

## CÁLCULO DO FATOR DA CONDIÇÃO DE INFRAESTRUTURA (FCI)

### **Robson Fontes da Costa** <sup>(1)</sup>

Tecnólogo em Obras Hidráulicas pela FATEC/SP, Engenheiro Civil pela Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL), Engenheiro Sanitarista pela Faculdade de Saúde Pública de São Paulo (FSP/USP), Engenheiro Projetista de Válvulas Indústrias pela Faculdade de Mecatrônica da Politécnica de São Paulo (POLI/USP), Mestre em Tecnologias Ambientais pelo Centro Paula Souza (CPS/SP).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Avenida dos Remédios, 810 – Vila Santa Edwiges, São Paulo - SP - CEP: 05107-002 - Brasil - Tel: +55 (11) 944907570 - e-mail: [robson.costa@estacio.br](mailto:robson.costa@estacio.br).

### **RESUMO**

As perdas reais são constituídas pelos vazamentos que ocorrem nas redes de distribuição, além de extravasamentos de reservatórios.

Tendo em vista a necessidade de otimização do gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água, este trabalho visa definir diretrizes metodologias e procedimentos que possibilitem determinar experimentalmente e através de cálculos, os indicadores que melhor definam as condições em que se encontram estes sistemas e paralelamente, em função dos dados obtidos, determinarem índices de perdas de água de acordo com padrões internacionais.

Para tanto, foram realizados testes em duas áreas bem controladas, protegidas por VRP, que por suas características permitiam a realização de testes que nos possibilitasse determinar o Fator de Condição da Infraestrutura e o Índice de Vazamentos na Infraestrutura, como em outra área isolada, sem controle.

**PALAVRAS-CHAVE:** Perdas Reais, Fator de Condição de Infraestrutura, Vazamentos Inerentes.

### **INTRODUÇÃO**

Podemos utilizar duas formas para estimar o volume de vazamentos em sistemas de abastecimento:

- Balanço hídrico - são computados os valores macro medidos e micro medidos com suas prováveis incertezas; destes valores, são expurgados os usos sociais, operacionais e fraudes.
- Vazão mínima noturna – que é calculada em função de dados históricos, ou coletada de macro medidores dotados de registradores eletrônicos. Em função do perfil de consumo da área, são definidos os consumos excepcionais que ocorrem no horário da vazão mínima noturna (VMN) que devem ser expurgados fornecendo o volume de vazamentos.

A combinação dos dois resultados deve fornecer o volume de perdas do sistema em estudo.

Para se obter resultados mais próximos do real, recomenda-se trabalhar sempre com dados acumulados de grandes períodos de medição, pelo menos doze meses, principalmente no que se refere ao Balanço Hídrico. Os micros medidores são lidos ao longo de um período em função do setor comercial a que pertencem e que nem sempre coincidem com os setores de abastecimento. O volume auferido ao final de uma coleta de leituras, que pode demorar até um mês para ser efetuada, não pode ser comparado a uma leitura feita pontualmente em um macro medidor; estas diferenças são diluídas ao longo do tempo, quanto maior for o período de comparação.

### **FCI – FATOR DA CONDIÇÃO DE INFRA-ESTRUTURA**

Quando iniciamos os estudos de um sistema qualquer de abastecimento, partimos da premissa que, por mais conhecimento que tenhamos a respeito da área, pouco se sabe. Seria absurdo propor que toda uma rede fosse exposta para que pudéssemos observar seu estado de conservação e os prováveis locais de vazamentos, da mesma forma como seria absurda a

decisão de se trocar todo um sistema de abastecimento apenas pressupondo seu estado de conservação em função da sua idade.

Normalmente o grau de conhecimento que temos a respeito destes sistemas está registrado em cadastros técnicos, onde são lançados os tipos de material, as profundidades, os diâmetros e com muita sorte a idade destas redes. Não são lançados nestes cadastros, os tipos de solo, a forma como foram assentadas as redes, reaterros, etc.

Outra fonte de informação de que dispomos, vem da quantidade de vazamentos localizados, visíveis e comunicados ou detectados através de varreduras com utilização de equipamentos.

