

Plano de Amostragem de Rede para Controle da Qualidade Bacteriológica da Água - PLANAR 1001

PEDRO CAETANO SANCHES MANCUSO (*)
JOSÉ ROBERTO COPPINI BLUM (**)
CARLOS ROBERTO BEDAQUE SANCHEZ (**)

1. INTRODUÇÃO

A exemplo do que ocorre na indústria o controle de qualidade do processo produtivo de água potável pode ser feito em três etapas distintas:

- Controle na Recepção: é o controle da qualidade da matéria prima, ou seja, da água que chega à estação de tratamento.
- Controle do Processo: É o controle das operações unitárias que compõe o processo de purificação de água.
- Controle do Produto Acabado: É o controle da qualidade do produto acabado, em nosso caso, da água tratada.

Para cada uma das fases acima foram desenvolvidas técnicas específicas sendo apresentado aqui o sistema utilizado pela SABESP referente a terceira fase e que foi concebido tendo como objetivo manter sob vigilância permanente a qualidade bacteriológica da água e identificar as áreas críticas da rede de distribuição de água, orientando as inspeções das instalações e as medidas corretivas necessárias

O PLANAR 1001, sigla pela qual ficou conhecido o Plano de Amostragem de Rede da SABESP, incorpora não só a experiência adquirida na tarefa diária da aferição da potabilidade em inúmeros sistemas de abastecimento em todo o Estado de São Paulo, como também trabalhos teóricos elaborados anteriormente por outros autores entre os quais citamos o Modelo de Amostragem para o Controle da Potabilidade de um Sistema de Distribuição de Água do Eng^o Antonio Carlos M. Mattos.

2. CONCEITUAÇÃO

As características da água na rede de distribuição podem sofrer alterações tanto ao longo da rede distribuidora como ao longo do tempo, isto é, de um instante para o outro. Um controle ideal para a qualidade bacteriológica da água deveria incluir todos os infinitos pontos que compõe a rede e, além disso, deveria prever a análise bacteriológica de toda a água produzida. Diante da impossibilidade de se dispor de tais condições, há necessidade de se definir.

- a) um número finito de pontos representativos.
- b) uma frequência de amostragem para esses pontos.

A definição dos pontos da rede que servirão para amostragem da água leva em conta o fato de que, estando a

água em movimento na tubulação as suas características serão iguais para um trecho da rede. Excepcionalmente podem ocorrer diferenças sensíveis de qualidade entre dois pontos próximos porém admite-se como regra a constância.

A partir daí pode-se definir o Universo de Amostragem constituído de um número finito (N) de pontos, cada um representando um trecho de rede. Quanto maior for esse número, mais confiável será a amostragem. O limite é dado pelas condições operacionais e/ou econômicas de que se dispõe.

Com relação à frequência de amostragem é claro que quanto maior ela for, ou seja, quanto menor for o intervalo entre duas amostragens no mesmo ponto, maior será a confiança que se poderá ter nessa amostragem. As limitações são também, como no caso do número de pontos, de ordem operacional e/ou econômicas.

A Portaria 56 Bsb, do Ministério da Saúde estabelece os critérios para definição do número de pontos e a frequência de amostragem para um controle bacteriológico da água em função da população abastecida (que, grosso modo, é proporcional à extensão da rede).

Um terceiro fator, no entanto, e que deve ser levado em conta na amostragem de uma rede, diz respeito à probabilidade de contaminação

(*) Chefe da Divisão de Controle de Qualidade, do Departamento de Controle Sanitário da SABESP.

(**) Técnicas da Divisão de Controle de Qualidade, do Departamento de Controle Sanitário da SABESP.

associada a um ponto ou a uma seção dessa rede.

Quando a água se torna contaminada **na rede**, a causa pode estar relacionada com:

- a) condições sanitárias locais, como existência de fossas em uso, ligações cruzadas (cross-connections), etc.
- b) interrupções no abastecimento, quando a rede fica mais exposta a infiltrações.
- c) baixo residual de cloro, que não seria tanto uma causa mas muito mais um indicador de problemas na água.
- d) má circulação da água, como nas pontas de rede, onde pode ocorrer acúmulo de sujeira, com o conseqüente consumo do residual de cloro, além de outros problemas

Espera-se então, que os setores ou trechos da rede que apresentam algum desses problemas sejam mais vulneráveis, em termos de contaminação da água. Ou seja, a probabilidade de que a água nesses trechos apresente problemas é maior.

