

# Contribuição para o Estudo das Vazões de Distribuição em Rêdes de Água Potável

Tese apresentada à Comissão Julgadora do concurso para provimento do cargo de Professor Catedrático de Abastecimento de Água e Sistemas de Esgotos, da Faculdade de Higiene e Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

Eng. **EDUARDO RIOMEY YASSUDA**

## I — INTRODUÇÃO

### 1 — NATUREZA DO PROBLEMA

No decurso de nossa experiência em planejamento de rêdes de distribuição de água para cidades, sentimos, freqüentemente, o desejo de examinar os fundamentos que estariam a suportar uma série de critérios de projeto, em uso na prática. Dentre êstes, despertou-nos atenção especial o critério para fixação das vazões de distribuição. Referimo-nos às vazões a serem fornecidas pela rêde aos consumidores, em face do requisito básico, segundo o qual, o sistema de abastecimento deve, continuamente, proporcionar quantidade suficiente de água aos mesmos.

Várias foram as razões que nos indicaram a conveniência de uma análise circunstanciada sobre as vazões de distribuição.

Desde longa data, tem sido adotado, com ampla generalidade, o critério de cálculo, pelo qual, as referidas vazões resultam da estimativa do número de habitantes e da estimativa dos parâmetros, peculiares a cada comunidade, denominados, respectivamente, quota diária por habitante, coeficiente para o dia de maior consumo e coeficiente para a hora de maior consumo do dia de maior consumo. Considerando, outrossim, a distribuição populacional ao longo das canalizações ou sobre as áreas a serem abastecidas, o citado critério apresenta as vazões em aprêço na forma prática de os chamados coeficientes de distribuição de água em marcha. Êstes, nas unidades usuais entre nós, expressos em litros por segundo, por metro de canalização distribuidora (l/s.m) ou em litros por segundo, por hectare de árca abastecida (l/s.ha). Em nosso Estado, exceção feita para áreas muito industrializadas ou zonas centrais de grandes centros urbanos, a estimativa daqueles parâmetros intervinientes, diante das densidades demográficas previsíveis, tem conduzido a valores do coeficiente de distribuição de água em marcha compreendidos entre 0,0015 e 0,0050 l/s.m. O valor mais freqüente é da ordem de 0,0025 a 0,0030 l/s.m. Coeficientes, dentro dessa magnitude, têm sido adotados também em outras regiões do país, particularmente no Rio Grande do Sul, onde o coeficiente de distribuição em marcha, igual a 0,0030 l/s.m, parece representar um dado médio, conforme depreendemos da leitura da obra de A. Siqueira (1, p. 201)\*).

Temos tomado conhecimento de muitos casos em que o comportamento da rêde, na prática, não corresponde ao esperado no cálculo. Rêdes, recentemente inauguradas, precisam ser remediadas com instalação generalizada de reservatórios

(\*) Usaremos um número em negrito, entre parêntesis, denotando o n.º de ordem da Ref. Bibli.; indicaremos, quando fôr o caso, a página respectiva, assinalando-a com a letra p.

domiciliários e manobras de registros, para poderem suprir áreas situadas em cotas mais elevadas. Passam a funcionar sob o condenável regime intermitente. Apesar de terem sido dimensionadas para atender a demandas que só seriam atingidas após vinte ou trinta anos. E' um fato, a nos sugerir indagação se tal impropriedade hidráulica do sistema poderia ser atribuída exclusivamente à falta de controle dos desperdícios e perdas.

