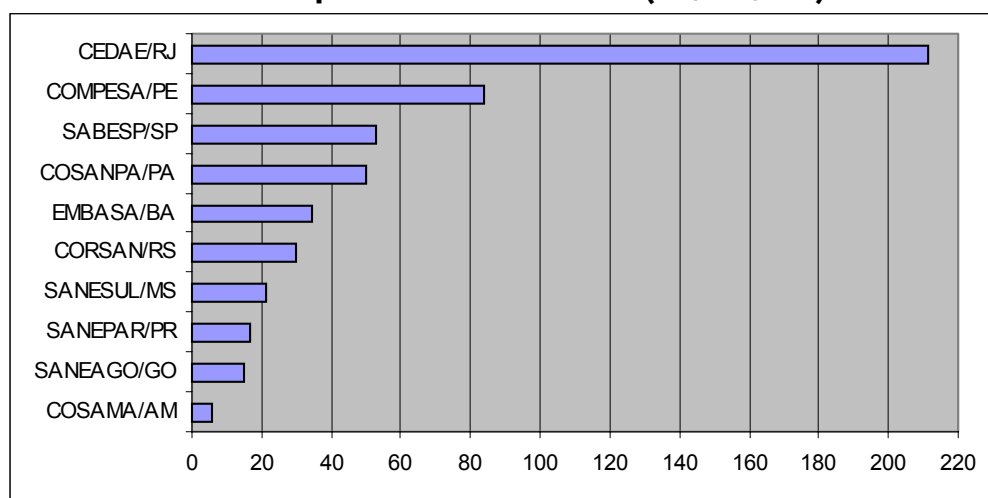
### Gráfico 1 (G1)

#### Volume não Faturado sobre Volume Produzido (percentual) - dados de 2001



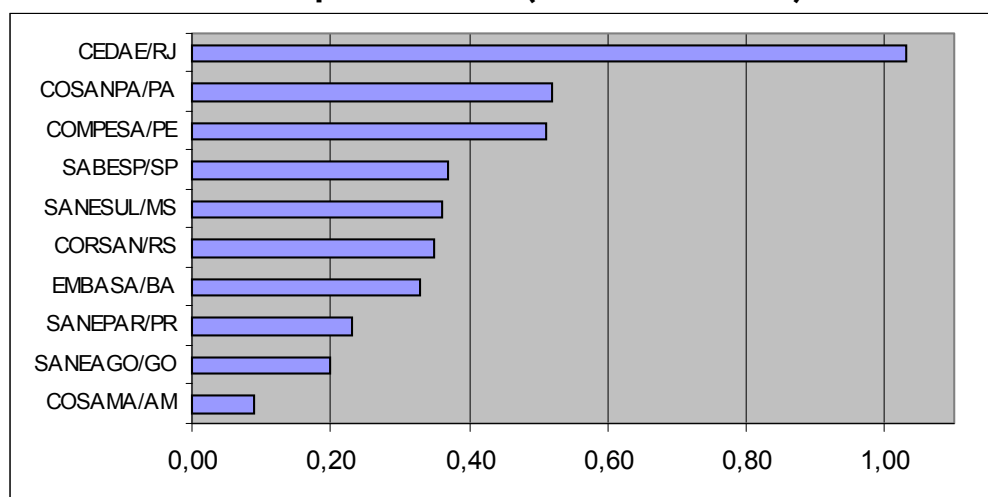
**Gráfico 2 (G2)**

**Possível Perda Física por Extensão de Rede (m<sup>3</sup>/km/dia) - dados de 2001**



**Gráfico 3 (G3)**

**Possível Perda Física por Economia (m<sup>3</sup>/economia/dia) - dados de 2001**



As comparações entre as três ordenações, em que pesem possíveis imprecisões decorrentes das hipóteses assumidas, mostram que os critérios adotados resultam em diferenças na classificação de desempenho dos serviços. Entre os dois gráficos que representam indicadores físicos (G2 e G3), as tendências gerais são aproximadamente as mesmas, na medida em que um serviço não sobe ou desce mais que um degrau na escala de ordenação. No entanto, quando comparados ao G1, observa-se diferença mais acentuada na ordenação, com reflexos sobre a suposta escala de eficiência.

No escopo deste estudo não interessa questionar a eficiência de um ou outro dos serviços analisados. Contudo, interessa destacar-se que as diferenças de critérios são marcantes e que os critérios representados nos gráficos G2 e G3 levam em conta um maior número de variáveis

operacionais que o representado em G1, tendendo, portanto, a refletir com maior precisão a realidade.

## **2.4 Estudos da AESBE e ASSEMAE**

A Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais - AESBE - e a Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento - ASSEMAE - criaram, em setembro de 1997, um grupo de trabalho específico, voltado à discussão e ao desenvolvimento de alternativas para os indicadores de desempenho operacional e gerencial dos serviços, com destaque para os indicadores de perdas.

Referindo-se aos indicadores de perdas estabelecidos pela metodologia antiga<sup>4</sup>, aceita pelo setor no Brasil, ao longo da vigência do PLANASA, os estudos levantam as seguintes observações:

- grande parte das companhias estaduais e serviços autônomos não dispõe de macromedição nos seus sistemas produtores, obrigando a serem efetuadas estimativas imprecisas do volume produzido, por métodos diversos;
- o volume micromedido apresenta inadequações decorrentes da inexistência de sistemáticas de manutenção preventiva dos hidrômetros instalados, fato este que agrava a ocorrência de sub-medições;
- é extremamente diversificada a metodologia utilizada para determinação do volume consumido, em face dos critérios adotados para projeção do volume estimado. Alguns prestadores consideram apenas o volume estimado projetado para as ligações não medidas, enquanto outros consideram, além dessas ligações, consumos operacionais e fornecimentos especiais;
- não há uniformidade entre os prestadores sobre o ponto de medição do volume produzido; e
- existe um certo consenso quanto à confiabilidade dos dados de volume faturado, uma vez que os mesmos são oriundos dos sistemas comerciais e estes, na maioria dos prestadores, têm desempenho satisfatório (AESBE/ASSEMAE, 1997)<sup>5</sup>.

Os estudos partem, nesses termos, do reconhecimento de que os indicadores percentuais com base no volume produzido são falhos, a começar pelo próprio método de detecção deste. Além do já referido ponto de medição - no sentido de onde exatamente localizar os macromedidores na seqüência de produção -, o estudo aponta para problemas de imprecisão dos medidores, de erros nas

---

<sup>4</sup> Índice de perdas de água, definido mediante relação entre volume consumido e volume produzido; índice de perda de faturamento, definido pela relação entre volume faturado e volume produzido.

<sup>5</sup> AESBE/ASSEMAE (1997) - Indicadores de perdas nas entidades prestadoras de serviços públicos de saneamento. Documento Preliminar.

estimativas de produção, e de simples inexistência de medidores. Em pesquisa realizada sobre 39 sistemas no Brasil (ver Capítulo 3), constatou-se que uma proporção expressiva destes (36%) não conta com macromedição, ou a tem apenas parcialmente (41%).

Os estudos AESBE/ASSEMAE, em grande parte incorporados ao Capítulo 4 deste DTA, propunham preliminarmente a consideração dos índices que se seguem:

A. Índice de Perda de Água (Água Não Contabilizada)

$$IPA = \frac{\text{Volume produzido} - \text{Volume utilizado}}{\text{Volume produzido}} \times 100$$

O VP (Volume produzido) é o volume de água tratada disponibilizada para consumo medido na saída das ETA ou unidades de tratamento simplificado, e o VU (Volume utilizado), a somatória dos volumes micromedido, estimado, recuperado (de ligações clandestinas e fraudes), operacional (desinfecção, testes), e especiais (bombeiros, suprimento social, etc.).

B. Índice de Perda de Faturamento (Água Não Faturada)

$$IPF = \frac{\text{Volume produzido} - \text{Volume faturado}}{\text{Volume produzido}} \times 100$$

O VF (Volume faturado) corresponde ao volume de água (medida, presumida, estimada, contratada, mínima ou informada) faturado.

C. Indicadores operacionais complementares

- Perda de Água por Extensão de Rede

$$IPR = \frac{\text{Volume produzido} - \text{Volume utilizado}}{\text{Extensão de rede} \times \text{Número de dias}}$$

- Índice de Perda de Água por Ligação

$$IPL = \frac{\text{Volume produzido} - \text{Volume utilizado}}{\text{Número total de ligações} \times \text{Número de dias}}$$

- Índice de Perdas na Produção

$$IPP = \frac{\text{Volume captado} - \text{Volume produzido}}{\text{Volume captado}} \times 100$$

- Índice de Macromedição de Distribuição

$$IMD = \frac{\text{Volume produzido macromedido}}{\text{Volume produzido}} \times 100$$

○ Volume produzido macromedido é aquele medido na saída das ETA por meio de macromedidores permanentes.

- Índice de Hidrometração

$$IH = \frac{\text{Nº total de ligações faturadas medidas}}{\text{Nº total de ligações faturadas}} \times 100$$

- Eficiência da Micromedição

$$EM = \frac{\text{Nº total de hidrômetros funcionando nos ramais prediais}}{\text{Nº total de hidrômetros instalados nos ramais prediais}} \times 100$$

- Índice de Ligações Inativas

$$ILI = \frac{\text{Nº total de ligações de água inativas}}{\text{Nº total de ligações de água (ativas + inativas)}} \times 100$$

Os estudos da AESBE/ASSEMAE convergem com os da AGHTM e da IWA no sentido de reconhecer que não é apenas um indicador isolado que dá conta de toda a complexidade das perdas nos sistemas públicos de abastecimento. Reconhecem ser necessário combinar indicadores percentuais com indicadores físicos apurados por extensão de rede ou por economia, como base para qualquer comparação de desempenho.

## 2.5 Tendências Comuns na Determinação de Indicadores

Os critérios de estimativa e contabilização de perdas propostos pelas diferentes entidades citadas na seção anterior são convergentes em vários aspectos. Dentre as diretrizes comuns destacam-se:

- a nítida separação entre perdas físicas e não físicas;
- a necessidade de se uniformizar os indicadores básicos que dão origem aos índices, em especial - no caso brasileiro -, de contabilização dos volumes produzidos;
- dentre as perdas físicas, identificar claramente aquelas ocorrentes na captação/adução, no tratamento, na distribuição e nas ligações;

- a necessidade de macromedição como condição básica de contabilização dos volumes disponibilizados para distribuição;
- a contabilização em separado das perdas operacionais correspondentes aos volumes empregados para lavagem de filtros, desinfecção e teste das redes de distribuição;
- a existência de uma parcela segura e controlada de consumo estimado não medido na composição dos volumes utilizados;
- a importância de se distinguir diferentes condições de operação antes de proceder a comparações de desempenho;
- a influência das pressões na rede sobre as perdas físicas;
- a adoção de indicadores físicos não percentuais, à base de volumes perdidos por extensão de rede ou por ligação, como indicadores de eficiência operacional; e
- a influência da densidade de utilização da rede no desempenho operacional medido em perdas lineares.