São esses pontos, então, que deverão merecer maior atenção ao se traçar um plano de amostragem da rede.

Uma contaminação pode, eventualmente, ter origem nos reservatórios de distribuição, e, quando isso ocorre, grandes extensões da rede poderão ser atingidas. As saídas dessas unidades se constituem por isso, em pontos de grande interesse para efeito de controle da qualidade bacteriológica da água na rede.

Embora em menor escala, o mesmo se pode dizer com relação a pontos situados junto a prédios que abriguem, em tempo integral ou parcial, grande número de pessoas. A estes, está associada uma maior responsabilidade social no que se refere à potabilidade da água. Nessa categoria se enquadram os hospitais, escolas, creches, asilos, etc., e, eventualmente edifícios de apartamentos, de escritórios, industriais, etc.

A partir dessas considerações podemos então enunciar os dois princípios básicos que deverão nortear o presente Plano de Amostragem de Rede:

1º) Cada ponto da rede representa, para efeito de aferição da qualidade bacteriológica, um **trecho** dessa rede. Uma vez definido esse trecho, **qualquer** ponto situado nêlo representa, em termos de qualidade bacteriológica, todo o trecho.

2º) A **freqüência de amostragem** será definida para cada ponto (ou trecho), em função da probabilidade

de contaminação a ele associada. Quanto maior for a probabilidade de contaminação em um ponto, maior será a freqüência de amostragem nesse ponto.

A esse critério, se somará o critério de interesse social, ou seja, pontos situados junto a saídas de reservatórios, bem como escolas, hospitais, asilos, creches, etc., deverão ter maior freqüência de amostragem.

3. DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÕES

a) Setor de Amostragem — SA

Define-se Setor de Amostragem como um trecho de rede para o qual a qualidade bacteriológica da água é considerada constante. A amostragem de um SA será feita, então em um dos seus pontos (**endereços**) de coleta de amostra.

Desse modo, o universo de amostragem fica constituído de um número determinado (N) de SA'S, com cada SA sendo representado, para efeito de qualidade bacteriológica da água, por um dos seus pontos, ou endereços, de coleta.

Quando um SA contiver em seu interior uma **ponta de rede** ou então um prédio de escola, hospital, asilo etc., (que será chamado aqui de **ponto crítico**), a amostragem desse SA será feita preferencialmente junto a esses endereços. No primeiro caso, devido a maior probabilidade da água apresentar problemas de contaminação, e no segundo pela responsabilidade social.

b) Freqüência de amostragem

A probabilidade da água se tornar contaminada na rede está associada a vários fatores, tais como ausência de cloro residual, má circulação da água, interrupções freqüentes no abastecimento, falta de rede de esgotos etc. Quando um trecho de rede apresenta problemas desse tipo, a amostragem nele precisa ser mais freqüente.

Fica estabelecido, então, que quando um trecho de rede correspondente a um SA apresentar uma das deficiências apontadas acima, a freqüência de amostragem dessa SA será maior.

c) Composição de uma amostra

Para atender ao exposto no item anterior, a composição de uma amostra deve ser tal que os SA com maior probabilidade de contaminação compareçam, proporcionalmente, mais vezes que os demais.

A confiabilidade de uma amos-

tra é definida como a probabilidade de essa amostra conter todas as contaminações existentes na rede durante o intervalo de tempo em que essa amostra é coletada. Ela depende, como já foi dito, de dois fatores: da representatividade e da freqüência de amostragem dos pontos da rede.

A representatividade está vinculada ao número N, de SA's que constituem a rede. Quanto maior for N, menor deverá ser cada SA e maior, portanto, será a representatividade dos pontos.

A freqüência, por outro lado, está vinculada ao número (n) de pontos representativos (i.é, de SA's) por amostra. Quanto maior for esse n.º, maior deverá ser a freqüência de amostragem de cada SA, e portanto maior será a confiabilidade da amostra.