Nos últimos quatro anos, foi contratada a elaboração dos projetos de redes destinadas ao abastecimento de bairros periféricos da Capital paulista, abrangendo milhares de quilômetros de canalização. Embora, na grande maioria das ruas, o consumo previsto fôsse de natureza essencialmente residencial, os cálculos se basearam em coeficientes de distribuição em marcha compreendidos entre 0,0080 e 0,0120 l/s.m, por preconização da entidade oficial responsável. Esta, conforme tivemos a oportunidade de ouvir, julgou conveniente adotar valores tão mais elevados que os normalmente em uso, porque, segundo suas experiências anteriores, redes, dimensionadas até mesmo com o coeficiente 0,0050 l/s.m, vinham se evidenciando inadequadas para funcionamento em regime contínuo. Resultaram, como era de se esperar, diâmetros bem superiores aos habituais. Esta desproporção mostrou-se particularmente sensível nas tubulações tronco, as quais, nos diversos bairros, facilmente atingiram bitolas próximas a um metro ou mesmo superiores. Últimamente, tomamos conhecimento que, na fase de construção das obras projetadas, tem havido uma tendência para redução de diâmetros das canalizações tronco, por força de um sentimento, segundo o qual, as mesmas estariam afetadas por vazões de dimensionamento excessivas. Evidentemente, uma redução assim procedida, constituiria abominável arbitrariedade em relação à técnica de projeto, admitida a hipótese que esta tivesse se norteado por critério correto. Mas, forçoso é reconhecer, a hipótese em questão está a exigir estudos ulteriores, não só devido às incertezas que a envolvem, como ainda, devido à magnitude de suas implicações sanitárias, econômicas e financeiras.

Temos acompanhado a suposição que, projetando-se uma rede por meio de método baseado no coeficiente de distribuição em marcha, essa rede, por ter levado em conta os coeficientes do dia e da hora de maior consumo, estará habilitada a funcionar em regime contínuo, tornando normalmente dispensável a instalação dos reservatórios domiciliários, estes sendo requeridos apenas nos prédios de vários pavimentos ou de excepcional consumo. Assim se explica a aprovação corrente, por órgãos oficiais do Estado, de projetos calcados em coeficientes de distribuição em marcha compreendidos no intervalo usual anteriormente mencionado, aprovação essa, nos seus propósitos, consentânea com a legislação estadual específica sobre o assunto — a Lei n.º 1.561-A, de 29 de dezembro de 1951, que dispõe sobre a aprovação da Codificação das Normas Sanitárias para Obras e Serviços e dá outras providências (2). Por uma motivação sanitária procurando impedir o uso de reservatórios domiciliários e, ao mesmo tempo, por um reconhecimento da situação de fato evidenciada pela experiência, essa Lei estabelece, embora com certo paradoxo, os preceitos transcritos a seguir.

“Artigo 311 — Os prédios deverão ser abastecidos diretamente da rede pública, sendo vedado o uso de reservatórios domiciliários.

Parágrafo único — E' obrigatório o uso de reservatórios domiciliários:

I — enquanto o abastecimento público não puder ser feito de modo a assegurar absoluta continuidade no fornecimento de água;

II — quando a carga disponível na rede distribuidora pública não for suficiente para que a água atinja, na hora de maior consumo, os pontos de tomada ou aparelhos sanitários situados no mais elevado pavimento do prédio”.

Notemos que, pelo método aceito, baseado no coeficiente de distribuição em marcha, ao valor freqüente, igual a 0,0030 l/s.m, corresponde uma vazão de distribuição igual a 0,30 l/s para cada 100 metros de rede. E esta extensão abrange, em média, cerca de 10 prédios comportando um total de, aproximadamente, 50 habi-

tantes. Por outro lado, se formos averiguar, também em órgãos oficiais do Estado, a adequação de um projeto de instalação predial, em um edifício de habitação coletiva, verificaremos que, para o atendimento de 10 apartamentos com capacidade total de cerca de 50 pessoas, a coluna de distribuição de água deverá ter capacidade para fornecer uma vazão da ordem de 2,00 a 6,00 litros por segundo, estes dois valores referindo-se, respectivamente, ao caso de as bacias sanitárias serem providas de caixa de descarga ou de válvula de descarga. Divisamos, assim, característica de aparelhos sanitários influenciando no dimensionamento da coluna de distribuição. E, esta, sendo condicionada a vazões muito superiores à vazão de distribuição preconizada para a canalização pública, canalização essa abastecedora do mesmo número de residências e de habitantes. Obviamente, impõe-se concluir serem heterogêneos entre si os dois critérios de projeto em uso, eis que a disparidade entre os valores das vazões de distribuição respectivas não pode ser levada à conta da posição vertical da coluna, em face da posição horizontal da canalização pública. E, muito menos, por estar a primeira, contida em um edifício e, a segunda, enterrada na rua. Há uma diferença notória, é bem de ver, no que tange à incidência de perdas, por fugas de água, que são mais prováveis ao longo da canalização pública; trata-se, porém, de uma razão a mais para se aceitar a veracidade do concluído acima.

