

II JORNADAS TÉCNICAS DA APRH
ÁGUAS DE ABASTECIMENTO E SANEAMENTO
EM ZONAS COSTEIRAS TURÍSTICAS
PLANEAMENTO E GESTÃO DOS SISTEMAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO
EM ZONAS CARENCIADAS
ANÁLISE E CONTROLE DE FUGAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

EDUARDO RIBEIRO DE SOUSA

(Doutor em Eng^a Civil. Professor Associado do IST. Consultor da Hidrosistemas,
Estudos Especiais de Sistemas Hídricos e Ambientais, Lda^a., Lisboa)

RESUMO

Nos últimos anos tem sido reconhecida, pelas entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água, a necessidade cada vez maior de reduzir os consumos existentes através da diminuição de perdas e controle de fugas nos respectivos sistemas. Mesmo nos países com abundantes recursos hídricos esta necessidade tem sido justificada, ainda, pelos aumentos do preço da energia e dos custos do tratamento da água; nos países menos desenvolvidos esta necessidade é complementada pela existência crescente em utilizar racional e eficazmente os recursos financeiros disponíveis. Na presente comunicação analisam-se e descrevem-se, em termos gerais, os principais aspectos e métodos relativos ao controle de fugas em sistemas de distribuição de água, numa perspectiva da abordagem económica do assunto. Em primeiro lugar, faz-se um enquadramento do problema, seguindo-se uma descrição dos métodos de controle de fugas e, finalmente, analisam-se os princípios gerais de avaliação económica das estratégias de controle.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem sido reconhecida, pelas entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água, a necessidade cada vez maior de reduzir os consumos existentes através da diminuição de perdas e controle de fugas nos respectivos sistemas. Mesmo nos países com abundantes recursos hídricos esta necessidade tem sido justificada, ainda, pelos aumentos do preço da energia e dos custos do tratamento da água; nos países menos desenvolvidos esta necessidade é complementada pela exigência crescente em utilizar racional e eficazmente os recursos financeiros disponíveis, os quais são em geral escassos.

Os benefícios financeiros decorrentes da redução do consumo, quer pelo controle de fugas quer pela diminuição de perdas nos sistemas de distribuição, devem ser acompanhados por uma abordagem económica do problema. Muitos benefícios, directos ou indirectos, podem ser obtidos através de uma adequada e efectiva estratégia de controle, de entre os quais se podem destacar os seguintes:

- a) diferimento no investimento em capital fixo em novas obras de ampliação do sistema;
- b) redução dos custos associados ao tratamento e bombagem da água nas instalações existentes;
- c) conhecimento mais profundo e, conseqüentemente, uma exploração mais eficiente dos sistemas de distribuição de água existentes;
- d) aumento do nível de satisfação dos consumidores resultante de uma maior disponibilidade de água e, possivelmente, de uma crescente fiabilidade de funcionamento do sistema de distribuição;
- e) aumento das receitas da entidade gestora do sistema de abastecimento de água.

Os benefícios apontados devem ser sempre comparados com os custos envolvidos na implementação de uma dada estratégia de controle de fugas; no entanto, a experiência neste campo tem demonstrado que, à parte de casos excepcionais, os benefícios ultrapassam os custos envolvidos na execução da estratégia. As estratégias de controle de fugas adoptadas por uma dada entidade gestora variam entre medidas simples e económicas, mas eficazes, e outras medidas que utilizam técnicas mais sofisticadas tirando partido das novas tecnologias disponíveis; no entanto, é fundamental que seja sempre mantido um equilíbrio do custo/benefício.

O objectivo primordial nesta área da engenharia dos sistemas de distribuição de água é o estabelecimento de uma estratégia adequada de controle de fugas, ampliando-a progressivamente à medida das necessidades e mantendo um nível de intervenção que seja económica e/ou socialmente justificado.