Estas informações nem sempre são suficientes para demonstrarem a realidade do sistema como um todo.

O FCI é um número adimensional que relaciona as menores perdas inerentes de um sistema ao valor de perdas inevitáveis padrões estabelecidos pela International Water Association (IWA), sendo:

### **FCI = MENOR PERDA APARENTE / PERDA INERENTE DA IWA**

O fator FCI, a exemplo do N1, também deve ser determinado experimentalmente. A área escolhida deve ser representativa do sistema em estudo. Não deve ter menos que 200 ramais nem mais que 500 e não deve compreender uma área maior que 5 km de rede.

Para se executar este teste, todas as ligações devem ser fechadas, daí o inconveniente de ser executada em grandes áreas. A área deve estar confinada, e de preferência ser controlada por VRP.

De preferência deve-se utilizar a mesma área onde se executou o teste de N1, pois já foi adaptada para controlar volumes e pressões.

O teste, apesar de parecer relativamente simples, deve ser cercado de todos os cuidados, onde todas as variáveis devem ser controladas.

A IWA define como referência os valores abaixo relacionados, obtidos a uma pressão de 50mca.

- Perdas em redes = 20 litros por km/h
- Perdas em ferrules = 1,25 litros por ramal/h
- Perdas em ramais = 0,50 litros por ramal/h

### **CÁLCULO DO FCI**

Quando a área em que será feito o teste já estiver definida, deve-se elaborar um cronograma detalhado de cada atividade com as respectivas datas.

Este cronograma deverá ser repassado a todas as unidades que direta ou indiretamente possam ser afetadas ou possam afetar no teste.

Se a empresa em questão tiver um sistema telefônico de ajuda ao consumidor, e grupos de manutenção independentes da equipe envolvida nos testes estes deverão ser os primeiros a serem comunicados.

Muitas pessoas podem desconsiderar a comunicação por escrito opondo resistência à execução do teste, buscando informações nestes locais.

Nenhuma intervenção deve ser feita na área sem o prévio conhecimento e consentimento da equipe responsável pelo teste.

• Quando da execução dos cálculos há que se considerar que todos os valores da IWA foram determinados para uma pressão de 50mca, logo, todos os dados obtidos devem ser corrigidos para esta pressão ou a comparação não terá sentido.

As perdas inerentes padrão devem ser determinadas pela seguinte expressão:

$$PI = 20 * L_{rede} * (P/50)^{N1}/1000 + 1,25 * 24 * Q_{tde\ ramais} * (P/50)^{N1}/1000 = m^3/dia \quad (1)$$

$$PI = 0,48 * L * (P/50)^{N1} + 0,03 * N_r * (P/50)^{N1} \quad (2)$$

Onde:

FCI = Volume de vazamentos

- 1-PI = perda inerente IWA
- 2-Lrede = comprimento de rede do sistema em estudo em km
- P = pressão atuante no ponto médio no horário do teste em mca
- N1 = fator determinado experimentalmente para o setor ou área
- Qtde ramais = quantidade de ramais

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **ESTUDO DE CASO I – VRP 01**

A área do estudo faz parte da área de influência da Válvula Redutora de Pressão (VRP), com 1,51 km de extensão, 420 ligações predominantemente residenciais, com pequenos comércios e sem grandes consumidores.

Porém, para um melhor desempenho do teste executou-se fechamento de válvulas para diminuição da área de abrangência. Com isso a nova configuração da área reduziu-se para:

Extensão: 1,10 km  
Nº de ligações: 222

A rede de distribuição foi assentada em 1977, portanto possuindo mais de 30 anos, totalmente em ferro fundido, sendo que os ramais prediais são todos em PEAD.

Para localização dos vazamentos não visíveis foi utilizado a tecnologia dos Sensores de Ruídos, sendo executadas 4 (quatro) patrulhadas totalizando 4 vazamentos em ramais, sendo que a 4ª patrulhada foi efetuada no dia do teste, onde foram detectados 2 (dois) ramais com vazamentos. Cabe ressaltar que antes da instalação dos sensores a área havia sido geofonada, e as vias principais com pesquisa de correlacionador de ruídos.