Em uma publicação do The Institution of Water Engineers, da Inglaterra (3, p. 40-42), consideramos significativas certas afirmações expedidas no capítulo segundo (Fundamental Considerations in Waterworks Planning), segunda parte (Data on which Planning Should Be Based). Após considerações sobre a natureza e a importância do coeficiente que, multiplicado pela demanda média anual, fornece a demanda máxima instantânea ("peak demand"), encontram-se, no texto, comentários sobre o seu valor, bem como a informação, segundo a qual, esse coeficiente é usualmente adotado como igual a 2,50. Com a ressalva, porém, que este valor adotado,

"may represent a reasonable compromise between the need, on the one hand, to maintain the pressures in the mains as long as possible throughout the year, and for economy on the other hand; but this is a field in which research could profitably be undertaken".(\*)

Em pesquisa através da literatura técnica norteamericana, notamos uma relativa pobreza de investigações sobre o assunto, fato singular, talvez explicável pelo estado de dependência em que, na matéria, os engenheiros sanitaristas daquele país haviam se colocado, até recentemente, diante dos engenheiros das organizações de seguros contra incêndios. A respeito, podemos nos reportar a expressivas afirmações de D. R. Taylor (4, p. R-136), apresentadas abaixo.

"Técnicas e métodos de projeto estão mais ou menos padronizados e geralmente aceitos, nos casos em que é requerida a proteção contra incêndios. **Freqüentemente**, porém, devido a numerosas razões bem conhecidas da profissão, apenas serviço doméstico é exigido por um longo período ou, pelo menos, por diversos anos, e um pequeno prolongamento de rede é assim decidido.

Para o projeto de uma extensão de rede destinada somente a abastecimento doméstico, deve ser conhecida a máxima demanda doméstica. Durante a última década, **foi dada muita atenção a este assunto**. Empregando-se o "Meter Master", muitas medições foram e estão ainda sendo feitas, em numerosos setores, para determinar a máxima demanda doméstica, e **os resultados variam tão amplamente que é difícil formar-se uma conclusão**. A diferença de condições climáticas, em vários setores, é claro que afeta os resultados, **mas, uma variação considerável tem sido encontrada também em um mesmo setor**, em diversas partes do país".(\*)

(\*) É oportuno esclarecer que o arrazoado acima transcrito, embora enquadrado num estudo sobre "rural water supply", na verdade tem um sentido de generalidade, aplicando-se também às redes urbanas. Podemos nos certificar deste fato, lendo o Item 3, Parte II, Capítulo 14, da mesma publicação.

(\*) Tradução e Cestaques nossos.

As notícias sôbre ocorrência de incêndio, entre nós, em regra vêm acompanhadas da informação que houve deficiência de água na rêde pública acarretando dificuldades ao trabalho de combate ao fogo. E' um fato que não nos surpreende, quando consideramos o critério que tem presidido a planificação de quase todos os nossos sistemas urbanos de distribuição de água. Com efeito, diante do requisito básico da rêde ser capaz de fornecer quantidade suficiente de água aos usuários, temos levado em conta sômente as demandas normais de água. Demandas essas constituídas por uma parcela predominante, destinada ao consumo doméstico, acrescida de porções rotineiras destinadas aos usos comercial, industrial e público e às perdas. Não temos sido condicionados por especificações que definam estados de emergência, conquanto sabido seja que tais estados podem ocorrer, nas interrupções anormais dos órgãos do sistema situados à montante da rêde, nas interrupções do escoamento em linhas tronco da própria rêde, na estada de populações transitórias e na eventualidade de incêndio. Sôbre êste último, julgamos oportuno rememorar, de passagem, a questão formulada por um eminente professor, a um eminente candidato a professor, em uma prova de defesa de tese: Então, V. S., como professor de Saneamento, aprovaria um projeto de rêde pública de distribuição de água que preconcesse a contingência de uma comunidade se vêr à mercê de incêndio, sem água suficiente para combatê-lo?