4. ROTEIRO

A elaboração do presente Plano de Amostragem de Rede, inclui as seguintes fases:

a) **Levantamento Cadastral** — Os dados relativos à rede, e que podem ter alguma influência sobre a qualidade bacteriológica da água, devem ser levantados. Áreas onde não há rede de esgotos, onde o abastecimento sofre interrupções freqüentes, onde o residual de cloro costuma se apresentar muito baixo, bem como a localização de pontos de rede e de escolas, hospitais, creches, etc, devem ser anotados numa planta que contenha (de preferência) a rede.

b) **Definição dos Setores de Amostragem** — sobre essa planta é feita a delimitação dos SA's de acordo com os critérios de representatividade mais convenientes. Um mesmo SA não deve estar contido em dois setores de distribuição diferentes (uma vez que as características da água podem ser bastante diferentes de um para outro).

O anexo 1 mostra um exemplo de delimitação de SA's. Cada um deles é identificado por um número.

c) **Sorteio de uma amostra** — a escolha dos SA's que irão compor uma amostra, dada a aleatoriedade na ocorrência e duração das contaminações, poderá ser feita através de sorteio, obedecendo ao exposto no item 3c, isto é, privilegiando os SA's que apresentam maior probabilidade de contaminação. No item 5 é mostrado um modelo de sorteio que atende a esse requisito.

d) **Coleta** — uma amostra fica constituída então de um número (n) de

SA's escolhidos. Em cada um desses SA's é coletada uma amostra bacteriológica, em um endereço localizado no SA. Esse endereço deve ser de preferência, junto a ponta de rede ou ponto crítico, se houver. Não havendo, a coleta pode ser feita em um endereço qualquer (genérico) do SA.

e) **Pontos suspeitos** — quando a água apresentar contaminação, o dia seguinte de coleta deve incluir, além das programadas, uma nova coleta no endereço que apresentou a contaminação e em alguns endereços próximos, para efeito de confirmação e avaliação da extensão do problema. Esses pontos serão classificados como suspeitos.

f) **Atualização** — qualquer modificação referente à rede, como interligações, ampliações, etc., deverá ser anotada para efeito de atualização do cadastro.

Como a escolha dos SA's para amostragem leva em conta os dados referentes a esse cadastro, à medida que os problemas vão sendo levantados, estes irão interferir na composição da amostra, e portanto, na frequência de amostragem. A amostragem, então, estará continuamente dirigida para esses pontos vulneráveis.

A atualização do cadastro é portanto, de importância fundamental na consecução da eficiência desejada pelo presente plano.

5. APLICAÇÃO DO PLANO DE AMOSTRAGEM DE REDE EM FRANCA

Em fins de 1981, a SABESP iniciou a aplicação do Plano à cidade de Franca. Esse trabalho deu origem a um Sistema Computacional, com capacidade para armazenar os resultados da amostragem, dados da atualização cadastral, reavaliando automaticamente as frequências de amostragem em função desses dados, além de fornecer a amostra sorteada. Esse sistema está descrito no anexo 2.

A implantação do Plano seguiu o Roteiro descrito no item 4.

a) **Levantamento cadastral** — o levantamento dos dados referentes à rede de distribuição constou de:

- delimitação em planta das áreas que não contam com rede de esgotos.
- delimitação das áreas onde o abastecimento sofre interrupções frequentes.
- delimitação das áreas onde o residual de cloro costuma se apresentar baixo ($CRL < 0,2$).

- localização das pontas de rede.
- localização de escolas, hospitais, creches, asilos, e outros estabelecimentos públicos que abrigam pessoas em tempo integral.
- localização dos reservatórios de distribuição.

b) Delimitação dos SA's

Sobre a planta contendo os dados cadastrais foi feita a delimitação dos SA's, segundo um critério empírico (cada SA abrange de 5 a 10 quadras, aproximadamente e em formato o mais próximo possível do quadrado — vide anexo 1).

Cada SA recebeu um código de identificação formado pela sigla da cidade, seguida do nº do SA.