Da comparação entre os diferentes critérios e levando-se em conta as particularidades dos serviços no Brasil, especial atenção deve ser dada para duas informações que são mais freqüentemente utilizados na composição dos indicadores de perdas: o volume produzido e o volume faturado.

Segundo o SNIS, a designação genérica de volume produzido diz respeito à quantidade de água disponível para consumo, medida diretamente na saída das ETA, na saída do sistema de captação, na inexistência de ETA, e/ou estimada mediante pitometria ou registradores temporários de vazão. Na redação do documento AESBE/ASSEMAE (1997), o volume produzido é o volume de água tratada disponibilizada para consumo na saída das ETA ou unidades de tratamento simplificado. Em ambos os casos, corresponde a um volume disponível para consumo medido na saída da(s) unidade(s) de produção.

O uso desse conceito de volume produzido na base da maioria dos indicadores de desempenho traz problemas para a contabilização de perdas, tanto no subsistema de adução de água bruta quanto no subsistema de distribuição, conforme subdivisão do sistema de abastecimento de água (subseção 1.2.1). Na adução de água bruta porque não existe, segundo o conceito citado, uma consideração sistemática das perdas naquele subsistema. Segundo aquele conceito, as contabilizações na adução de água bruta apenas têm lugar quando da inexistência de ETA, o que torna não uniformes os volumes considerados nos casos de diferentes sistemas, com ou sem tratamento. No que respeita distribuição, o conceito também é falho, no sentido de que não contabiliza adequadamente os

volumes de água tratada importados de outros sistemas (como no caso de municípios metropolitanos que apenas distribuem água tratada importada de outro município).

Tendo em vista superar estas falhas, considera-se mais adequado trabalhar-se com um conceito de **volume disponibilizado** para distribuição, independentemente da origem dos volumes ofertados, à semelhança do proposto pela AGHTM no indicador de número [9] (seção 2.1). Este, conforme esquematizado no quadro 2.1, incorpora os volumes importados e exclui os exportados, o que dá uma medida mais precisa do desempenho do subsistema de distribuição. Por outro lado, não são diferenciadas as vazões tratadas e não tratadas quando postas em distribuição, o que evita a assimetria na contabilização de volumes produzidos em sistemas com e sem ETA ou unidades de tratamento simplificado.

Quanto ao volume faturado, as distorções também são grandes e não uniformes. De acordo com a definição constante do documento AESBE/ASSEMAE (1997), o volume faturado corresponde ao volume de água (medida, presumida, estimada, contratada, mínima ou informada) faturado pelo sistema comercial do serviço. À exceção do volume de água medida, com as devidas ressalvas sobre a precisão dos sistemas de medição, todas as demais constituem objeto de política comercial específica de cada serviço e não obedecem a qualquer norma geral que minimamente uniformize os critérios de contabilização. Devido a essas políticas, em determinadas áreas o volume faturado pode superar o volume efetivamente consumido (especialmente onde haja cobrança de volume consumido mínimo), distorcendo os indicadores médios de presumível eficiência do serviço. Ou seja, um serviço que tenha uma agressiva política comercial de cobrança de volume mínimo por ligação poderá ostentar indicador de eficiência (VF/VP) superior ao de outro que, embora mais eficiente do ponto de vista operacional, pratique menor volume mínimo faturado por ligação.

Diferentemente do caso da informação de volume produzido, não existe, para o volume faturado, uma forma simples de se resolver os problemas apontados. Seria absurdo forçar uma padronização de procedimentos comerciais apenas com vistas ao controle do indicador. Por outro lado, um indicador tão flexível que incorpore tantas práticas comerciais distintas como as que hoje existem, é de pouca utilidade para qualquer tipo de comparação. A solução está em se aceitar os indicadores como são apurados, porém explicitando-se as condições de apropriação de volumes ofertados de cada serviço, inclusive critérios especiais de faturamento, e restringir as comparações dentro dos limites de universos formados por serviços com condições análogas de apropriação dos volumes ofertados. Isso significa, na prática, estabelecer subconjuntos mais homogêneos de serviços, segundo seus padrões de macromedição, micromedição, estimativa e cobrança de volumes mínimos.

### 3. MONITORAMENTO OPERACIONAL E CONTROLE DE PERDAS

#### 3.1 Controle de Perdas e Dados Operacionais. Bases da Integração

A ação voltada à conservação e ao combate ao desperdício de água vincula-se simultaneamente ao planejamento, ao projeto, à construção, à operação e à manutenção dos sistemas, e seria incorreto associá-la alternativamente ao planejamento ou à operação. Nesse sentido, a convergência de sistemas de informação para planejamento e operação vem em benefício da conservação e amplia consideravelmente a perspectiva de melhora nos padrões de monitoramento dos serviços.

Enquanto as diferentes áreas de planejamento e gestão dos serviços trabalharam sobre bases de informações estanques, as restrições econômicas sempre obrigaram que o planejamento fosse feito a partir de um conhecimento bastante limitado da realidade. Seria pouco racional, do ponto de vista da gestão econômica dos serviços, montar bases de informação cujos custos aparentemente superassem os benefícios (em muitos casos não tangíveis) de um planejamento sofisticado. Essa situação leva, logicamente, ao caso da *profecia que se auto-realiza*, uma vez que o planejamento feito sobre bases precárias tende a mostrar-se pouco eficaz e, assim sendo, cada vez menos se habilitaria como atividade merecedora de atenção na escala de prioridades dos serviços de saneamento.

Com a utilização comum de bases informatizadas mais sofisticadas e completas, o planejamento e a operação podem compartilhar um nível de conhecimento da realidade muito mais avançado do que anteriormente. Especificamente quanto à conservação de água, a ampliação de capacidade de informação no conjunto do serviço abre perspectivas antes impensáveis de domínio sobre a demanda. Em termos econômicos, os custos dos controles e, em última análise, das vazões recuperadas, é sensivelmente reduzido, ampliando as margens de benefício líquido da recuperação.

Os elementos mais conhecidos desse conjunto ampliado de informações de interesse para o controle da demanda de água, são os sistemas de informação geográfica - *GIS* -, relativos às áreas de operação dos serviços; os sistemas de aquisição e controle de dados operacionais - *SCADA* -, que permitem avaliar as condições de serviço em tempo real e em diferentes pontos do sistema; e os dispositivos de telecomando - e de auto-comando (dispositivos *inteligentes*) -, destinados a corrigir as condições de serviço sempre que necessário. Junta-se a esses elementos uma preocupação em servir - e, portanto, conhecer - melhor os usuários, o que reforça o papel dos sistemas de informação, que passam também a integrar dados mais detalhados sobre os usuários.

Em relação à auditoria dos serviços em termos de eficiência no uso da água, as experiências internacionais mais recentes têm sido em sua maioria baseadas em manejo integrado de informações

operacionais e conhecimento da demanda. Casos como o de Waterloo (Ontário, Canadá) e de Madri (ver box a seguir) são alguns exemplos dessa tendência, que vem se mostrando crescente e predominante nos últimos anos.

### **Controle de perdas integrado ao gerenciamento das redes - o caso de Madri**

O nível ótimo de controle de perdas, do ponto de vista da relação custo/benefício do controle, no caso do *Canal de Isabel II de Madrid*, foi considerado a partir de três aspectos:

- adoção do controle preciso do consumo mínimo noturno como indicador prioritário;
- ênfase na detecção e na localização de vazamentos em fluxos claramente identificáveis dentre os principais componentes dos fluxos noturnos classificados (vazamentos e drenos com fluxo notável mas não evidente; vazamentos triviais e distribuídos; uso público noturno para rega e lavagem de ruas; uso industrial e comercial real; vazamentos e perdas não controlados nas instalações prediais; e uso residencial real); e
- aplicação de tecnologias de gerenciamento integral das redes como alternativa ao uso generalizado e sistemático de detetores acústicos em toda a rede.

O método constitui uma estratégia válida e efetiva contra o desperdício de água, uma vez que incorpora procedimentos de detecção e controle de vazamentos a outras finalidades da operação. Ele também provê uma base sólida para a justificação de custos e estabelece um nível máximo de vazamento, uma vez que seja aplicado sistematicamente.

#### **O método**

O método empregado em Madrid inclui:

- Critérios

- ⇒ uso de vazões noturnas mínimas como principal indicador de perdas em cada zona específica, medido em (l/hora/propriedade) e em (l/h/km). As diferenças entre volume anual fornecido e volume anual faturado foram também incluídas como indicadores correlatos;
- ⇒ medição *on line*, a intervalos de um minuto, das vazões fornecidas à zona;
- ⇒ por meio de georeferenciamento, os dados obtidos são relacionados à topologia da rede e aos usuários; e
- ⇒ possível simulação do comportamento da rede e cálculo de parâmetros hidráulicos para cada nó da rede (modelos em escala natural).

- Procedimentos

- ⇒ as zonas de abastecimento foram setorizadas em áreas com população máxima de 50.000 habitantes. Os setores devem ser facilmente isoláveis e seus consumos facilmente mensuráveis;
- ⇒ detecção de setores que pareciam ter uma maior probabilidade de apresentar vazamento. Os fatores examinados incluíam a idade das tubulações, os tipos e materiais de conexões, as altas incidências de interrupção no abastecimento ou de vazamentos evidentes, a média de pressão noturna, os mínimos noturnos de vazão por extensão de rede, por propriedade e por ligação, e as relações entre volumes abastecidos e volumes faturados;
- ⇒ medidas contínuas ou esporádicas de consumo instantâneo nos setores;
- ⇒ medidas de pressão e de vazões circulando em pontos particulares do setor, como elemento auxiliar à localização

de vazamentos ou de água utilizada para finalidades inexplicadas;

⇒ localização exata de vazamentos mediante detecção acústica;

⇒ controle da pressão de água nos setores mediante válvulas reguladoras de pressão; e

⇒ conserto de pontos de vazamento.

- Manutenção

⇒ controle na detecção de elevações repentinas em vazões noturnas mínimas, em setores e zonas.

Os instrumentos empregados para implementar-se o método descrito incluem: medição de vazões (em particular, monitoramento telecomandado); sistemas de informação geográfica como único meio de determinar e atualizar a precisa localização de consumidores com relação à rede; modelos de simulação hidráulica para redes inteiras; e equipamento de detecção acústica.

O uso cotidiano de quase todos esses instrumentos constitui a base para os sistemas de gestão de distribuição na rede. Dessa maneira, os benefícios da detecção de perdas podem ser considerados como valor adicionado ao suporte técnico de planejamento e operação das redes.

Fonte: Piñero, J. e Cubillo, F. (1995) - New technologies for leakage detection and control. Special Subject 12 - Advances in the economics of leakage control and unaccounted-for water. Proceedings. 20Th International Congress of Water Supply - Durban 1995. Blackwell Science. Londres. Tradução livre. Pgs SS12-5 a SS12-11.