Dentre autores latino-americanos, consideramos que o engenheiro M. R. Garcia, do México, salientou, com bastante realce, certos aspectos do problema, através das afirmações que apresentamos abaixo (5, p. 591).

"Ao elaborar um Projeto de Abastecimento de Água, encontram-se os engenheiros sanitaristas com a falta absoluta de dados que lhes sirvam para fixar a quantidade de água necessária, já que não existem registros de consumo, nem estudos que lhes permitam chegar a uma conclusão. Além disso, se os mesmos recorrem aos livros que tratam da matéria, sejam norteamericanos, europeus ou argentinos, encontram dados isolados, que dizem que esta ou aquela comunidade consome, diàriamente, determinado volume de água, e não especificam elemento que sirva para nortear um critério, a não ser quanto à população abastecida".

"Ninguém ignora a importância de conhecer a quantidade de água a ser considerada por habitante e por dia, bem como as variações do consumo de água durante o ano e durante o dia. E' a base de todo o estudo...".

"Deve-se, portanto, estudar profundamente o problema".(\*)

Finalizando esta resenha sôbre incertezas, dificuldades ou contradições incidentes ao assunto, dentro da conjuntura da qual emana o problema em foco, apresentamos, a seguir, uma observação interessante feita por C. Dubin, ao ensejo do segundo congresso da Association Internationale des Distributions d'Eau, observação essa que revela uma significativa tendência ao ceticismo, mediante renúncia ao próprio problema, como alternativa de comportamento diante dos fatos implicados. Na condição de relator geral do Tema 9 — Cálculo de rêdes malhadas, Dubin informa que, para facilitar o trabalho dos relatores de cada país, a êstes fôra enviada uma circular recomendando-lhes que abordassem as questões seguintes: 1.º Estudo de rêdes malhadas pelo cálculo puro; 2.º Idem, por modêlos; 3.º Idem, por método misto. No entanto, escreve o relator geral (6):

"l'ensemble des remarquables rapports qui nous ont été envoyés sur la question du calcul des réseaux maillés a permis de dégager un point de vue que le rapporteur général n'avait pas prévu dans son questionnaire, à savoir que de nombreux techniciens ne sont pas partisans d'un tel calcul".

"Il nous apparait donc nécessaire, avant de poursuivre l'examen

(\*) Tradução nossa.

des méthodes de calcul, d'examiner les arguments de ceux qui n'estiment pas utile d'employer ces méthodes.

Ces arguments se ramènent a deux idées principales que nous examinerons sucessivement.

1.º) Il régne sur les débits à admettre dans le réseau une grande incertitude qui rend tout calcul illusoire”.

## 2 — OBJETIVO DO TRABALHO

No presente trabalho, objetivamos examinar os fundamentos em que se deve basear o cálculo das vazões de distribuição destinadas ao abastecimento de uma população pré-estabelecida.

Procuramos evidenciar que o problema é suscetível de encaminhamento racional, e tentamos assinalar, mediante estudo crítico, quais os seus principais pontos que estão a recomendar pesquisas e medidas para aperfeiçoamento.

Fizemos uma tentativa de sistematização das condições de cálculo das vazões de distribuição, em conexão com critérios de projeto, tendo em vista fornecer subsídio para futuras normas e especificações mais compreensíveis sôbre o assunto.

Analizamos métodos de cálculo para as referidas vazões, em consonância com os respectivos critérios de projeto. Investigamos, neste particular, certas partes obscuras do problema, com uma tentativa de formulação da teoria correspondente, para o fim de alicerçar um método de cálculo apropriado e, pelo equacionamento dos fatores intervenientes, orientar ulteriores trabalhos de obtenção e interpretação de dados experimentais. Nessa concepção teórica, evidenciamos que as condições de escoamento, nas canalizações, nem sempre poderão ser bem explicadas, se forem consideradas apenas as variações sazonais da vazão média.