Exemplo: FA - 0,38

FA — sigla de Franca

038 — nº do SA

c) Determinação de "p"

O valor "p", que representa a probabilidade do SA ser sorteado, deve refletir a probabilidade de contaminação no SA. Adotou-se, então, um critério numérico que proporcionasse essa relação, como segue:

- valor mínimo de p: 0,1
- O SA apresentou, na última amostragem, residual de cloro maior ou igual a 0,2
SIM — acréscimo de 0,0
NÃO — acréscimo de 0,3
- há rede de esgotos em todo o SA
SIM — acréscimo de 0,0
NÃO — acréscimo de 0,2
- O abastecimento no SA é contínuo ou as interrupções são raras:
SIM — acréscimo de 0,0
NÃO — acréscimo de 0,2
- existe escola, hospital, etc., (ponto crítico) no SA
SIM — acréscimo de 0,1
NÃO — acréscimo de 0,0
- existe ponta de rede no SA
SIM — acréscimo de 0,1
NÃO — acréscimo de 0,0

O valor de "p" é obtido somando-se ao valor mínimo (0,1) aos acréscimos indicados.

c1) Critérios especiais

- quando no interior de um SA estiver localizado um reservatório de distribuição, a amostragem aí deve ser com frequência alta (junto à saída do reservatório). Por isso, atribue-se a esse SA um "p" mínimo de 0,7.
- Quando um SA cadastrado não estiver com a rede em carga,

tornando desnecessária sua indicação para amostragem, o valor "p" atribuído é 0,0, resultando daí que o SA não aparecerá em nenhuma amostra sorteada, até que a rede entre em carga.

d) **Sorteio de uma amostra** — o sorteio de uma amostra é feito de acordo com modelo baseado na **Teoria Matemática das Filas**, cujos detalhes seguem abaixo.

Modelo de Sorteio dos pontos de coleta de amostras

a) a cada SA é associado um dentre os seguintes números: 0,1 — 0,2 — 0,3 — 0,4 — 0,5 — 0,6 — 0,7 — 0,8 — 0,9 — 1,0.

Este número irá representar, como veremos a seguir, a probabilidade do SA ser sorteado.

Assim, um SA cujo número associado for 0,3 tem 30% de chance de ser sorteado, aquele cujo valor é 0,7 tem 70%, e assim por diante. Esse número associado do SA chamaremos genericamente de p.

b) Toma-se um SA, ao qual está agora associado um valor "p" e faz-se um sorteio entre os seus dez valores possíveis.

A este número sorteado chamamos genericamente de "x".

Faz-se então uma comparação do "x" sorteado com o "p" associado ao SA, e toma-se uma das decisões seguintes:

— se ocorrer $x \leq p$, o SA será amostrado

— se ocorrer $x > p$, o SA não será amostrado.

Repete-se esse procedimento para cada SA do Universo, e tem-se então os SA que irão compor a amostra. No sorteio do "x", pode-se utilizar uma tabela de números ao acaso, um conjunto de dez bolinhas, ou outro modo qualquer de sorteio.

c) pelo exposto acima, verifica-se que "p" representa a probabilidade do SA correspondente ser sorteado, já que:

— a probabilidade de ocorrer

$x = 0,1$ é 10%, ou 0,1

— a prob. de ocorrer $x = 0,2$ é 10% também

— a prob. de ocorrer $x = 0,3$ é 0,1 e assim por diante.

— a prob. de ocorrer $x \leq 0,1$ é então 0,1

- a prob. de ocorrer $x \leq 0,2$ é o $0,1 + 0,1 = 0,2$
- a prob. de ocorrer $x \leq 0,3$ é $0,1 + 0,1 + 0,1 = 0,3$ analogamente.
- a prob. de ocorrer $x \leq 0,4$ é $0,4$ e assim por diante.
Ou seja, "p" representa a probabilidade do SA ser sorteado.

d) **Coleta** - periodicamente é enviada a Franca uma lista contendo os SA's sorteados para serem amostrados pelo pessoal local. Os resultados são enviados para o Centro de Controle de Qualidade, e aí processados pelo computador.

e) **Atualização** - As informações citadas no item a são atualizadas à medida que vão sendo feitas as amostragens e os valores "p" vão sendo reavaliados em função dessas atualizações, de tal forma que a amostragem seja dirigida para os setores mais críticos.