Em que pese essa tendência e o indiscutível benefício de se trabalhar com sistemas mais precisos e completos de monitoramento, é preciso considerar que esses meios mais sofisticados não dão conta, sozinhos, da melhoria de condições básicas de operação. A tendência registrada internacionalmente diz respeito, em geral, a serviços que já atingiram patamares satisfatórios de setorização, de macromedição e de conhecimento de consumo real - mediante micromedição e/ou estimativas controladas de consumos permitidos - onde os benefícios da informação mais sofisticada vêm somar-se aos advindos daquelas medidas básicas, e não substituí-las.

Os serviços de abastecimento de água, no Brasil, tiveram, de maneira geral, ganhos substantivos de eficiência ao longo das décadas de 70 e 80. No entanto, a crise de investimentos que se abateu sobre a maioria deles a partir da década de 90 determinou uma paralisação ou uma drástica desaceleração desse processo. Alguns serviços conseguiram, apesar dessas restrições, continuar em uma trajetória de melhoria, enquanto outros sofreram grandes perdas de uma capacidade técnica que ainda não havia amadurecido o suficiente. Nessas condições, não seria razoável adotar-se uma política generalizada de incentivos à aquisição de instrumentos sofisticados de informação. Antes de se definir uma política específica nessa linha, é preciso definir o real estágio de desenvolvimento dos serviços no que se refere ao conhecimento de demanda, e só a partir daí traçar uma linha de ação que atenda às necessidades detectadas.

### **3.2 Perfil Preliminar dos Sistemas de Informação em Serviços de Saneamento no Brasil**

Tendo em vista conhecer preliminarmente as condições de trabalho dos serviços brasileiros no que respeita os sistemas de informação - em uma visão multifuncional daqueles -, em 1998 realizou-se consulta preliminar dirigida a todas as companhias estaduais de saneamento do país e aos 10 maiores serviços municipais autônomos (incluindo recentes concessões municipais a operadores privados). Os resultados desta consulta aplicam-se tanto para a constatação de algumas tendências que desde logo se definem, quanto para orientar a elaboração de questionário mais completo, a ser veiculado em cooperação com as entidades setoriais, voltado a uma pesquisa aprofundada sobre as condições de manejo de informações.

Basicamente, procurou-se definir que instrumentos eram disponíveis; para que eram utilizados; até que ponto seriam integrados (entre planejamento, operação e comercialização) e com que estágio de desenvolvimento operacional básico (macro e micromedicação, setorização) conviveriam.

Foram recebidos 39 questionários respondidos, sendo 20 relativos a serviços de capitais de estado operados por companhias estaduais; 17 relativos a serviços de interior também operados por companhias estaduais; e 02 relativos a serviços municipais autônomos (um de capital - Porto Alegre - e um de interior - Campinas).

No quadro 3.1, a seguir, estão tabulados os resultados obtidos, respectivamente em números absolutos e em percentuais. Os números percentuais são significativos apenas para os totais, uma vez que não se trabalhou previamente uma desagregação de amostra por região. Também foi desconsiderada a natureza dos prestadores de serviços - se companhia estadual de saneamento, serviço municipal autônomo ou operadora privada - pois, dos 39 serviços que responderam à pesquisa, 37 são de responsabilidade de companhias estaduais. Não teria, portanto, nenhum significado estatístico qualquer correlação com essa variável.

Observa-se que uma proporção relativamente elevada de serviços, no total, já dispõe de sistemas de georeferenciamento, mesmo que em caráter experimental. A proporção de serviços que dispõe de alguma forma de GIS (cerca de 50%) é próxima à daqueles que possuem alguma forma - ainda que parcial - de macromedicação (54%) e de setorização (58%).

Os resultados permitem fazer alguns cruzamentos que indicam casos paradoxais de serviços sem macromedicação e sem setorização que dispõem de GIS e de dispositivos de telecomando. As tabulações auxiliares indicam também algumas tendências regionais, definidas quanto à disponibilidade e a consistência de instrumentos de informação.

Das tendências gerais já detectadas, observa-se que apenas um pequeno número de serviços (15% no total) dispõe de informações cadastrais altimétricas e um número menor ainda (8%) de integração desta com sistema de aquisição e controle de dados operacionais da rede. Isso implica que a grande maioria das bases digitalizadas existentes ainda não é utilizável para fins de controle de perdas ocasionadas por pressões excessivas.

Na comparação entre serviços de capital e interior, observa-se que os primeiros são os que concentram a maior proporção de instrumentos de controle avançado. 80% dos serviços de interior (operados pelas CESB) não dispõem de sistema georeferenciado, contra apenas 36% das capitais. Quanto aos serviços autônomos, os dois que enviaram resposta apresentam alto nível de acesso a informações avançadas. No entanto, devido à exigüidade da amostra, não se pode definir - nem em caráter preliminar - qualquer tendência mais geral.

Em relação aos dispositivos de aquisição e controle de dados (SCADA) e telemetria, a assimetria em favor das capitais ainda é mais acentuada, uma vez que a totalidade dos municípios de interior operados pelas CESB não os possui. No entanto, é prematuro afirmar que isso implique qualquer desvantagem em termos de conhecimento da realidade operacional desses serviços. Certamente, o porte dos serviços de interior é em média muito menor do que aquele das respectivas capitais, o que pode tornar dispensável o uso de sistemas automáticos de aquisição e controle de dados e de dispositivos telecomandados.

VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003  
DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

**Quadro 3.1**

**Instrumentos Informatizados de Controle Operacional  
no Brasil. Números Absolutos e Percentuais**

Quesito	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul		Brasil			Brasil (%)		
	Capital	Interior	Capital	Interior	Capital	Interior	Capital	Interior	Capital	Interior	Capital	Interior	Total	Capital	Interior	Total
<b>Informatização cobrança</b>																
Micros isolados	2	0	1	1	1	1	0	0	0	0	4	2	6	20	10	15
Rede micros	0	1	1	1	3	1	0	1	0	1	4	5	9	20	26	23
Main frame	0	0	3	2	1	1	3	5	2	1	9	9	18	45	47	46
Outros	1	1	2	1	0	0	0	0	1	1	4	3	7	20	16	18
<b>GIS - Disponibilidade</b>																
Todo o sistema mapeado	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	3	3	6	15	16	15
Parte do sistema mapeado	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	2	10	0	5
Em fase de implantação	0	0	4	1	2	0	2	2	1	0	9	3	12	45	16	31
Não dispõe	2	2	2	3	0	2	1	5	1	2	6	14	20	30	74	51
<b>GIS - características operacionais</b>																
Em estação isolada	0	0	2	1	0	0	0	1	1	0	3	2	5	15	11	13
Em rede	1	0	1	0	2	0	2	1	0	0	6	1	7	30	5	18
Mapeamento por ruas	1	0	3	1	4	1	3	3	2	1	13	6	19	65	32	49
Mapeamento por setores de abastecimento	1	0	4	1	1	1	3	1	1	0	10	3	13	50	16	33
Informações altimétricas	0	0	2	1	2	0	2	0	1	0	7	1	8	35	5	20
<b>GIS - utilização</b>																
Cadastro de usuários	1	0	2	0	3	1	0	1	2	1	8	3	11	40	16	28
Cadastro da rede	1	0	4	0	3	1	2	2	2	1	12	4	16	60	21	41
Controle operacional off-line	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	4	1	5	20	5	13
Planejamento/previsão expansão	1	0	1	0	1	0	2	1	1	0	6	1	7	30	5	18
Integração com SCADA	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	1	3	10	5	8
<b>SCADA - disponibilidade</b>																
Toda rede	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parte da rede	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	2	1	3	10	5	8
Em experiência	0	0	1	0	0	0	2	1	2	0	5	1	6	25	5	15
Não dispõe	3	2	5	5	3	2	1	5	1	3	13	17	30	65	89	77
<b>Válvulas telecomandadas - disponib.</b>																
Toda rede	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	2	10	0	5
Parte da rede	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	2	5	5	5
Em experiência	0	0	0	0	1	0	2	1	2	0	5	1	6	25	5	15
Não dispõe	2	2	7	5	2	2	1	4	1	3	13	16	29	65	84	74

(Continua)

VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003  
DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

(Continuação)

Quesito	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul		Brasil			Brasil (%)		
	Capital	Interior	Capital	Interior	Capital	Interior	Capital	Interior	Capital	Interior	Capital	Interior	Total	Capital	Interior	Total
<b>Monitoramento em tempo real</b>																
Toda rede	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	5	0	2
Parte da rede	0	0	0	1	2	0	1	2	0	1	3	4	7	15	21	18
Em experiência	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	3	4	5	16	10
Não dispõe	3	2	6	4	2	2	1	2	1	2	13	12	25	65	63	64
<b>Macromedição</b>																
Todo o sistema	0	0	1	0	2	1	2	2	0	0	5	3	8	25	16	20
Principais unidades de produção	1	0	3	2	1	0	1	4	2	2	8	8	16	40	42	41
Integrada a base informatizada	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	2	10	0	5
Indisponível/inoperante	2	2	3	3	1	1	0	1	1	0	7	7	14	35	37	36
<b>Setorização</b>																
Todo o sistema	0	0	3	1	0	1	1	2	1	0	5	4	9	25	21	23
Parte do sistema	1	0	1	1	1	1	2	2	1	3	6	7	13	30	37	33
Em processo de implantação	0	0	2	1	0	0	0	2	1	0	3	3	6	15	16	15
Indisponível/inoperante	2	2	1	2	1	0	0	0	0	0	4	4	8	20	21	20
<b>Micromedição - cobertura</b>																
Mais que 95%	0	0	0	0	2	2	2	6	2	1	6	9	15	30	47	38
De 80% a 95%	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1	3	2	5	15	10	13
De 50% a 79%	3	0	4	3	1	0	1	1	1	1	10	5	15	50	26	38
Menos que 50%	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	4	5	16	10
<b>Micromedição - características</b>																
Laboratório para teste de hidrômetros	3	0	5	3	3	1	2	5	2	2	15	11	26	75	56	67
Oficina para manutenção hidrômetros	3	0	7	3	4	1	3	6	3	3	20	13	33	100	68	85
Reposição/manutenção programada	0	0	3	1	3	1	3	7	2	2	11	11	22	55	58	56
Leitura mensal	3	1	7	5	3	2	3	7	2	2	18	17	35	90	89	90
Leitura a intervalos mais que mensais	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total de questionários respondidos</b>	3	2	7	5	4	2	3	7	3	3	20	19	39			

#### **4. DIRETRIZES PARA O LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES E CONSTRUÇÃO DE INDICADORES**

Há consenso entre todas as abordagens relativas a indicadores de perdas e outros indicadores de desempenho dos serviços de saneamento, que, tão importante quanto o correto enunciado conceitual do indicador, é a confiabilidade da informação primária que lhe dá origem. Nesses termos, de pouco adiantaria estabelecer um elenco completo de indicadores que teoricamente dariam conta da exata situação operacional dos serviços, se a capacidade de coleta de informações primárias não corresponder ao nível de precisão necessário.