## 3 — AGRADECIMENTOS

Com especial reconhecimento, registramos a nossa gratidão ao saudoso Prof. Geraldo H. de Paula Souza e aos Profs. Lucas N. Garcez e Octacílio P. Sene, pela oportunidade e estímulo que nos proporcionaram no sentido da especialização em Saúde Pública; aos membros do corpo docente e da administração da Faculdade, pelo espírito de amizade que propiciaram ao nosso ambiente de trabalho; ao Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo e, em particular, ao diretor da D. P. O., Prof. José M. de Azevedo Netto, pelo apóio que nos prestaram, confiando-nos trabalho de consultoria técnica sôbre rêde de distribuição de água, trabalho que, embora a curto prazo, muito contribuiu para que pudéssemos nos dedicar plenamente a êste estudo; à Profa. Elza S. Berquó, pela atenção com que sempre atendeu as nossas consultas sôbre aspectos teóricos de domínio dos especialistas em cálculo de probabilidades; aos Profs. Octacílio P. Sene e José M. de Azevedo Netto e ao Assist. José A. Martins, pelas valiosas sugestões que nos apresentaram; à D.ª Olga Leite Ergas, pela cooperação eficiente da secretaria do Departamento de Saneamento. Finalmente, mas com particular destaque, a nossa afetuosa gratidão à Maria Stella, pela compreensão e dedicação de espôsa, nosso maior incentivo nesta fase inesquecível da carreira de magistério.

## II — CRITÉRIOS DE PROJETO

### I — SÔBRE OS CONSUMOS A SEREM ATENDIDOS

1.1 — As demandas de água, previsíveis em uma comunidade, podem ser discriminadas, em termos gerais, nas parcelas seguintes:

#### Uso doméstico

- bebida
- cozinha
- asseio corporal
- descargas de bacia sanitária
- limpezas
- lavagem de roupas
- rega de jardins e quintais
- lavagem de automóveis
- animais domésticos
- piscinas residenciais
- aparelhos grandes de ar condicionado
- fontes ornamentais em residências ou conjuntos residenciais.

#### Uso comercial

- hotéis e pensões
- bares e restaurantes
- postos, entrepostos e armazéns
- lojas

#### Uso industrial

- usos exigindo potabilidade
- usos exigindo condições físicas e/ou químicas

#### Uso público

- edifícios públicos
- bebedouros
- irrigação e lavagem de ruas
- lavagem de rêsdes de esgotos
- piscinas públicas e recreação
- combate a incêndios
- irrigação de jardins públicos
- fontes ornamentais

#### Uso agrícola

- usos exigindo potabilidade
- usos exigindo condições físicas e/ou químicas

#### Perdas

no sistema público de abastecimento e instalações particulares.

1.2 — Sob um critério ideal, admitiremos que, no projeto para instalação ou reforma de um sistema de abastecimento de água, as vazões de distribuição devam decorrer, exclusivamente, da avaliação das quantidades requeridas por aquêles vários usos, sob a pressuposição de que nenhuma condição seletiva venha a intervir na aplicação a ser esperada para o líquido.

1.3 — Somos de parecer, entretanto, que a natureza complexa do problema aconselha, em cada cidade ou grupo de cidades, a atuação dinâmica de um órgão planejador, capaz de estabelecer um razoável critério preferencial, a ser atingido através de medidas administrativas que incluam educação sanitária e taxaço

adequada e, ainda, em última instância, imposição legal. O critério de projeto, no que concerne à fixação das vazões de distribuição, deverá ser uma resultante dessa orientação, em face das características próprias do meio a ser beneficiado.

1.4 — Os preceitos seguintes destinam-se a justificar e elucidar o nosso ponto de vista.

1.4.1. — O abastecimento público de água é, basicamente, um problema de Saúde Pública.

1.4.2 — Segundo Gaylord W. Anderson (7),

“a Saúde Pública se diferencia da Medicina Preventiva pela circunstância de que a última trata do indivíduo ao passo que a primeira se refere à comunidade toda. A Medicina Preventiva visa prover o indivíduo com o máximo de proteção, sem grande preocupação com limites de verbas. A Saúde Pública visa oferecer o máximo possível de proteção, para o maior número de pessoas, mediante o emprêgo duma verba pré-determinada. Devido a razões orçamentárias, fica ela muito aquém dos fins da Medicina Preventiva, e seu programa é regido pelo princípio dos lucros decrescentes. A Saúde Pública deve ser encarada como um emprêgo de capital e não como uma despesa. Essa premissa foi a primeira sobre que se baseou o desenvolvimento da Saúde Pública, há um século, na Inglaterra. Embora a Saúde Pública vise evitar danos ao indivíduo, ela é baseada no pressuposto de que o bem estar da comunidade é mais importante do que os direitos pessoais do indivíduo. Está, portanto, baseada sobre uma interpretação ampla do poder policial da comunidade, concordando, de resto, com o conceito fundamental de “salus populi suprema lex”.