Foi instalado medidor de pressão no ponto médio da área (PPMS), determinado através da metodologia AZP, resultando pressão média de 46 mca.



**Foto 01 – Hidrômetro da VRP, utilizado para leitura do teste**

Para efetuar a medição de vazão no período do teste utilizamos o hidrômetro instalado na própria VRP. Todas as ligações foram fechadas sendo trocados nove registros que não estavam vedando durante o teste. Os moradores foram informados através de panfletos distribuídos com dois dias de antecedência ao teste. A leitura do hidrômetro no início da medição (12:48 h) foi de 1364,720 m<sup>3</sup> e a leitura final (13:48 hs) foi de 1378,530 m<sup>3</sup>, totalizando um volume de 3,81 m<sup>3</sup> ou 3810 litros, valor este considerado como volume de vazamentos inerentes.

## RESULTADOS

$$FCI = \frac{(Q \text{ teste}) * 24}{((Q_{vre} * 24/1000) * L \text{ rede} * (P/50)N1) + ((Q_{vra} * 24/1000) * N^{\circ} \text{ lig} * (P/50) N1)}$$

(3)

onde:

Q teste = vazão do teste = 3,81 m<sup>3</sup>/hora

Q vre = vazão de vazamentos em rede = 20 l/hora (valor tabelado)

Q vra = vazão de vazamentos em ramal = 1,25 l/hora (valor tabelado)

L rede = comprimento de rede = 1,51 km

P = Pressão média na área = 46 mca

N1 = 1,12 conforme teste realizado na UN Leste

Nº lig = 420 Número de ligações da área.

Com esses dados resultou-se em:

**FCI = 7,53**

## ESTUDO DE CASO II- VRP 2

A área do estudo faz parte da área de influência da Válvula Redutora de Pressão (VRP). Como as vazões dos vazamentos inerentes são muito baixas, optou-se por diminuir a área de atuação da VRP, para garantir a faixa de leitura do hidrômetro. Para isso solicitou-se a instalação de dois registros de parada.

Com isso a área do teste foi reduzida para uma extensão de 0,389 km e 128 ligações predominantemente residenciais, com um pequeno comércio e sem grandes consumidores, conforme tabela abaixo:

**Tabela 01 – Dados Cadastrais**

<b>Tubulação de Distribuição (Diâmetro.Material e Comprimento)</b>		
<b>75 mm</b>	<b>FoFo</b>	<b>0,189 km</b>
<b>100 mm</b>	<b>FoFo</b>	<b>0,200 km</b>
<b>Dados das ligações</b>		
<b>Comercial</b>		<b>1</b>
<b>Residencial</b>		<b>128</b>

Selecionou-se uma área na qual era possível monitorar a vazão dos vazamentos inerentes. Como estas vazões são muito baixas, foi instalado um “by-pass” na tubulação de entrada, com uma ligação de PVC entre dois colares de tomadas. O fechamento da válvula garantia a estanqueidade para esta medição, conforme foto 03e 04 abaixo. O medidor instalado foi um hidrômetro Classe C “Y” de 1,5 m³/h.



**Foto 02 – Detalhe do By – Pass e medidor instalado**

Conforme o plano de ação estabelecido houve um previa preparação da área com a panfletagem de um aviso aos clientes sobre a atividade desenvolvida, além das vistorias realizadas na área do teste, mas em toda a área física da VRP.

Para localização dos vazamentos não visíveis, geofonou-se o local, sendo apontados três vazamentos na área física apenas um vazamento de ramal na área do teste, encaminhados para conserto.

Para garantir que a vazão registrada fosse apenas aquela proveniente de vazamentos inerentes, foram desconectados os hidrômetros de todas as ligações, evitando possíveis consumos dos clientes. As fotos abaixo representam algumas destas ligações.



**Foto 03 – Ligação de água desconectada durante o teste**



**Foto 04 – Ligação de água desconectada durante o teste**

Após a realização do teste foram lacradas todas as ligações.