Este princípio, baseado acima de tudo na racionalização dos métodos de actuação, nem sempre tem sido seguido em muitos países. De facto, se há casos onde são aplicados eficientes métodos de controle de fugas, englobando-se nestes a não existência de quaisquer medidas por esta ser a forma de actuação economicamente mais adequada, há outros em que a implementação daqueles métodos não é a mais apropriada ou os níveis de recursos financeiros dispendidos neste aspecto são pouco eficazes e incorrectos. Em termos simples e práticos, é fundamental que na estratégia a seguir em cada caso se estabeleça, em primeiro lugar, os níveis de perdas do sistema da forma o mais rigorosa possível, se avalie os benefícios decorrentes da redução destes níveis para novos níveis e, finalmente, se aplique a metodologia de controle mais efectiva sob o ponto de vista de custos, de forma a atingirem-se os objectivos pretendidos.

Na Figura 1 apresenta-se um fluxograma sumário para a definição da estratégia de controle de fugas em sistemas de abastecimento de água.

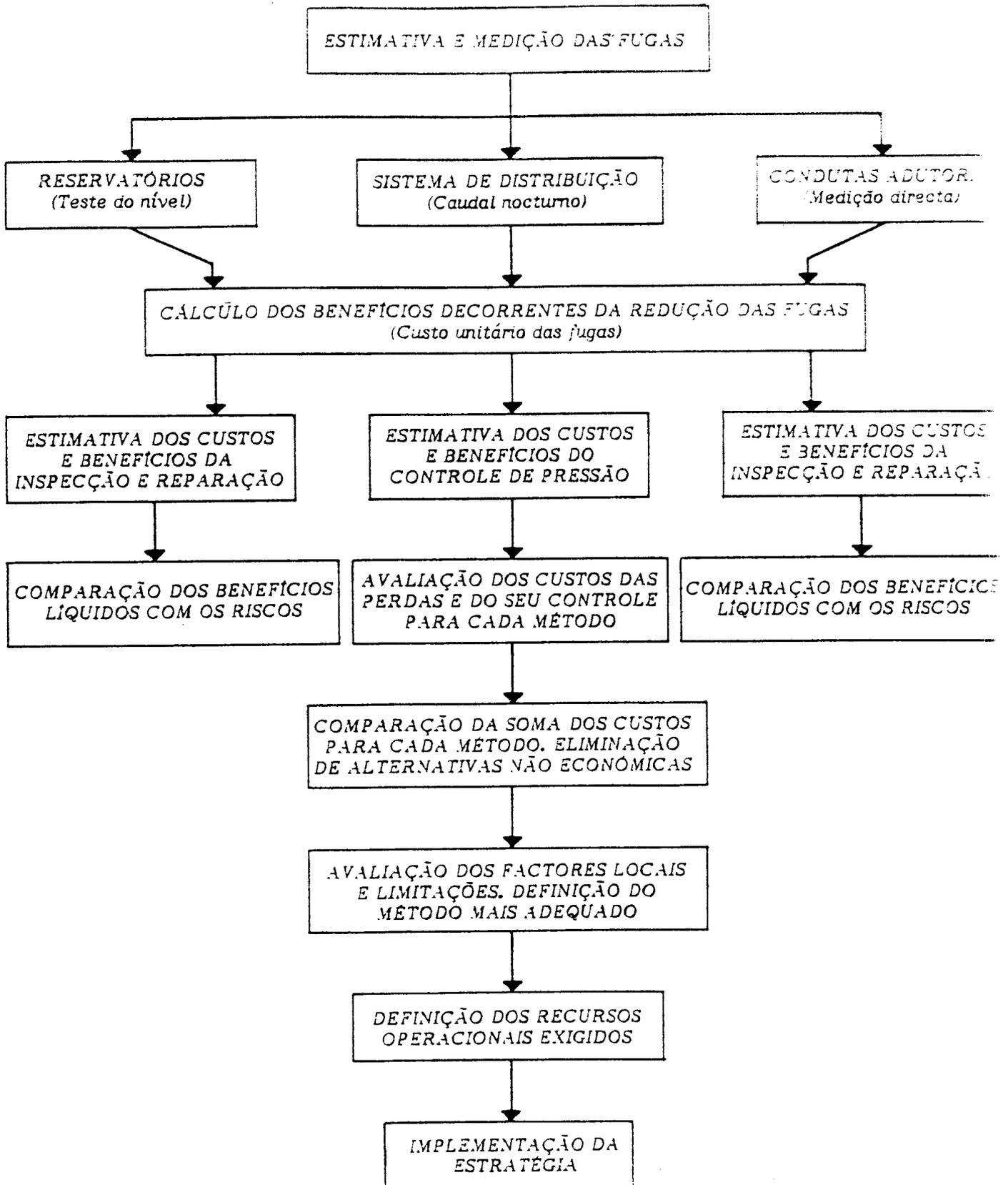


FIG. 1 - Fluxograma para a definição da estratégia de controle de fugas em sistemas de abastecimento e distribuição ("Water Research Centre")

2. MÉTODOS DE CONTROLE DE FUGAS

Os métodos de controle de fugas em sistemas de abastecimento de água podem ser divididos nos três seguintes grupos:

- 1) Fugas em reservatórios e outros órgãos de armazenamento de água do sistema;
- 2) Fugas em condutas adutoras principais;
- 3) Fugas no sistema de distribuição de água propriamente dito.

2.1 - Fugas em reservatórios e outros órgãos de armazenamento de água do sistema

Neste caso, o método usual para estimar o volume de fugas é isolar os reservatórios do resto do sistema e medir a variação do nível de água ao longo de um adequado intervalo de tempo de forma a garantir um rigor suficiente do método.

Este método é particularmente simples quando os reservatórios compreendem mais do que uma célula de armazenamento.

Na avaliação das fugas em reservatórios deve ser prestada atenção, também, a possibilidade de extravazamento através das descargas de superfície. Uma forma simples de verificar se esta situação ocorreu é a de colocar um pouco de areia no bordo da tubagem de descarga de superfície e proceder a inspecções periódicas.