1.4.3 — Os trabalhos de abastecimento público de água constituem uma das atividades fundamentais de saneamento do meio ambiente.

1.4.4 — De um modo geral, conforme nos ensina o Prof. Pousa Sene (8), são as seguintes as metas que devem reger um programa de saneamento, na ordem decrescente de suas importâncias relativas:

- a) contrôle dos fatores ambientes especificamente relacionados com as doenças transmissíveis;
- b) promoção de hábitos de saúde e contrôle de causas indiretas de doenças;
- c) contrôle de fatores relacionados ao nosso conforto e conveniência;
- d) contrôle dos aspectos condicionados ao nosso senso estético.

1.4.5 — Os fornecimentos de água, em quantidade suficiente para os vários usos previsíveis, enquadram-se em metas sanitárias diferentes entre si, capazes de aconselhar uma escala de preferências em face de limitações financeiras, em um programa de comunidade. Por outro lado, a natureza complexa dos fatores intervenientes, abrangendo inclusive aspectos econômicos, hidráulicos e hidrológicos, a par do comportamento mutável de muitos desses fatores no decorrer do tempo, aconselha que, normas gerais a respeito do assunto, sejam judiciosamente complementadas por especificações aplicáveis a cada caso ou a grupo de casos semelhantes.

1.4.6 — Sob os aspectos social e administrativo, poderá ser conveniente deixar a magnitude das solicitações de água ao sabor da lei da oferta e da procura. Mas, não se deverá perder de vista que a procura é condicionada pela educação sanitária e pela tabela em que se baseie a oferta.

1.4.7 — Sob o ponto de vista sanitário, a oferta, em um dado estágio de serviços e recursos financeiros disponíveis, só poderá ir até ao limite em que não comprometa o interesse coletivo. E, a uma individualista apropriação acima desse limite, poderá ser de direito a aplicação, em primeira instância, de uma cobrança majorada por coercitiva penalidade.

1.4.8 — Em qualquer caso, dever-se-á ter presente o imperativo de ser razoável o critério preferencial. Este não poderá ser confundido com orientação idólatra de economia mesquinha no planejamento e execução de obras e serviços. Deverá, isto sim, ser uma ordenação, visando aplicação de investimentos de modo economicamente eficiente mas socialmente equânime, dentro de uma política progressista

mais humanitária. Representará, pois, um critério de adequação, compatível com os recursos previsíveis, em que se reivindique, primordialmente, um mínimo de condições de saúde para o maior número de pessoas, ao mesmo tempo em que se procure facultar, como complementação, o máximo possível de facilidades sanitárias para cada indivíduo isoladamente.

1.5 — Os dados ilustrativos seguintes destinam-se a fornecer subsídios para estudos mais pormenorizados sobre a matéria.

1.5.1 — Nos Estados Unidos, o abastecimento público de água, para as necessidades primárias, é um problema praticamente resolvido há certo tempo. Em 1950, 97,2% das habitações urbanas (e 45,5% das habitações rurais) dispunham de água encanada em seu interior (9). Não obstante, os órgãos responsáveis continuam a braços com novas solicitações de consumo, que geram novos problemas de falta d'água. Evidencia-se o caráter instável dos níveis de suficiência, que tendem a uma elevação progressiva, diante de uma sociedade a evoluir continuamente, em busca de padrão de vida cada vez mais elevado.

Obras vultosas, de reforço do sistema de abastecimento, constituem, hoje em dia, exigências principalmente do extraordinário aumento das demandas de água para rega de jardins e para resfriamento de aparelhos grandes destinados a condicionamento de ar, demandas essas que estão a agravar de muito o problema que já vinha sendo criado pela multiplicação de aparelhos de utilidade doméstica (9).