6. MODELO MATEMÁTICO

O número "p", como vimos, estabelece um direcionamento à amostragem. Ele representa a probabilidade de um SA ser sorteado, de acordo com o modelo exposto. A partir daí, pode-se determinar alguns valores prováveis, referentes à amostragem.

a) Tamanho e composição prováveis de uma amostra

Uma vez definidos os SA's em planta, e os respectivos valores "p", o universo de amostragem ficará assim constituído:

- nº de SA's com $p = 0,0 - N_0$
- nº de SA's com $p = 0,1 - N_1$
- nº de SA's com $p = 0,2 - N_2$ etc.
- nº de SA's com $p = 1,0 - N_{10}$
- nº total de SA's - N

$$\text{Onde: } N = N_1 + N_2 + \dots + N_{10}$$

Por outro lado, considerando os valores de "p" de cada um vemos que, num sorteio,

n_0 é o nº mais provável de SA's com $p = 0,0$ que serão sorteados.

n_1 é o nº mais provável de SA's com $p = 0,1$ que serão sorteados, etc.

n_9 = nº mais provável de SA's com $p = 0,9$ que serão sorteados.

n_{10} = nº mais provável de SA's com $p = 1,0$ que serão sorteados.

Esses números serão dados pelas seguintes relações:

$$n_0 = 0,0 \times N_0 = 0,0$$

$$n_1 = 0,1 \times N_1$$

$$n_2 = 0,2 \times N_2 \text{ etc.}$$

$$n_9 = 0,9 \times N_9$$

$$n_{10} = 1,0 \times N_{10} = N_{10}$$

n = nº total mais provável de SA's numa amostra = tamanho mais provável de uma amostra.

$$n = n_0 + n_1 + n_2 + \dots + n_9 + n_{10}$$

A medida que vão sendo atualizadas as informações cadastrais sobre os SA's e vão sendo reavaliados os valores "p" de cada SA, os números N_0, N_1, N_2 etc. vão sendo modificados e, em consequência, mudam também os valores n_0, n_1, n_2 etc. Ou seja, a composição e o tamanho de uma amostra irá sempre acompanhando a atualização do cadastro e os resultados da amostragem.

b) Frequência de amostragem

A frequência com que um SA será amostrado depende do seu "p".

Quanto maior esse número, maior será a frequência com que ele será amostrado. Como a escolha é feita por sorteio, podemos falar em **frequência média** e períodos médios sendo:

$$T_1 = \text{período médio entre duas amostragens de um SA com } p = 0,1$$

$$T_2 = \text{período médio entre duas amostragens de um SA com } p = 0,2 \text{ etc.}$$

$$T_{10} = \text{período médio entre duas amostragens de um SA com } p = 1,0. \text{ E considerado que fosse coletada uma amostra completa (de } n \text{ SA's) por dia, teríamos:}$$

$$T_1 = \frac{N_1}{n_1} = \frac{N_1}{0,1 \times N_1} = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ dias}$$

Ou seja, um SA com $p = 0,1$ seria amostrado em média uma vez a cada 10 dias, que representa a frequência média para esse SA.

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{n_1}{N_1} = \frac{1}{10}$$

Analogamente, teríamos:

$$T_2 = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ dias e } f_2 = \frac{1}{5}$$

O que indica que cada SA com $p = 0,2$ será amostrado em média uma vez a cada 5 dias.

$$T_{10} = \frac{1}{1,0} = 1$$

Os SA's com $p = 1,0$ serão amostrados todos os dias.

Se, todavia, as amostragens da rede não forem diárias, é necessário multiplicar esses números por um fator igual ao intervalo entre duas amostragens. Chamemos de l ao intervalo (em dias) entre duas amostragens. Temos então:

$$T_1 = \frac{N_1}{n_1} \times l = 10 \times l \text{ e } f_1 = \frac{1}{10 \times l}$$

$$T_2 = 5 \times l \text{ e } f_2 = \frac{1}{5l}$$

etc.

$$T_{10} = l \text{ e } f_{10} = \frac{1}{l}$$

c) Confiabilidade (R) de uma amostra

A regra básica do presente modelo de amostragem estabelece que as frequências de amostragem devem ser diferentes para cada trecho de rede, em função da maior ou menor probabilidade de contaminação.

É lícito se supor, então, que um tal Sistema de amostragem apresente uma confiabilidade superior à fornecida por uma amostra escolhida sem nenhum critério.

Cálculo de R

Foi dito que a confiabilidade é a probabilidade de uma amostra conter as contaminações existentes na rede, no intervalo de tempo em que é feita a coleta dessa amostra.