2.2 - Fugas em condutas adutoras principais

No caso de condutas adutoras as fugas podem ser medidas de diversas formas, mas as estimativas rigorosas são possíveis apenas quando as condutas possam ser isoladas do restante sistema de abastecimento. No contexto da presente comunicação consideram-se, portanto, condutas adutoras principais aquelas que não tenham ramificações (ou apenas algumas com pouco significado em termos de caudal) e construídas para transportarem caudais importantes. Consequentemente, um método simples e usualmente utilizado consiste em recorrer a um medidor de caudal em "by-pass" à conduta. Neste método são escolhidas e seccionadas duas válvulas na conduta adutora sendo o "by-pass" feito entre montante e jusante da válvula de seccionamento mais a montante; no "by-pass" é instalado um medidor que permita medir o caudal residual existente. Embora este método não exija equipamento sofisticado, é importante assegurar que a obturação das válvulas de seccionamento na conduta adutora seja total.

Para além do aspecto apontado, que apenas permite determinar o volume das perdas existente, o problema que se levanta a seguir é o da sua localização. Neste caso podem ser utilizados diversos métodos, tais como o recurso a equipas que percorrem a conduta com o objectivo de identificar sinais de água, mudanças de coloração da relva ou de outra vegetação ou, em alternativa, fazem a pesquisa acústica de fugas em válvulas, juntas ou outros órgãos acessórios da conduta adutora.

2.3 - Fugas no sistema de distribuição de água

Neste contexto entende-se por sistema de distribuição de água a parte do sistema de abastecimento que exclui as captações, as estações de tratamento, as condutas adutoras principais e os reservatórios.

Consequentemente, são incluídos todos os órgãos desde as condutas distribuidoras principais, as quais estão demasiado interligadas com o sistema de forma a poderem ser consideradas como condutas adutoras, até às instalações dos consumidores. Assim sendo, as fugas no sistema de distribuição não são só da responsabilidade da entidade gestora mas também dos próprios consumidores, muito embora de uma forma apenas parcial. No entanto, como se torna praticamente impossível diferenciar as duas componentes, é usual considerar as fugas como um todo.