Neste capítulo estabelece-se uma associação entre indicadores de perdas e informações operacionais necessárias para sua construção, segundo uma escala de prováveis dificuldades técnicas e operacionais envolvidas na obtenção de tais informações. Admite-se, em princípio, a existência de um conjunto de indicadores básicos que seriam derivados de informações técnicas e gerenciais mínimas, exigíveis de todos os serviços indistintamente. Nesse nível, as informações relativas a perdas físicas e perdas não físicas não são totalmente separáveis e sua desagregação completa exigiria um conhecimento mais refinado sobre os desvios sistemáticos de medição. Esse estágio de melhor conhecimento das informações relativas a perdas físicas corresponde a um nível intermediário de complexidade, dentro do qual também se enquadram os indicadores específicos de perdas físicas relacionados a condições operacionais e de desempenho hídrico do sistema.

Há também um universo mais amplo que inclui indicadores avançados, também deriváveis das informações-chave e de controle levantadas em nível básico ou intermediário. A separação entre essas classes de indicadores é sugerida com vistas aos trabalhos normativos de fixação de critérios de confiabilidade. Os indicadores que vierem a compor o conjunto mais avançado (no sentido de depender de sistemas de informações operacionais mais sofisticados) não serão empregados para fins de classificação geral e comparação de desempenho entre serviços, antes que a maioria dos serviços tenha condições de produzi-los.

##### **4.1 Considerações Gerais**

No sistema de abastecimento, as perdas de água deverão ser avaliadas levando-se em consideração os subsistemas integrantes do processo de produção, no que se refere à comparação das quantidades de matéria-prima (água bruta) com o produto (água tratada), e distribuição, no que tange ao produto (água tratada ofertada) cotejado com o consumo, conforme apresentado no box a seguir.

- Índice de Perda Física na Produção (PFP)

Leva em conta as perdas na adução de água bruta e na estação de tratamento ou unidade de tratamento simplificado. Relaciona os dados observados de volume captado (VC) e volume produzido (VP).

- Índice de Perda Física na Adução (PFA)

É um subconjunto do Índice de Perda Física na Produção, e resulta da relação entre o volume captado (VC) e o volume aduzido (VA) afluente à ETA ou unidade de tratamento simplificado.

- Índice de Perda Física no Tratamento (PTR)

É também um subconjunto do Índice de Perda Física na Produção, e relaciona os dados observados de volume aduzido (VA) e volume produzido (VP).

- Índice de Perda Física na Distribuição (PFD)

Relaciona o volume fisicamente utilizado (VFU) com o volume disponibilizado (VD). 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 estatísticos de confiabilidade aplicados sobre os consumos estimados.

- Índice Total de Perda Física (TPF)

Será indiretamente composto pelas perdas físicas parcialmente apuradas nos sistemas de produção e de distribuição. A perda física total será uma função do volume captado (VC), mais o volume importado (VIm), menos o exportado (VEx), em relação ao volume fisicamente utilizado (VFU) no sistema.

Os indicadores apontados são razoavelmente representativos da realidade no aspecto operacional (balanço de água) do sistema, mas dependem da confiabilidade dos dados obtidos.

Nos casos do volume captado (VC), volume aduzido (VA) e volume disponibilizado (VD), a precisão da informação depende da existência ou não de estruturas como medidores Parshall, comumente encontrados, ou equipamentos de medição como macromedidores diferenciais ou hidrômetros eletromagnéticos (menos comuns), para controle de vazões ou volumes nas captações e entradas e saídas das ETA. O medidor deverá ser instalado em ponto com condições hidráulicas de fluxo e ter seu desempenho mantido mediante avaliações periódicas. Por exemplo, uma calha Parshall bem projetada e instalada tem precisão entre 2% e 5% na estimativa da vazão, mas caso contrário, a imprecisão pode ser elevada. Outro exemplo pode ser a instalação de um macromedidor eletromagnético ou

outro de alta precisão em uma tubulação onde exista, em função de condições hidráulicas inadequadas, entrada de ar. Nesse caso, de nada adianta a instalação desse equipamento sofisticado.

Os indicadores básicos, em especial o Índice de Perda na Distribuição (IPD), conforme já comentado, englobam as perdas físicas e não físicas.

Do ponto de vista comercial e financeiro, outro indicador importante de avaliação do processo de comercialização na distribuição é o Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF), que corresponde à diferença entre o volume disponibilizado (VD) e o volume faturado (VF) sobre o volume disponibilizado (VD).

Como é comum em nosso país a adoção, para fins de faturamento e emissão da conta de água, de um consumo mínimo (da ordem de 10 m<sup>3</sup>/mês), mesmo que o consumidor use menos água do que o valor mínimo estabelecido, ele pagará tal valor. Em alguns casos, portanto, o volume faturado poderá ser maior que o utilizado.

O índice de Perda de Faturamento pode, por isso, resultar em valor menor que o anteriormente discutido, e o impacto dessa redução será tanto maior quanto maior for o percentual de consumidores que não atingem esse nível mínimo de consumo.

Todos os indicadores apresentados são baseados em volumes macromedidos no sistema produtor e utilizados no nível do consumidor.

Portanto, para obtenção de estimativas fiéis dos indicadores, representativas da realidade, não só é necessária a representatividade dos dados macromedidos como também a dos micromedidos e estimados.

No caso do volume utilizado (VU), é preciso identificar claramente que proporção das ligações é hidrometrada e que proporção é estimada. Um indicador importante, nesse aspecto, é o Índice de Hidrometração (IH), que relaciona o número de ligações ativas micromedidas (Lm) ao número de ligações ativas (LA).

Deve-se ressaltar que sempre que IH for menor que 1, incluirá necessariamente parcela de consumo estimado, podendo envolver imprecisões significativas.

Uma possível estimativa das perdas poderá ser feita com o uso da média dos consumos micromedidos por categoria de economia, aplicada sobre as economias não medidas de mesma categoria.

Esse procedimento é razoável se o padrão de consumo da área micromedida for similar ao da área não medida. Caso contrário, novos indicadores para correção deverão ser introduzidos.

Em casos nos quais haja dificuldades de se obter dados de macromedições e micromedições, seja por imprecisão dos medidores seja por sua inexistência, pode-se usar o critério anterior para estimar perdas. Nesse caso, procurar-se-ia, dentro da área de abastecimento, selecionar e isolar uma região representativa da cidade ou núcleo urbano, em termos de padrões de demanda e de pressões na rede.

Trata-se, portanto, de um procedimento por amostragem, no qual um determinado setor selecionado teria todas as ligações hidrometradas, assim como, na entrada de água (ou entradas), as vazões estariam sendo macromedidas.

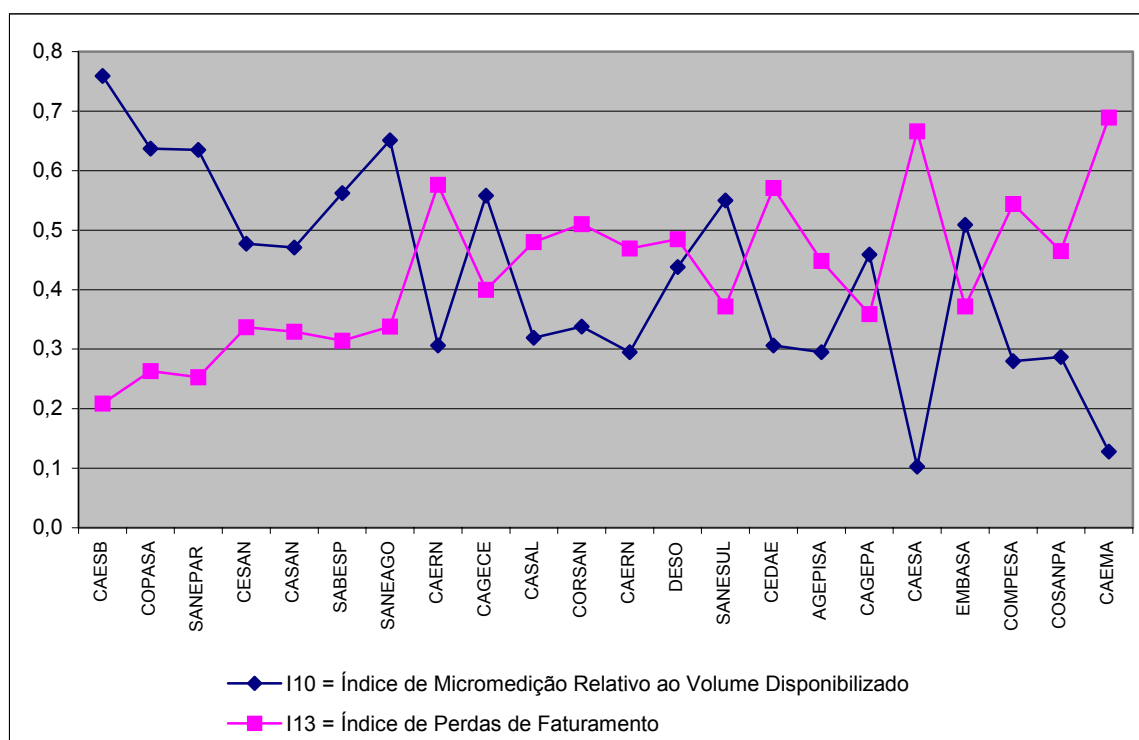
A aplicação dos indicadores apresentados permitiria, assim, avaliar por amostragem o nível de perdas do serviço. A adequação dos resultados obtidos nessa situação será função do acerto nos critérios adotados para selecionar a área-piloto para estudo das perdas, e conseqüentemente, de sua representatividade em relação a todo o sistema de distribuição. Para maiores informações sobre procedimentos estatísticos de amostragem, consultar o DTA A3.

Outras formas de obtenção de indicadores para análise das perdas de um sistema podem ser:

- o uso de indicador volumétrico como vazões perdidas (volume perdido em um intervalo de tempo em l/s; m<sup>3</sup>/h), o qual tem a vantagem de propiciar uma avaliação quantitativa direta e possibilitar sua imediata associação com o número de habitantes beneficiados, se recuperadas essas vazões perdidas;
- outro indicador de grande interesse é a obtenção de perdas por quilômetro de rede. A dificuldade, nesse caso, reside na obtenção confiável da extensão de redes de distribuição do sistema; e
- outro indicador usado (SABESP,1981) é a perda estimada em litros por hora, por habitante (l/h.hab ).

Para ilustrar esse tema, apresentam-se a seguir alguns dados referentes a perdas no Brasil e no exterior. No caso brasileiro, são utilizados dados de 1995 das companhias estaduais (SNIS - SEPURB, 1997), conforme gráfico 2.1. Observe-se que os percentuais de Água Não Faturada oscilam entre 25% e 65%. Na mesma fonte, o indicador foi relatado para cidades brasileiras com serviços autônomos, ocorrendo uma variação entre 20% e 60%, o que demonstra que o cenário das companhias estaduais se repete nos serviços autônomos.

**Gráfico 4.1**  
**Água Não Faturada nas Companhias Estaduais de Saneamento Básico em 2001**



Dados do exterior são apresentados nos gráficos 4.2 e 4.3 (IWA,1995), para Água Não Faturada em percentagem e em vazão por quilômetro de rede, respectivamente.

As variações foram de 7% (Singapura, Suíça e Alemanha) até valores entre 25% e 30% (Grã-Bretanha, Taiwan e Hong Kong), com um valor médio de 17%.