A determinação de R depende, então, de se saber quantas contaminações existem na rede, naquele intervalo, o que é impossível.

Pode-se, entretanto, com base no histórico das amostragens anteriores, determinar um valor estatístico para o nº de contaminações, e sua distribuição ao longo da rede.

A partir, então, de um número A de amostras já coletadas (com n SAs's cada uma), pode-se levantar o número total de contaminações detectadas, bem como sua distribuição provável.

Chamemos de

d_1 o nº de contaminações detectadas em SAs's com $p = 0,1$

d_2 o nº de contam. detectadas em SAs's com $p = 0,2$, e assim por diante.

Sendo:

$$d = d_1 + d_2 + \dots + d_{10}$$

($d = n^\circ$ total de contaminações detectadas em A amostra).

O nº médio de contaminações por amostra, distribuído segundo os valores de "p", será dado então por

$\frac{d_1}{A}$ = nº médio de contaminações detectadas em SAs's com $p = 0,1$, por amostra.

$\frac{d_2}{A}$ = nº médio de contaminações detectadas em SAs's com $p = 0,2$, por amostra, e assim por diante.

Aqui, deve-se observar que esses valores poderão não variar em torno de uma média, mas apresentar uma outra **tendência** qualquer.

É útil então plotar os valores num gráfico, em função do tempo, e verificar se existe a tendência.

Podemos então definir um número C_1 correspondente no nº médio de SAs's com $p = 0,1$ e contaminados.

Analogamente, C_2 representa o nº médio de SAs's com $P 0,2$ e contaminados.

Teremos:

$$c_1 = \frac{d_1}{0,1 \times A}$$

$$c_2 = \frac{d_2}{0,2 \times A}$$

$$c_3 = \frac{d_3}{0,3 \times A} \text{ etc.}$$

$$e \ c = c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_{10}$$

sendo c o nº total esperado de contaminações.

Vamos supor, então que durante o intervalo de coleta de uma amostra existam na rede c_1 SAs's contaminados, com $p = 0,1$ - c_2 SAs's contaminados com $p = 0,2$ etc.

sendo: $c = c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_{10}$ = nº total de SAs's **contaminados**.

A probabilidade de uma contaminação ser uma das c_1 será então dada por $\frac{c_1}{c}$

A probab. de uma contaminação ser uma das c_2 será $\frac{c_2}{c}$ etc.

Por outro lado:

- a probabilidade de ser amostrado um dos c_1 SAs's contaminados será dada por $\frac{n_1}{N_1} = 0,1$

- a probab. de serem amostrados dois dos c_1 SAs's contaminados será: $\frac{(n_1)^2}{N_1} = (0,1)^2$

- a probabilidade de serem amostrados todos os c_1 SAs's contaminados será dada por

$$\left(\frac{n_1}{N_1}\right) c_1 = (0,1)^{c_1}$$

Analogamente, a probab. de, serem amostrados todos os c_2 SAs's contaminados será $(0,2)^{c_2}$ e assim por diante.

Finalmente, temos que a probabilidade de uma amostra conter as c contaminações existentes na rede será dada por:

$$R = \frac{c_1}{c} (0,1)^{c_1} + \frac{c_2}{c} (0,2)^{c_2} + \dots + \frac{c_9}{c} (0,9)^{c_9} + \frac{c_{10}}{c} (1,0)^{c_{10}}$$

ou

$$R = \frac{1}{c} [c_1 (0,1)^{c_1} + c_2 (0,2)^{c_2} + \dots + c_9 (0,9)^{c_9} + c_{10}] \quad (1)$$

$$\text{com } c = c_1 + c_2 + \dots + c_9 + c_{10}$$

Como ilustração, consideremos o seguinte exemplo:

Suponhamos que 3 dos SAs's da rede estão com água contaminada, e que um desses SAs's tenha $p = 0,4$ e outros dois, $p = 0,6$.