Os métodos de controle de fugas em sistemas de distribuição podem ser listados como a

seguir se indica:

- a) controle passivo;
- b) pesquisa acústica de rotina;
- c) medição por sectores;
- d) medição da água perdida;
- e) medição mista.

Como método complementar ou indirecto dos anteriormente apontados é usual considerar o controle de pressão no sistema de distribuição, que embora não envolva a medição e localização das fugas deve constituir uma componente de qualquer estratégia de controle.

No primeiro caso, a estratégia de controle consiste em apenas separar as fugas visíveis ou aquelas detectadas como resultado de queixas dos consumidores quanto a redução de pressões, interrupção do fornecimento ou ruído do sistema de distribuição interior. Portanto, neste método não é tomada qualquer iniciativa quanto à detecção e localização das fugas. Este método apenas é recomendado em zonas onde exista água em abundância e a baixo preço, assim como em sistemas em que as características do solo permitam que os escoamentos subterrâneos facilmente se evidenciem.

No segundo caso (pesquisa acústica de rotina), o método consiste na mobilização de equipas de campo que sistematicamente percorrem toda a rede de distribuição fazendo a pesquisa acústica em válvulas, bocas de incêndio, juntas e outros órgãos acessórios com equipamento adequado para a escuta do ruído característico da fuga da água.

Este equipamento pode variar desde os detectores convencionais de fugas (geofones) até meios electrónicos sofisticados como o "correlacionador" (da terminologia inglesa "leak noise correlator"), instalados em veículo automóvel.

A pesquisa acústica de rotina é, talvez, um método eficaz em zonas onde o valor da poupança de água é relativamente baixo, dadas as suas características de reduzido custo. No entanto, é importante salientar que o recurso exclusivo a este tipo de método conduz, em geral, à determinação de níveis mais elevados de fugas do que as técnicas que envolvam a medição, a seguir apresentadas.

O método da medição por sectores consiste na instalação de um ou mais macromedidores que permitam medir toda a água distribuída a um sector da rede de distribuição (normalmente, cada sector compreende cerca de 5000 ramais domiciliários). Estes macromedidores devem ser lidos com uma periodicidade regular (diária, semanal ou mensal) e identificados os sectores que apresentem aumentos significativos de caudal entre leituras.

Para os sectores em que se verifiquem estas situações, então são mobilizadas equipas de campo que operam, para o sector ou sectores respectivos, uma pesquisa acústica de modo idêntico ao apontado no método anterior.

Este método apresenta a vantagem de ser mais motivador para as equipas que operam a pesquisa acústica, uma vez que nos sectores onde esta pesquisa é feita há sempre a garantia de virem a ser localizadas fugas no sistema de distribuição.

No entanto, a maior desvantagem do método verifica-se quando esta estratégia de controle é implementada em sectores que anteriormente já apresentavam elevados níveis de fugas, uma vez que definido o valor do consumo, este passa a constituir o número normal de referência. Por este motivo é sempre conveniente que, paralelamente, o caudal medido em cada sector seja convertido a l/ligação.hora, de forma a que os sectores com valores elevados deste parâmetro sejam considerados prioritários para a localização das fugas.

Para além dos aspectos apontados, é importante referir que devem ser feitas medições, por exemplo entre as 3 e 4 horas da manhã, de forma a ser possível calcular o consumo

nocturno mínimo⁽¹⁾ quando a estratégia de controle é implementada. Finalmente, salienta-se que o método de medição por sectores não é tão sensível ao aumento das fugas como a medição da água perdida, nem determina com grande rigor a localização das fugas.