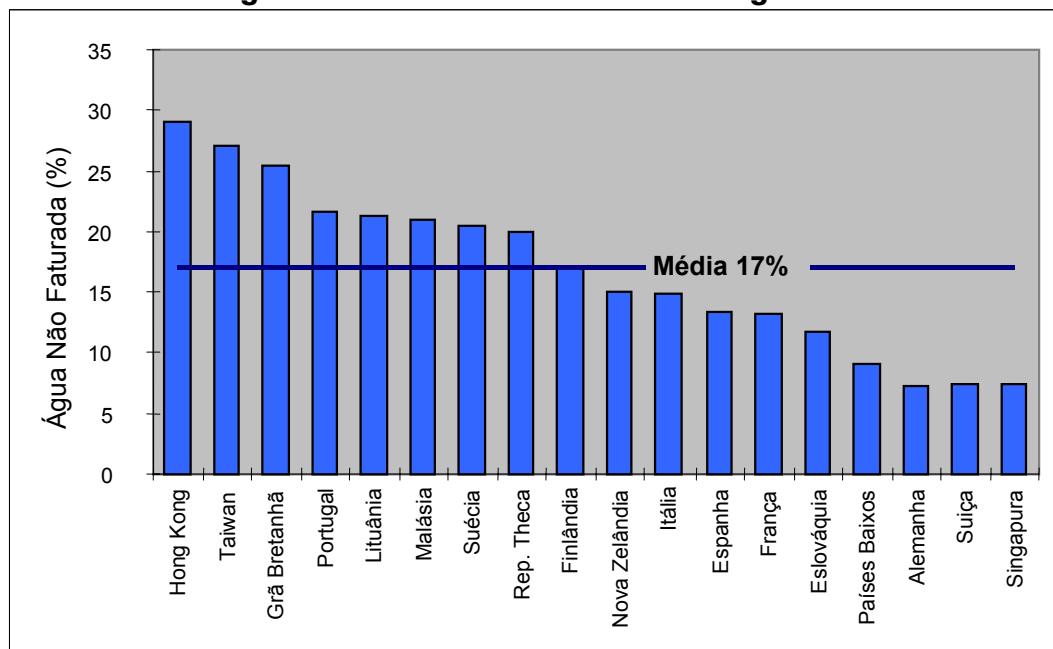
Deve-se enfatizar que os dados apresentados no gráfico 4.2 foram informados pelos autores dos trabalhos (relatores nacionais) de cada país.

O relator internacional que analisou o conjunto dos dados fornecidos por cada país observa, no entanto, que: “as percentagens indicadas pelos relatores nacionais podem estar subestimadas. Em média, mais de 35% da água produzida parece não ter sido consumida, se for usada como referência a demanda informada nos questionários preenchidos”.

Esta observação recomenda que, em qualquer pesquisa a se realizar sobre perdas, deve ser evitada a pergunta direta sobre “quanto é a perda no sistema”, mas sim obter dados uniformemente levantados e tratados sobre volumes captados, produzidos, disponibilizados, micromedidos, faturados ou outros, a partir dos quais se avaliarão os indicadores de perdas.

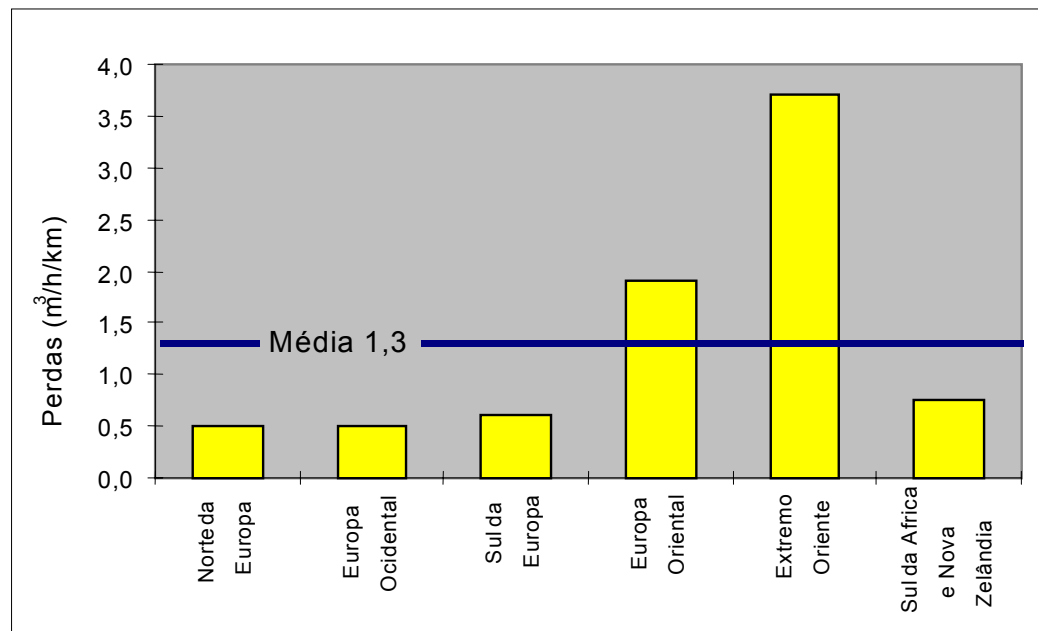
**Gráfico 4.2**

**Percentual de Água Não Faturada em Diversas Regiões do Mundo**



**Gráfico 4.3**

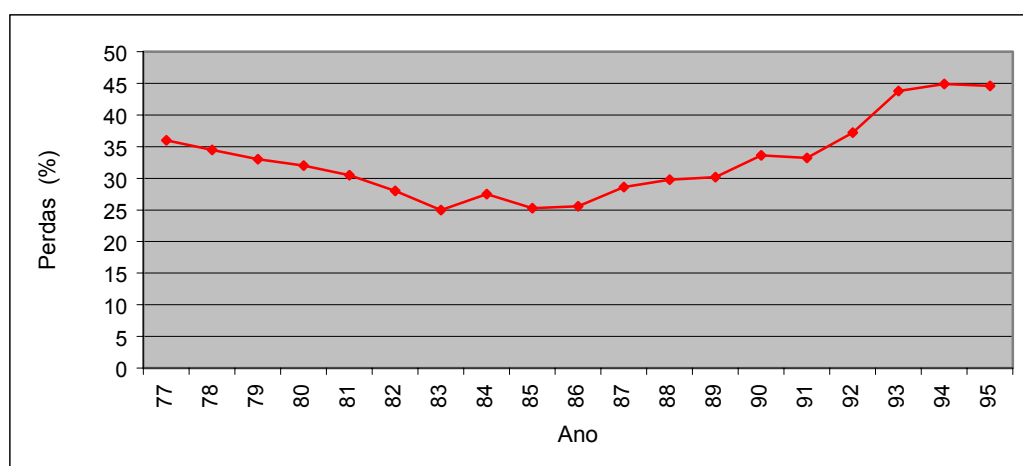
**Perdas de Água por Regiões do Mundo em m<sup>3</sup>/h/km de Rede**



Pode-se verificar pelo gráfico 4.3 a enorme variabilidade do indicador de perdas por quilômetro de rede, para diferentes países, cuja média é de 1,3 m<sup>3</sup>/h/km, com valores em torno de 0,5 m<sup>3</sup>/h/km no norte, oeste e sul da Europa; 2 m<sup>3</sup>/h/km na Europa Oriental; e quase 4 m<sup>3</sup>/h/km no Extremo Oriente. Conforme comentado no Capítulo, uma das dificuldades maiores na comparação entre esses valores está na maneira como são considerados e incluídos os ramais prediais, que podem ter extensão total maior do que a das adutoras, subadutoras e redes de distribuição. Ademais, nos países em que há maior controle tende-se a registrar nos indicadores lineares apenas as perdas físicas, enquanto naqueles onde os controles – e presumivelmente a operação – são mais precários, registram-se conjuntamente perdas físicas e não físicas, e isso aumenta a diferença entre eles.

Apresenta-se, ainda, no gráfico 4.4, a variação das perdas (físicas e não físicas) registradas por mais de vinte anos na Região Metropolitana de São Paulo, para demonstrar que esse indicador oscila sensivelmente tanto em termos de localização espacial quanto também em nível temporal.

**Gráfico 4.4**  
**Variação das Perdas na Região Metropolitana de São Paulo**



No período de 1977 a 1995, as perdas variaram entre aproximadamente 36%, em 1977, até quase 45%, em 1994 e 1995. Nesse intervalo de tempo, no entanto, as perdas (físicas e não físicas) foram reduzidas para aproximadamente 25% em 1983.

O que se pretende ilustrar com esse exemplo é que o *tratamento das perdas deve ter caráter permanente, devendo, portanto, ser considerado como um programa estratégico dos prestadores de serviços.*

Caso não se adote tal política, as ações de combate a perdas nem sempre serão efetivas, e os resultados positivos serão temporários.

## **4.2 Definição de Indicadores Básicos**

### **4.2.1 Informações-chave**

Na formação de um indicador de desempenho, são consideradas informações-chave aquelas que compõem diretamente o indicador, sem as quais este não pode ser definido. São considerados indicadores de controle ou confiabilidade aqueles que permitem avaliar a confiabilidade das informações-chave, mas que não figuram diretamente na composição do indicador estudado.

As informações-chave que - como o volume utilizado - envolvem múltiplos indicadores de controle e confiabilidade, dificilmente serão, na prática, correspondidas por todos os controles indicados. Mas a existência ou não desses controles, e em que nível de conhecimento, dará subsídios para aferir a confiabilidade da informação-chave, em uma escala objetiva.

Nesta subseção e na subseção 4.2.3 são sugeridas, respectivamente, as informações-chave e os indicadores de controle e confiabilidade que compõem o elenco mínimo de informações técnicas e gerenciais necessárias para se obter indicadores básicos de perdas nos sistemas de abastecimento de água.

São informações-chave:

- **Volume disponibilizado (VD).** Soma algébrica dos volumes produzido, exportado e importado, disponibilizados para distribuição no sistema de abastecimento considerado:
  - **Volume produzido (VP).** Volumes efluentes 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).** Correspondente à projeção de consumo a partir dos volumes micromedidos em áreas com as mesmas características da estimada, para as mesmas categorias de usuários;
  - **Volume recuperado (VR).** Correspondente à neutralização de ligações clandestinas e fraudes;

- **Volume operacional (VO).** Volumes utilizados em testes de estanqueidade e desinfecção das redes (adutoras, 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, faturados 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 contabilizados 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.

#### 4.2.2 Indicadores básicos de desempenho

Derivados das informações-chave são determinados - em diferentes níveis de confiabilidade segundo a disponibilidade e a precisão dos indicadores de controle e confiabilidade definidos na subseção 4.2.3 - os seguintes indicadores básicos:

- **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 físicas e não físicas no subsistema de distribuição. Estas últimas são em grande parte associadas aos desvios de medição (macro e micro), que poderão ser devidamente contabilizados quando forem normalizados os critérios de fixação dos fatores  $k$ , definidos na subseção 4.2.3. Enquanto isso não acontece, os valores obtidos - mesmo para os casos de serviços com 100% de macro e micromedição - incorporam perdas não físicas, diferentemente de alguns indicadores análogos estrangeiros, que só consideram as perdas físicas (ver Capítulo 2).

$$IPD = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume utilizado (VU)}}{\text{Volume disponibilizado (VD)}} \times 100$$

A confiabilidade do indicador corresponderá à menor entre  $C(VD)$  e  $C(VU)$ , fixadas conforme critérios definidos na subseção 4.2.3.