Temos então

$$C_1 = 0; \ C_2 = 0; \ C_3 = 0; \ C_4 = 1;$$

$$C_5 = 0; \ C_6 = 2; \ C_7 = 0; \ C_8 =$$

$$= 0; \ C_9 = 0; \ C_{10} = 0$$

pela equação (1), teremos:

$$R = \frac{1}{3} [0 \times (0,1)^0 + 0 \times (0,2)^0 + 0 \times (0,3)^0 + 1 \times (0,4)^1 + 0 \times (0,5)^0 + 2 \times (0,6)^2 + 0 \times (0,7)^0 + 0 \times (0,8)^0 + 0 \times (0,9)^0 + 0]$$

ou

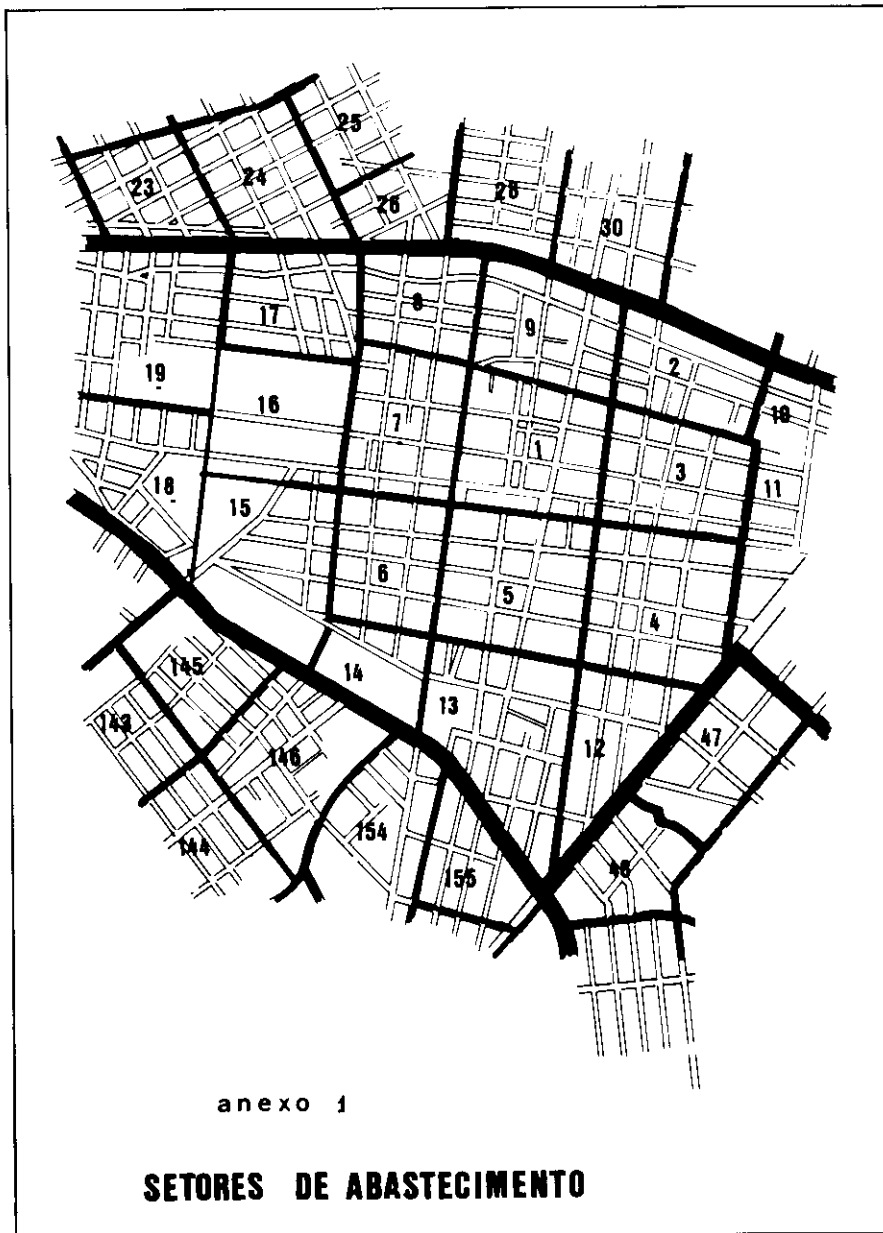
$$R = \frac{1}{3} [0 + 0 + 0 + 0,4 + 0 + 2 \times 0,36 + 0 + 0 + 0 + 0]$$

$$R = 0,37 \quad \text{ou} \quad R = 37\%$$

7. CONCLUSÃO:

Os resultados obtidos demonstraram que o PLANAR 1001 atende eficientemente aos objetivos propostos. Indica as zonas realmente problemáticas numa rede distribuidora de água, além de fornecer critérios objetivos ao administrador no sentido de decidir sobre o investimento que deve ser feito no controle de qualidade para se atingir uma confiabilidade pré-estabelecida.