O método de medição da água perdida consiste em isolar zonas do sistema de distribuição (normalmente, cada zona compreende cerca de 1000 ramais domiciliários), de tal forma que pela obturação correcta de válvulas de seccionamento seja possível garantir o abastecimento da zona por um único ponto de alimentação, no qual possa ser instalado, em "by-pass", um medidor de elevada sensibilidade e precisão de pequenos caudais. Em alternativa, o medidor pode ser do tipo portátil, montado em veículo automóvel, o qual pode ser ligado à conduta distribuidora em bocas de incêndio. O medidor, que se destina a medir os caudais nocturnos mínimos, deve ser posto em funcionamento, por exemplo a partir da meia noite, e deixado no local durante a noite⁽²⁾.

Se após a análise dos valores obtidos se verificar um aumento significativo de caudal em relação ao teste anterior numa mesma zona, então pela obturação criteriosa de válvulas de seccionamento que isolem áreas cada vez mais circunscritas é possível identificar as condutas para as quais deve ser feita uma pesquisa acústica, tendo em vista a localização de pontos de fuga.

A metodologia anterior deve ser aplicada como critério de rotina pelo menos duas vezes no ano ou, se possível, com uma maior periodicidade. Este método, que apresenta a vantagem de permitir a detecção de pequenas fugas, tem o inconveniente do dispêndio em tempo nas zonas onde não tenham ocorrido fugas desde o último teste.

Como resultados indirectos de um estudo de fugas utilizando este método é possível obter uma série de elementos estatísticos do sistema de distribuição, tais como os consumos de água per capita e por categoria de consumidor, o consumo por hectare, os coeficientes de ponta diários e horários, etc..

Finalmente, a medição mista, como o próprio nome indica, consiste numa aplicação conjunta dos dois métodos anteriormente referidos. Assim, se num dado estudo, o método da medição por sectores recomendar uma acção mais apurada e destinada à redução do nível de perdas de uma dada zona, o método de medição da água perdida seria utilizado com vista a uma localização mais rigorosa dos pontos de fuga no sistema de distribuição.

O controle da pressão, que não constitui um método de detecção no rigor do termo mas antes um critério preventivo da ocorrência de fugas, tem um papel de relevo na engenharia dos sistemas de distribuição de água. De facto, para além da redução de pressão permitir uma diminuição dos níveis de fugas, este critério pode, ainda, reduzir os consumos na distribuição. A experiência tem mostrado que em sistemas com pressões de serviço elevadas, a sua diminuição conduz de imediato a reduções significativas de consumo e de fugas.

Diversos estudos têm sido levados a efeito para a avaliação dos métodos mais adequados para a redução da pressão nos sistemas de distribuição de água, dos quais se salientam a reformulação das alturas de elevação em estações de bombagem, a redefinição das zo-

(1) - Verifica-se na prática que o consumo nocturno mínimo é um factor indicador da possibilidade ou não de fugas num dado sector. Esse indicador é, em geral, dado pela taxa de consumo nocturno mínimo (C) calculada pela expressão:

$$C = \left[\frac{Q_{nm} - Q_i}{Q_{mn} - Q_i} \right] \times 100$$

sendo:

Q_{nm} - caudal nocturno mínimo

Q_{mn} - caudal médio horário

Q_i - caudal industrial

(2) - Neste caso ao medidor deve ser acoplado um registador de caudal instantâneo.

nas de pressão sob a influência dos reservatórios de distribuição e a introdução de dispositivos redutores de pressão.

É na análise do critério de controle de pressão que a aplicação de modelos computacionais (equilíbrio hidráulico e/ou simulação dinâmica) tem um papel importante, senão decisivo.

3. AVALIAÇÃO ECONÓMICA DA ESTRATÉGIA DE CONTROLE DE FUGAS

Tal como foi salientado no capítulo introdutório da presente comunicação, a decisão sobre a selecção da estratégia de controle de fugas a implementar num dado sistema de abastecimento de água deve ser sempre fundamentada numa análise de custos/benefícios, uma vez que podem ser incorridos custos desnecessários.

Nesta análise, cujos princípios gerais se enunciam neste capítulo, devem ser tidos em consideração os seguintes aspectos:

- a) dimensão do problema das fugas no sistema;
- b) custos decorrentes das fugas para a entidade gestora do sistema de abastecimento de água;
- c) análise dos custos de implementação de um ou mais métodos de controle de fugas, anteriormente enunciados.