#### **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 físicas e não físicas que, além daquelas atribuídas a desvios de medição, incorporam volumes utilizados não cobrados, como o volume especial e o volume operacional. Por isso, mesmo na perspectiva de 100% de macro e micromedição com ajuste dos respectivos fatores  $k$  de desvios sistemáticos, este indicador sempre estará expressando uma parcela de volumes que não são fisicamente perdidos.

$$IPF = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume faturado (VF)}}{\text{Volume disponibilizado (VD)}} \times 100$$

A confiabilidade do indicador corresponderá à menor entre  $C(VD)$  e  $C(VF)$ , fixadas conforme critérios definidos na subseção 4.2.3.

### C. Índice Linear Bruto de Perda (ILB)

Relaciona a diferença entre volume disponibilizado e volume utilizado à extensão parcial da rede. É um indicador válido para a comparação de desempenho entre serviços, desde que envolva fatores de confiabilidade compatíveis. As perdas expressas nesse indicador incorporam perdas físicas e não físicas, uma vez que não se controlam os desvios sistemáticos de medição. Ao se aplicar como denominador a extensão *parcial* das redes de adução, subadução e distribuição - pois não foram incluídos os ramais prediais -, obtém-se um valor *mais conservador* do que o índice linear de perdas geralmente calculado no exterior, que incorpora as extensões de ramais prediais à rede. As diferenças tendem a ser muito grandes, uma vez que as extensões dos ramais prediais, somadas, podem ser maiores que a magnitude da soma das adutoras, subadutoras e rede de distribuição. Outro agravante com respeito aos indicadores estrangeiros deve-se à incorporação de perdas não físicas no numerador. Por isso, recomenda-se extrema cautela na divulgação desse indicador, com expressa advertência quanto a *não ser comparável* aos índices lineares de perdas físicas estrangeiros.

$$ILB = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume utilizado (VU)}}{\text{Extensão parcial da rede (EP)} \times \text{Número de dias (ND)}}$$

A confiabilidade do indicador corresponderá à menor entre C(VD), C(VU) e C(EP), fixadas conforme critérios definidos na subseção 4.2.3.

### 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 volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas. As magnitudes obtidas na apuração desse indicador serão próximas às que seriam obtidas em indicadores análogos usados no exterior, a não ser pelo fato de que a diferença entre volume disponibilizado e volume utilizado expressa ainda uma parcela não desprezível de perdas não físicas. Por isso, ainda que com menos distorções que o Índice Linear Bruto de Perda (ILB), este também não deve ser utilizado na comparação com serviços estrangeiros sobre os quais se contam apenas as perdas físicas.

$$IPL = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume utilizado (VU)}}{\text{Número de ligações ativas (LA)} \times \text{Número de dias (ND)}}$$

A confiabilidade do indicador corresponderá à menor entre C(VD) e C(VU), fixadas conforme critérios definidos na subseção 4.2.3.

### 4.2.3 Indicadores de controle e confiabilidade

A confiabilidade das informações operacionais depende do nível de controle efetivo que se tenha em suas origens. Em princípio, é possível fixar-se para cada controle uma escala de variação de 0 a 1 (ou de 0 a 100%), segundo a qual se estabeleceria a confiabilidade relativa da informação com respeito àquele controle. Para cada informação, a ponderação dos indicadores relativos aos diferentes controles resultará em um indicador de confiabilidade médio, que poderá servir de base para a validação ou não daquela informação para fins de comparação com outros serviços.

*Preliminarmente*, pode-se estabelecer 4 faixas de validade de informações associadas ao conhecimento estatístico corrente, conforme quadro a 4.1 seguir.

#### Quadro 4.1

##### Aplicação da Escala de Confiabilidade no Gerenciamento de Informações

Faixa de variação	Condições de validade da informação
0,80 a 1,00	Informação plenamente confiável para fins de previsão de demanda, planejamento de oferta e comparação entre serviços.
0,60 a 0,79	Informação parcialmente confiável, com restrições sobre o uso para comparação entre serviços.
0,30 a 0,59	Aproximação de tendências, utilizável apenas para a fixação imediata de prioridades internas, sem segurança sobre comportamentos futuros e inválida para fins de comparação entre serviços.
0 a 0,29	Informação não utilizável, é o mesmo que não tê-la.

A confiabilidade de uma informação-chave obviamente condiciona a confiabilidade de indicadores compostos que venham a ser construídos a partir dela. No caso de controles associados a uma mesma informação-chave, admite-se uma aplicação de estatística de médias, segundo a qual a confiabilidade daquela informação reflete a média ponderada das confiabilidades parciais. Isso é o que se faz para as ponderações desta subseção. Quando, porém, a informação é transposta para a composição de um indicador que associa mais de uma informação-chave (subseção 4.2.2), aplica-se o critério de estatística de extremos, segundo o qual prevalece como parâmetro de qualidade do indicador composto a menor confiabilidade entre as informações empregadas.

Nesta subseção são propostos indicadores de confiabilidade associados a diferentes controles, aplicáveis a cada uma das informações-chave definidas na subseção 4.2.2.

#### A. Confiabilidade do volume disponibilizado C(VD)

A confiabilidade da informação volume disponibilizado dependerá dos indicadores de controle descritos a seguir:

- macromedição na saída das ETA ou unidades de tratamento simplificado, de acordo com a proporção entre o volume produzido macromedido (VPM) e o volume produzido (VP), que inclui estimativas não macromedidas;
- macromedição de volumes importados nas adutoras de água tratada, na chegada à área de serviço considerada, de acordo com a proporção entre volumes importados macromedidos (VImM) e o total de volumes contabilizados como importados pelo serviço (VIm);
- macromedição de volumes exportados nas adutoras de água tratada, na saída da área de serviço considerada, de acordo com a proporção entre volumes exportados macromedidos (VExM) e o total de volumes contabilizados como exportados pelo serviço (VEx); e
- controle sobre desvios sistemáticos de macromedição. Este parâmetro diz respeito a um multiplicador ( $k_M$ ) a ser aplicado sobre a confiabilidade da macromedição, sendo  $0 < k_M \leq 1$ . O valor 1 seria atribuído aos casos de máximo controle sobre a macromedição, no sentido de que os volumes macromedidos sejam efetivamente correspondentes à realidade. O valor mínimo a ser fixado corresponderia ao fator a ser aplicado para sistemas de macromedição mal calibrados e sobre os quais não se disponha de controles adequados. Esse valor mínimo, porém, não seria zero nem próximo de zero. Isso porque a existência de macromedição, mesmo que mal calibrada, é uma condição de confiabilidade melhor do que a sua inexistência. Os desvios sistemáticos de macromedição, para efeito de medida de confiabilidade da informação, serão sempre tomados em *módulo*, pois para essa finalidade não é relevante o sinal positivo ou negativo da flutuação. Enquanto não se fixam os critérios para a sua determinação, recomenda-se adotar  $k_M = 1$  para todos os serviços.

A confiabilidade do volume disponibilizado -  $C(VD)$  - será expressa em função do indicador complementar Índice de macromedição na distribuição (IMD), que corresponde à média ponderada de volumes macromedidos sobre os subtotais de volume produzido (VP), volume importado (VIm) e volume exportado (VEx), como se segue:

$$IMD = \frac{VPM + VImM - VExM}{VP + VIm - VEx}$$

Uma vez apurado o IMD, a confiabilidade da informação referente ao volume disponibilizado será:

$$C(VD) = k_M \times IMD$$

## **B. Confiabilidade do volume utilizado C(VU)**

A confiabilidade da informação volume utilizado dependerá dos indicadores de controle descritos a seguir:

- Índice de micromedição do volume utilizado (ImVU). Representado pela proporção entre volume micromedido (Vm) e volume utilizado (VU):

$$\text{ImVU} = V_m / V_U$$

- controle sobre desvios sistemáticos de micromedição. Analogamente ao caso da macromedição, admite-se para a micromedição a aplicação de um fator multiplicador (km) que expresse a confiabilidade específica do sistema de micromedição, baseado no *módulo* das flutuações sistemáticas (para mais ou para menos) da micromedição, sendo  $0 < k_m \leq 1$ , não se admitindo a atribuição de zero ou próximo de zero no limite inferior, tendo em vista ser melhor uma micromedição com desvios do que nenhuma. Enquanto não se estabeleçam critérios padronizados para a sua determinação objetiva, recomenda-se adotar  $k_m = 1$  para todos os serviços;
- controle sobre volume estimado. A confiabilidade do volume estimado - C(VE) - será considerada máxima (0,95) quando os consumos estimados forem fixados exclusivamente com base em monitoramento estatisticamente controlado de padrões de consumo por tipo de consumidor em áreas medidas análogas às não medidas, na mesma jurisdição do sistema considerado. Será fixada em 0,5 sempre que as estimativas se basearem em combinação de levantamentos de campo realizados sobre amostra pouco significativa estatisticamente, com resultados de levantamentos de outras localidades. Será fixada em 0,3 quando os procedimentos de estimativa forem baseados na simples analogia com casos de outra(s) localidade(s);
- controle sobre volume recuperado. A confiabilidade do volume recuperado - C(VR) será função da proporção entre o volume recuperado micromedido (VRm) e o volume recuperado estimado (VRe). Tendo em vista que, como regra, o volume recuperado ocorre em situação na qual se conhece relativamente bem o comportamento de ligações semelhantes na mesma área, mas que constitui, por definição, situação atípica, atribui-se o valor de 0,5 à parcela estimada. Assim, a confiabilidade do volume recuperado é:

$$C(VR) = \frac{VR_m + 0,5 VR_e}{VR}$$

- controle sobre volume operacional. O maior controle sobre esse volume corresponde à situação em que os usos são registrados individualmente e posteriormente consolidados. Nesse caso, aplica-se confiabilidade C(VO) igual a 1 à informação. Quando for estimado com base na rotina operacional, lhe será atribuído um fator de confiabilidade C(VO) de 0,6;
- controle sobre volume especial. A confiabilidade do volume especial - C(VEs) está diretamente relacionada à proporção de volume especial macromedido. Assim, será dada pela relação entre o volume especial macromedido (VEsM) e o volume especial (VEs):

$$C(VEs) = VEsM / VEs$$

Dessa forma a confiabilidade do volume utilizado corresponderá à média ponderada das confiabilidades de cada volume relacionadas à soma dos volumes considerados, multiplicadas - quando cabível - pelos respectivos fatores de confiabilidade de medição:

$$C(VU) = \frac{ImVU \times km \times VU + C(VE) \times VE + C(VO) \times VO + C(VEs) \times kM \times VEs + C(VR) \times VR}{VU}$$

### **C. Confiabilidade do volume faturado C(VF)**

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 SNIS<sup>6</sup> e da AESBE/ASSEMAE, qual seja:

$$IH = \frac{\text{Número de ligações ativas micromedidas (Lm)}}{\text{Número de ligações ativas (LA)}}$$

Essa relação corresponderá à confiabilidade do volume faturado C(VF).