A experiência e os resultados obtidos em Franca, deram condições à sua implantação nas demais cidades operadas pela SABESP, o que já vem sendo feito.

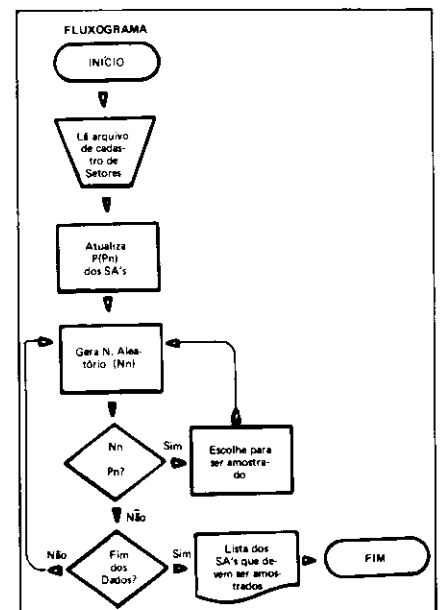


Algarismo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Frequência Observada	19	29	18	24	15	11	16	20	17	21
Frequência Esperada	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19

$$\begin{aligned} \chi^2 &= \frac{(19 - 19)^2}{19} + \frac{(29 - 19)^2}{19} + \\ &+ \frac{(18 - 19)^2}{19} + \frac{(24 - 19)^2}{19} + \\ &+ \frac{(15 - 19)^2}{19} + \frac{(11 - 19)^2}{19} + \\ &+ \frac{(11 - 19)^2}{19} + \frac{(16 - 19)^2}{19} + \\ &+ \frac{(20 - 19)^2}{19} + \frac{(17 - 19)^2}{19} + \\ &+ \frac{(21 - 19)^2}{19} = 11,78 \end{aligned}$$

O valor crítico de χ^2 0,95, para $V = k - 1 = 9$ graus de liberdade é 16,9.

Sendo $11,78 < 16,9$, conclui-se que a distribuição observada não difere significativamente da esperada, no nível de significância 0,05.



BIBLIOGRAFIA

PACITTI, Tércio. Programação e Métodos Computacionais Vol. 2 — Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.

FORTRAN (ASCII) Level 9R1. — Sperry Univac Computer Systems.

TIME SHARING GUIDE — Sperry Univac Computer Systems.

SPIEGEL, Murray R. — Estatística — Coleção Schaum — Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda.

MATTOS, Antonio Carlos M. — Um Modelo de Amostragem para o Controle da Potabilidade de um Sistema de Distribuição de Água — Revista DAE n.º 97 — Set/74.

ANEXO 2

Sistema computacional para aplicação do Plano de Amostragem de Rede — PLANAR 1001

A implantação do Plano de Amostragem na cidade de Franca ensejou o desenvolvimento pelo Centro de Controle de Qualidade da água da SABESP — COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO — de um Sistema Computacional, adaptado a receber e processar os dados referentes não só a essa cidade, como todas as demais que forem sendo inseridas no Plano.

Uma das áreas do arquivo contém as informações cadastrais da rede para cada SA, bem como o "p" decorrente dessas informações.

A cada nova informação, ou melhor, a cada modificação nos dados de cadastro do SA, o valor "p" cor-

respondente a esse SA é automaticamente recalculado.

Uma outra área do arquivo armazena os resultados das amostragens, como cloro residual e n.º de colônias de coliformes, referentes a cada SA. Os valores de cloro residual são também considerados na reavaliação automática do valor "p".

A partir de um n.º escolhido aleatoriamente, o Sistema sorteia os SA's que serão amostrados, segundo o modelo de sorteio exposto atrás, e fornece a lista desses SA's que é enviada para coleta. Esse sorteio é sempre precedido de uma atualização dos valores "p".

A qualidade da sub-rotina geradora de números aleatórios foi testada, para verificação do Grau de Aleatoriedade. Esse teste de aderência, pelo método Chi-Quadrado (χ^2) apresentou os seguintes resultados.