Quanto ao primeiro aspecto, a sua avaliação e estimativa pode ser feita com um rigor relativamente adequado pelo recurso a técnicas de medição das variações dos níveis de água nos reservatórios, da medição directa em condutas adutoras e do caudal nocturno mínimo e comparando estes com valores realistas de uso da água em termos de capitação, consumo por ligação domiciliária, consumo diário esperado ou volumes de água não medidos.

Uma vez estabelecida a dimensão do problema das fugas, o correspondente custo unitário deve ser calculado para todo o sistema ou apenas para uma zona de distribuição mais restrita.

Este custo unitário deve ser baseado nos custos anuais de exploração e no diferimento de investimentos em capital fixo que a estratégia de controle possa acarretar. No primeiro caso, devem ser consideradas as componentes de custos, tais como gastos de energia em bombagem, encargos com produtos químicos usados no tratamento da água, encargos de manutenção e, em certos casos, os preços do metro cúbico de água bruta ou já tratada que seja adquirida a outra entidade. O diferimento de investimentos em capital fixo é, sem dúvida, a componente que mais dificuldades apresenta de cálculo, não só pela subjectividade envolvida mas também pelos inúmeros factores que a afectam, dos quais se destacam as condições de financiamento dos investimentos, a taxa de inflacção a usar, etc..

Em princípio, a redução do nível de fugas conduz a uma diminuição das necessidades de água da mesma ordem de grandeza em anos subsequentes, o que permite que a ampliação dos sistemas de abastecimento possa ser diferida por alguns anos, dependendo apenas da taxa de crescimento dos consumos. Quanto maior for a redução do nível de fugas no sistema maior será o diferimento dos investimentos em capital fixo. Uma vez concluídas estas análises, o custo unitário das fugas pode ser calculado da forma a seguir indicada:

$$\left[\begin{array}{c} \text{Custo unitário} \\ \text{das fugas} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Custo unitário} \\ \text{de exploração} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{Custo unitário de} \\ \text{capital fixo} \end{array} \right]$$

Por outro lado, o custo anual do consumo nocturno líquido⁽¹⁾ pode ser obtido pela seguinte expressão:

(1) - Diferença entre o consumo nocturno mínimo e o consumo efectivo medido durante a noite.

$$\left[\begin{array}{c} \text{Custo anual} \\ \text{das fugas} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Consumo nocturno} \\ \text{líquido} \end{array} \right] \times 24 \times 365 \times \left[\begin{array}{c} \text{Custo unitário} \\ \text{das fugas} \end{array} \right] / 1000$$

(unid.monetárias por ligação)
(l/ligação.h)
(unid.monetárias por m³)

Finalmente, os custos de implementação e execução de cada um dos métodos de controle de fugas tecnicamente viáveis para o caso em análise devem ser calculados, entrando em consideração com os factores indicados no Quadro 1.

QUADRO 1

TIPO DE MÉTODO DE CONTROLE	COMPONENTES DE CUSTOS
1. Controle passivo	.Nulo
2. Pesquisa acústica de rotina	.Mão de obra da pesquisa; equipamento: reparação das fugas detectadas.
3. Medição por sectores	.Aquisição e montagem dos medidores; mão de obra na montagem e leitura dos medidores; inspecção; reparação das fugas detectadas; verificação dos medidores após os testes.
4. Medição da água perdida	.Aquisição e montagem dos medidores; registo dos consumos nocturnos; mão de obra na montagem e leitura dos medidores; execução dos testes; mão de obra na pesquisa; reparação das fugas detectadas.

Em síntese, é possível e fundamental calcular, por um lado, os custos anuais das fugas e, por outro, os custos anuais de implementação e execução de uma dada estratégia de controle, sendo viável a partir dos resultados esperados para cada método definir a política mais adequada economicamente para cada caso.