### **D. Confiabilidade da extensão parcial da rede C(EP)**

A confiabilidade da informação depende da existência e da abrangência dos cadastros das redes de adução, subadução e distribuição. A confiabilidade da extensão parcial da rede será 0,6 quando as extensões forem apenas estimadas com base nas testadas médias por ligação, sem o apoio de cadastros, ou a partir de extrapolação de projetos típicos, e variará entre 0,6 e 1 linearmente, de acordo com a extensão de rede cadastrada sobre o total da extensão de rede atribuída ao sistema.

## **4.3 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.

---

<sup>6</sup> Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Publicação anual do DESAN/SEPURB.

Eles dizem respeito a um isolamento das perdas físicas e refinamento de sua localização específica nos sistemas.

São considerados indicadores avançados aqueles que, adicionalmente aos atributos 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.

Entre os principais **indicadores intermediários** destacam-se:

- **Indicadores específicos de perda física relacionados a condições operacionais**
  - **Índice de Perda Física na Distribuição (PFD); e**
  - **Índice Linear de Perda Física (ILF).**
- **Indicadores de desempenho hídrico do sistema**
  - **Índice de Perda Física na Produção (PFP)**
  - **Índice de Perda Física na Adução (PFA);**
  - **Índice de Perda Física no Tratamento (PTR); e**
  - **Índice Total de Perda Física (TPF).**

Com relação aos **indicadores avançados** destaca-se:

- **Índice Linear Ponderado de Perda Física (ILP).**

Há ainda uma série de indicadores intermediários que são importantes para o controle de confiabilidade dos anteriores, como, por exemplo, a eficiência de micromedição. Contudo, não há necessidade de classificar tais indicadores em categoria específica, porque sempre são utilizados para subsidiar uma das categorias antes descritas.

Nas definições a seguir optou-se por organizar os assuntos segundo sua pertinência a condições operacionais ou ao balanço hídrico, incluindo indicadores intermediários e avançados.

#### **4.3.1 Indicadores específicos de perda física relacionados a condições operacionais**

##### **A. Índice de Perda Física na Distribuição (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:

$$PFD = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume fisicamente utilizado (VFU)}}{\text{Volume disponibilizado (VD)}} \times 100$$

A informação mais estrita de volume fisicamente utilizado vai incorporar os fatores efetivamente apurados de desvios sistemáticos de micromedição (km) e macromedição (kM), inicialmente iguais a 1, assim como os fatores estatísticos de confiabilidade aplicados sobre os consumos estimados. Para este indicador, as flutuações de km e kM, assim como os desvios estatisticamente admissíveis nos intervalos de confiança de estimativas de consumo, devem ser registradas de forma algébrica e associadas a suas faixas positivas e negativas de variação, e não mais em módulo. Isso faz com que, aplicadas as variações cabíveis, o volume fisicamente utilizado seja uma função do volume utilizado da forma:

$$VFU = VU + \delta m + \delta M \pm \delta E$$

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:

$$E_m = \frac{\text{Número de hidrômetros funcionando (NHf)}}{\text{Número de hidrômetros instalados (NH)}}$$

### **B. Índice Linear de Perda Física (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:

$$ILF = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume fisicamente utiliz. (VFU)}}{\text{Extensão total da rede (ET)} \times \text{Número de dias (ND)}}$$

A extensão total da rede inclui adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais. A inclusão das extensões de ramais prediais é indispensável para que o indicador seja comparável aos aplicados no exterior.

#### **4.3.2 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 físicas 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. De nada adianta associar, para fins de estimativa de perda total, os indicadores físicos de perda na produção aos indicadores básicos definidos na subseção 4.2.2 - que não distinguem as perdas físicas das não físicas no subsistema de distribuição.

Nada impede, porém, que esses indicadores sejam utilizados de maneira isolada, com vistas a melhorias localizadas nos subsistemas de adução de água bruta e de tratamento. Para esse fim, os indicadores PFP, PFA e PTR, a seguir apresentados, são suficientes e sua apuração, relativamente simples.

Inicialmente propõe-se um Índice de Perda Física na Produção que incorpora captação e adução de água bruta e tratamento, tendo em vista possíveis dificuldades em se estabelecer medições separadas nos diferentes subsistemas. Este indicador depende apenas de uma medição, na saída da captação, além daquela de volume produzido, na saída da ETA ou unidade de tratamento simplificado.

#### **A. Índice de Perda Física na Produção (PFP)**

Leva em conta, conjuntamente, as perdas físicas na adução de água bruta e no tratamento. Este indicador é construído a partir dos dados observados de:

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

$$PFP = \frac{\text{Volume captado (VC)} - \text{Volume produzido (VP)}}{\text{Volume captado (VC)}} \times 100$$

#### **B. Índice de Perda Física na Adução (PFA)**

É um subconjunto do Índice de Perda Física na Produção e a este não pode ser somado. Resulta da relação entre o volume captado (VC) e o volume aduzido (VA) afluyente a ETA ou unidade de tratamento simplificado.

$$PFA = \frac{\text{Volume captado (VC)} - \text{Volume aduzido (VA)}}{\text{Volume captado (VC)}} \times 100$$

### C. Índice de Perda Física no Tratamento (PTR)

A exemplo do anterior, é também um subconjunto do Índice de Perda Física na Produção e por isso não pode ser somado àquele. Resulta de uma relação entre os dados observados de:

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

$$PTR = \frac{\text{Volume aduzido (VA)} - \text{Volume produzido (VP)}}{\text{Volume aduzido (VA)}} \times 100$$

### D. Índice Total de Perda Física (TPF)

Será indiretamente composto pelas perdas físicas parcialmente apuradas nos subsistemas de produção e distribuição. Contudo, como estas são calculadas a partir de diferentes parâmetros, não é possível simplesmente somá-las. Será uma função do volume captado (VC), mais o volume importado (VIm), menos o volume exportado (VEx), em relação ao volume fisicamente utilizado (VFU) no sistema.

$$TPF = \frac{(VC + VIm - VEx) - VFU}{VC + VIm - VEx} \times 100$$

## 4.4 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.

Um dos indicadores propostos, já considerado como passível de desenvolvimento na edição original deste DTA é o ILP – Índice Linear Ponderado de Perda Física, que leva em consideração as diferentes pressões nas redes consideradas. O outro indicador, de uso mais recente, é o ILI – Índice de Vazamentos da Infraestrutura (*Infrastructure Leakage Index*) que correlaciona Perdas Reais Correntes Anuais e Perdas Reais Anuais Inevitáveis, conforme a seguir discriminado.

#### A. Índice Linear Ponderado de Perda Física (ILP)

A efetiva comparação de desempenho entre serviços, mediante indicadores de perda física por extensão de rede, como o ILF, apenas será equilibrada se levadas em consideração as diferentes pressões de serviço nas redes consideradas. De maneira geral não se deve comparar as perdas lineares entre dois sistemas com grandes diferenças de pressões e daí inferir-se qualquer indicação de eficiência operacional. Os serviços que trabalham em condições de maior pressão tendem a ter maiores perdas volumétricas por extensão de rede que os que trabalham em regime de pressões

menores, sem que os primeiros sejam necessariamente menos eficientes. A consideração dos efeitos da pressão pode ser feita de duas maneiras, tendo em vista a comparação entre serviços: (i) mediante a fixação de parâmetros de ILF por faixas de pressão (referidos na literatura estrangeira como *benchmarks*), ou (ii) pelo estabelecimento de fatores de ponderação que tornem o ILF relativo, na forma de um Índice Linear Ponderado de Perda Física (ILP).

O primeiro procedimento, para a fixação de parâmetros por faixa de pressão, consiste na montagem de uma tabela de referência normativa, da forma:

Faixa de pressão (Mpa)	ILP de referência (m <sup>3</sup> /km.dia)	ILP registrado (m <sup>3</sup> /km.dia)

O segundo procedimento consiste em aplicar para cada setor de pressão um fator de ponderação do Índice Linear de Perda Física, de maneira a se obter um Índice Linear Ponderado de Perda Física, da forma:

$$ILP = \frac{ILF_a \cdot \varphi_a \cdot VD_a + ILF_b \cdot \varphi_b \cdot VD_b + \dots + ILF_n \cdot \varphi_n \cdot VD_n}{VD_a + VD_b + \dots + VD_n} \times 100$$

onde:

$ILF_{a..n}$  → Índice Linear de Perda Física em cada setor;

$\varphi_{a..n}$  → fator de ponderação de pressão de cada setor; e

$VD_{a..n}$  → volume disponibilizado para distribuição em cada setor.

O estabelecimento de referências por faixa de pressão deve ser melhor discutido pelas entidades representativas dos prestadores de serviços, tendo em vista adotar parâmetros que efetivamente reflitam a realidade brasileira. Hoje não se dispõe, ainda, de um levantamento sistemático de pressões associadas a perdas físicas, que permita a construção dessas faixas e fatores. Por isso, este é considerado um indicador avançado a ser adotado como parâmetro de desempenho apenas quando se detenham informações operacionais suficientes.

Quanto aos fatores de ponderação pode-se estabelecer um critério que leve em consideração os resultados de estudos efetuados sobre a influência da pressão da rede na taxa de vazamentos, para diversos materiais componentes da tubulação. Estudos desenvolvidos inicialmente no Reino Unido, estendidos depois a outros países, chegaram a uma relação do tipo:

$$L_1/L_0 = (P_1/P_0)^{N_1}$$

Nesta expressão o vazamento  $L_0$  corresponde à pressão inicial  $P_0$  e o vazamento  $L_1$  corresponde à pressão  $P_1$ , e o expoente  $N_1$  que correlaciona pressão e vazamento pode variar de 0,5 a 2,5 em função do tipo de material. Para os casos mais correntes entre nós o valor de  $N_1$  é igual a 0,5 para tubos de ferro fundido e de 1,5 para tubulações plásticas. Para sistemas compostos por tubulações de materiais diversos (em estudos feitos no Reino Unido, no Japão e, também, no Brasil) o valor médio de  $N_1$  ficou próximo de 1,15.

Considerando que atualmente no Brasil há uma forte tendência de limitar as pressões das redes de distribuição a valores bem inferiores aos limites estabelecidos pelas normas da ABNT, pode-se assumir como confortável uma pressão média de 15 kPa (mca), que sugere-se, seja adotada como  $P_0$  na fórmula acima.