**Foto 05 – Cavalete Múltiplo Lacrado após os testes**

Iniciou-se a leitura do teste às 12h50min, sendo realizadas leituras com intervalos de 5min durante uma hora e 05 leituras com intervalo de 1min, para conferência.

**Tabela 02 – Leitura de vazão**

<b>Início</b>	<b>11:23h</b>
<b>Tempo(min)</b>	<b>Leitura</b>
12:50	0,58
12:55	0,68
13:00	0,77
13:05	0,85
13:10	0,92
13:15	1,00
13:20	1,07
13:25	1,15
13:30	1,21
13:35	1,32
13:40	1,39
13:45	1,46
13:50	1,54

A vazão foi de 0,960m<sup>3</sup>/h ou 960 litros/h.. Este valor é considerado como o do volume dos vazamentos inerentes.

## RESULTADO

$$FCI = \frac{(Q \text{ teste}) * 24}{((Q_{vre} * 24/1000) * L \text{ rede} * (P/50)^{N1}) + ((Q_{vra} * 24/1000) * N^{\circ} \text{ lig} * (P/50)^{N1})}$$

(4)

onde:

Q teste = vazão do teste = 0,960 m<sup>3</sup>/hora

Q vre = vazão de vazamentos em rede = 20 m<sup>3</sup>/hora (valor tabelado)

Q vra = vazão de vazamentos em ramal = 1,25 m<sup>3</sup>/hora ( valor tabelado)

L rede = comprimento de rede = 0,389 km

P = Pressão média na área = 25 mca

N1 = 1,15 conforme tabela IWA

Nº lig = Número de ligações da área = 128 ligações

Com esses dados resultou-se em:

**FCI = 12,79**

## CONCLUSÕES

Os valores encontrados nos testes estão bem acima da média indicada pela IWA (Associação Internacional da Água), que devem estar próximos de um (1), ou seja, estamos quase 12 vezes piores, que o sistema desejado.

Apesar deste resultado, o indicador se torna muito útil na medida em que identifica estas situações, podendo ser utilizado como ferramentas de referência para tomada de decisões.

Percebe-se que uma nova consciência deve surgir dentro de cada companhia de saneamento, pois só se consegue diagnosticar problemas se as informações forem seguras, por outro lado só se consegue informações seguras se houver uma política voltada não só para o trabalho operacional e braçal, mas também e principalmente para o controle deste trabalho.

Não basta concertar centenas de vazamentos em um dia, se não se conhece o ganho auferido destes concertos. Pode parecer absurda tal afirmação, uma vez que se um vazamento deixou de existir, logo haverá um ganho. Se houvesse uma preocupação em se monitorar e comparar valores, o que só seria possível com macromedições reais, por mais complexo que possa parecer teríamos o conhecimento necessário das condições de cada sistema de abastecimento.

Após uma varredura completa em uma área, quando vazamentos são detectados e reparados, trazemos esta área a uma condição praticamente de vazamentos inerentes ou não detectáveis, desta feita o acompanhamento da evolução do consumo desta área, forneceria referências para uma nova investigação assim que os valores ultrapassassem padrões preestabelecidos. Quando a infraestrutura em questão já está comprometida, é comum ocorrerem novos vazamentos em um curto espaço de tempo, o que é de certa forma natural em função do aumento das pressões estáticas causado pela diminuição da vazão que antes era consumida pelos vazamentos.

Este fato só é constatado se tivermos um controle efetivo das macromedições praticamente em tempo real, fornecendo subsídios para ações imediatas.

Note-se que o exemplo citado tem apenas o intuito de demonstrar a importância da confiabilidade dos dados em situações específicas. A demora no retorno destes dados pode representar uma perda imensa de água e conseqüentemente de faturamento.

O acúmulo de informações de longos períodos, dentro da fidelidade proposta, fornecerá subsídios que, com a utilização dos novos indicadores determinarão as ações mais adequadas e mais econômicas a serem tomadas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS – ABENDE. *Detecção de Vazamentos Não-Visíveis: Métodos Acústicos*. Apostila de Treinamento para Profissionais níveis 1, 2 e 3 (CETRE), São Paulo, 2001, 2002.