Assim, os fatores de ponderação de pressão de cada setor poderão ser calculados como:

$$\phi_{a..n} = (15/P_1)^{N_1}$$

A ponderação de pressões supõe um controle adequado em cada setor, o que envolve inicialmente uma setorização suficiente e, depois, o monitoramento de pressão em cada um deles. Para muitos serviços brasileiros, em especial de pequeno porte, essas condições são muito difíceis de ser atingidas a curto prazo. Nesses casos pode-se admitir trabalhar, a princípio, com um único indicador de pressão média, para relacionamento às faixas de referência. Mas, se houver evidências de que os regimes de pressão são muito diferentes ao longo da área de serviço - como em cidades de topografia muito irregular -, esse indicador médio será pouco confiável.

## **B. Índice de Vazamentos da Infraestrutura (ILI)**

Para a comparação de sistemas quanto ao aspecto das perdas físicas, a IWA – International Water Association - recomenda a adoção de um indicador cuja importância assume o nível 3 (detalhado) na sua classificação, o qual relaciona Perdas Reais Correntes Anuais e Perdas Reais Anuais Inevitáveis:

$$ILI = PRAC/PRAI$$

Onde  $PRAC = \text{Perdas Reais} \cdot 1000 / (\text{numero de ramais} \times 365 \times T/100)$ . Sendo  $T$  a porcentagem do tempo em que o sistema está sob pressão.

A equação para o cálculo das PRAI proposta pela IWA é a seguinte:

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

Nesta expressão PRAI está em litros/ramal/dia bem como PRAC na expressão acima, significando que o indicador ILI é adimensional. O valor ideal de ILI é a unidade, quanto mais próximo deste valor o ILI de determinado sistema melhor é a sua eficiência operacional no que respeita às perdas físicas.

#### **4.5 Melhorias Operacionais e Aumento de Confiabilidade dos Indicadores**

A confiabilidade dos indicadores básicos e a capacitação para produzir indicadores intermediários e avançados dependem de uma série de avanços operacionais que permitam ao gestor do serviço de saneamento avaliar com clareza para onde e em que quantidade é destinada a água, em cada segmento do processo de produção e distribuição. As necessidades específicas de monitoramento já foram apontadas anteriormente. A seguir são reproduzidos itens recomendados pela AESBE e pela ASSEMAE, em documento conjunto de 1997, como medidas para a maior confiabilidade das informações operacionais, as quais se aplicam à realidade atual da maioria dos serviços brasileiros. Esses itens devem ser assumidos pelo PNCDa como linhas de ação para apoio e assistência técnica em seus planos regionais e locais:

- buscar a qualidade da macro e micromedição como forma de proporcionar valores próximos da realidade;
- implantar rotinas ágeis e precisas de cálculo e análise dos indicadores, com a informatização dos processos de trabalho;
- compatibilizar períodos de macro e microleitura;
- dispor de equipe dedicada, monitorando e analisando a situação, e acionando as demais áreas da empresa em atividades de redução de perdas de água/faturamento;
- ter 100% de macromedição permanente dos volumes de água bruta e disponibilizada para distribuição;
- garantir o isolamento das áreas de influência dos macromedidores;
- dispor de medidores de boa qualidade e resolução, adequadamente dimensionados, instalados e aferidos, com manutenção preventiva e corretiva;
- assegurar a confiabilidade nos processos de leitura dos macromedidores, incluindo a consistência dos valores apurados;
- buscar a hidrometração de toda a água consumida;

- garantir a confiabilidade nos processos de leitura dos hidrômetros por meio de microcoletores, incluindo rotina de análise do volume apurado com base no índice de variação de consumo dos períodos anteriores;
- implementar política de combate à clandestinidade (furto de água e violação de medidores);
- manter as informações dos bancos de dados sempre atualizadas e coerentes com a realidade;
- estabelecer rotinas de manutenção corretiva e preventiva, englobando a troca de hidrômetros quebrados, violados, embaçados e parados, ou com idade vencida; e
- compatibilizar o uso de hidrômetros classes B e C, de acordo com a situação de consumo ou do tipo de ligação.

#### **4.6 Quadro-Resumo**

No quadro 4.2 a seguir é apresentado um resumo geral das informações e dos indicadores propostos neste DTA, organizados por grupo: básicos, intermediários e avançados. O quadro mostra as inter-relações entre as três categorias de dados, quais sejam: informações-chave, indicadores de perdas e indicadores de controle e confiabilidade.

VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003  
DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO ÁGUA

**Quadro 4.2**

Resumo Geral: Informações e Indicadores

INDICADORES BÁSICOS							
INFORMAÇÕES-CHAVE					INDICADORES DE CONTROLE E CONFIABILIDADE		
N.	Sigla	Nome	Fórmula	Un.	Sigla	Nome	Fórmula
1	VD	Volume disponibilizado	$VD = VP + VIm - VEx$	m <sup>3</sup>	C(VD)	Confiabilidade do volume disponibilizado	$C(VD) = km$ , IMD
2	VP	Volume produzido	-	m <sup>3</sup>	km	Fator de controle sobre desvios sistemáticos de macromedição	$0 < km \leq 1^{**}$
3	VPM	Volume produzido macromedido	-	m <sup>3</sup>	IMD	Índice de macromedição na distribuição	$IMD = (VPM + VImM - VExM) / (VP + VIm - VEx)$
4	VIm	Volume importado	-	m <sup>3</sup>	-	-	-
5	VImM	Volume importado macromedido	-	m <sup>3</sup>	-	-	-
6	VEx	Volume exportado	-	m <sup>3</sup>	-	-	-
7	VExM	Volume exportado macromedido	-	m <sup>3</sup>	-	-	-
8	VU	Volume utilizado	$VU = Vm + VE + VR + VO + VEs$	m <sup>3</sup>	C(VU)	Confiabilidade do volume utilizado	$C(VU) = (ImVU \cdot km \cdot VU + C(VE) \cdot VE + C(VO) \cdot VO + C(VEs) \cdot km \cdot VEs + C(VR) \cdot VR) / VU$
9	Vm	Volume micromedido	-	m <sup>3</sup>	km	Fator de controle sobre desvios sistemáticos de micromedição	$0 < km \leq 1^{**}$
10	VE	Volume estimado	-	m <sup>3</sup>	ImVU	Índice de micromedição do volume utilizado	$ImVU = Vm / VU$
11	VR	Volume recuperado	-	m <sup>3</sup>	C(VE)	Confiabilidade do volume estimado	Valor variando de 0,30 a 0,95 *
12	VRm	Volume recuperado micromedido	-	m <sup>3</sup>	C(VR)	Confiabilidade do volume recuperado	$C(VR) = (VRm + 0,5VRe) / VR$
13	VRe	Volume recuperado estimado	-	m <sup>3</sup>	-	-	-
14	VO	Volume operacional	-	m <sup>3</sup>	-	-	-
15	VEs	Volume especial	-	m <sup>3</sup>	C(VO)	Confiabilidade do volume operacional	Valor estimado: 1 ou 0,6 *
16	VEsM	Volume especial macromedido	-	m <sup>3</sup>	C(VEs)	Confiabilidade do volume especial	$C(VEs) = VEsM / VEs$
17	VF	Volume faturado	-	m <sup>3</sup>	-	-	-
18	LA	Número de ligações ativas	-	lig	C(VF)	Confiabilidade do volume faturado	$C(VF) = IH$
19	Lm	Número de ligações ativas micromedidas	-	lig	IH	Índice de hidrometração	$IH = Lm / LA$
20	EP	Extensão parcial da rede	-	km	-	-	-
21	ND	Número de dias	-	dia	C(EP)	Confiabilidade da extensão parcial da rede	Valor variando de 0,6 a 1 *
INDICADORES BÁSICOS					INDICADORES DE CONTROLE E CONFIABILIDADE		
•	IPD ou ANC	Índice de Perda na Distribuição ou Água Não Contabilizada	$IPD = (VD - VU) / VD \cdot 100$	%	Será a menor entre C(VD) e C(VU)		
•	IPF ou ANF	Índice de Perda de Faturamento ou Água Não Faturada	$IPF = (VD - VF) / VD \cdot 100$	%	Será a menor entre C(VD) e C(VF)		
•	ILB	Índice Linear Bruto de Perda	$ILB = (VD - VU) / (EP \cdot ND)$	m <sup>3</sup> /km.dia	Será a menor entre C(VD), C(VU) e C(EP)		
•	IPL	Índice de Perda por Ligação	$IPL = (VD - VU) / (LA \cdot ND)$	m <sup>3</sup> /lig.dia	Será a menor entre C(VD) e C(VU)		

Notas: \* Valores fixados conforme critérios especificados neste DTA.

\*\* Valores a serem estabelecidos no futuro, quando se detiver informações operacionais suficientes.

(Continua)

VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003  
DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO ÁGUA

(Continuação)

INDICADORES INTERMEDIÁRIOS E AVANÇADOS				
INFORMAÇÕES-CHAVE				
N.	Sigla	Nome	Fórmula	Un.
22	VFU	Volume fisicamente utilizado	$VFU = VU + \delta m + \delta M \pm \delta E$	m <sup>3</sup>
23	$\delta m$	Resultantes dos erros sistemáticos de micromedição	$\delta m = f(km, Em)$	m <sup>3</sup>
24	$\delta M$	Resultantes dos erros sistemáticos de macromedição	$\delta M = f(kM)$	m <sup>3</sup>
25	$\delta E$	Desvios estatisticamente fixados de 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	$PRAC = \text{Perdas Reais} \cdot 1000 / (\text{numero de ramais} \times 365 \times T/100)$	litros/ramal/dia
33	PRAI	Perdas Reais Anuais Inevitáveis	$PRAI = (18 \times ET / LA + 0,7 + 0,025(ET - EP)/LA) \times P$	litros/ramal/dia
INDICADORES INTERMEDIÁRIOS				
•	PFD	Índice de Perda Física na Distribuição	$PFD = (VD - VFU) / VD \cdot 100$	%
•	ILF	Índice Linear de Perda Física	$ILF = (VD - VFU) / (ET \cdot ND)$	m <sup>3</sup> /km.dia
•	PFP	Índice de Perda Física na Produção	$PFP = (VC - VP) / VC \cdot 100$	%
•	PFA	Índice de Perda Física na Adução	$PFA = (VC - VA) / VC \cdot 100$	%
•	PTR	Índice de Perda Física no Tratamento	$PTR = (VA - VP) / VA \cdot 100$	%
•	TPF	Índice Total de Perda Física	$TPF = (VC + VIm - VEx) - VFU / (VC + VIm - VEx) \cdot 100$	%

VERSÃO PRELIMINAR PARA DISCUSSÃO - SETEMBRO/2003  
DTA A2 - INDICADORES DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO ÁGUA

INDICADORES AVANÇADOS				
•	ILP	<b>Índice Linear Ponderado de Perda Física***</b>	$ILP = (ILF_a \cdot \varphi_a \cdot VD_a + \dots + ILF_n \cdot \varphi_n \cdot VD_n) / (VD_a + \dots + VD_n)$	m <sup>3</sup> /km.dia
•	ILI	<b>Índice de Vazamentos da Infraestrutura</b>	$ILI = PRAC / PRAI$	-

Nota: \*\*\* Os Fatores de Ponderação de Pressão na Rede (FPP ou  $\varphi_{a...n}$ ) serão estabelecidos no futuro, quando se detiver informações operacionais suficientes.