Enquanto não se executam tais obras ou tendo-se em conta os encargos relativos às mesmas, diversas formas de procedimento tem sido adotadas. Porém, distinguimos, nessas diferentes formas, um princípio em comum: empenho em absorver o impacto do problema da falta de água através de tipos de consumo (e não de bairros) a serem condicional ou parcialmente atendidos, começando-se pelos de menor importância. Apresentamos, abaixo, alguns exemplos.

Em Long Island, Estado de Nova Iorque, foi proibido o uso do sistema de irrigação subterrânea durante o período diurno (10).

Em Levittown, Estado de Pensilvânia, reconheceu-se o direito de os consumidores esperarem receber, do sistema público, toda a água para irrigação que desejassem adquirir. Mas, recomendou-se que o ônus correspondente fôsse computado em separado, de modo a ser revertido sobre os próprios interessados. Salientou-se a ineficácia dos hidrômetros usuais, neste setor da taxaçaõ, que é muito mais influenciado pela demanda potencial instalada do que pelo consumo lido periodicamente no medidor. Sugeriu-se que, sobre a taxaçaõ normal baseada no consumo medido, se aplicasse uma sobre-taxa dependente do tipo e tamanho do sistema de irrigação (10).

Em Kansas City, adotou-se, em 1951, um sistema de taxaçaõ onde se fixou, para as habitações, um consumo máximo considerado como o limite para usos ordinários; todo o excedente passou a ser admitido como aplicado em irrigação de jardins ou condicionamento de ar, devendo pagar taxa especial. Numa situação de emergência, devido a falha de uma estação elevatória em dia de consumo elevado, não se teve pejo em recorrer à proibição da prática de irrigação, proibição essa imposta por meio de inspetores rondantes (11). O uso da água em condicionamento de ar foi, a partir de 1951, tentativamente controlado mediante taxaçaõ especial; devido à relativa ineficácia da medida, tomou-se, em 1954, resolução drástica proibindo novas instalações de condicionamento de ar que não fôsem providas de dispositivo para recirculação da água (12).

Em Milwaukee, a partir de 1948, foi introduzido "acionamento" ou regime intermitente da água para irrigação. Entre 1.º de junho e 15 de setembro, os moradores de um lado da rua foram proibidos de irrigar os seus jardins, entre as 17 e 20 horas, nas segundas, quartas e sextas feiras; durante o mesmo período, os moradores do outro lado ficaram proibidos de fazê-lo nas terças, quintas e sábados (13).

Em todo o país, em 1955, havia mais de uma centena de cidades que, de uma forma ou de outra, impunham condições especiais para o uso da água em condicionamento de ar (14).

1.5.2. — Também no Canadá, vamos encontrar prescrições quanto ao uso da água. Assim, em Vancouver e Burnaby, nos períodos de muito calor, casas de



número par só podem ter seus jardins irrigados em dias pares e, as de número ímpar, em dias ímpares (15). Em Ottawa, a limitação da rega de jardins a horários determinados, bem como a regulamentação do fornecimento de água para condicionamento de ar, consideradas medidas necessárias, são rigorosamente impostas (16).

1.5.3 — Pesquisa realizada em 1957 (17), indicou que, dentre 709 cidades dos Estados Unidos, Canadá, Havaí e Cuba, 203 tinham regulamentações, em vigor, a respeito de uso da água em condicionamento de ar e 40 as estavam estudando oficialmente. Naquelas 203, havia um total de 59 que aplicavam taxação especial; 119 condicionavam o referido uso a autorização prévia, permanente ou anual, autorizando essa expedida mediante cobrança de certa importância; e 99 especificavam limites máximos permissíveis para o consumo de água em aparelhos providos de dispositivo para recirculação da água. Em aditamento a multas e penalidades previstas pelos códigos gerais, 95 daquelas comunidades impunham disposições específicas, abrangendo multas cujos máximos iam de 10 a 1 000 dólares; em muitas, previam-se sentenças de prisão como alternativa ou como suplemento, comumente de 90 dias, algumas indo até um ano.

1.5.4 — No Brasil, para fornecimento de água ao meio urbano, temos aceito a tese da inadequação da livre concorrência; por outro lado, temos presenciado um desnível social de país subdesenvolvido. Nestas condições, o controle dos gastos de água decorrentes de negligência, descumprimento, ostenção e outros vícios com tendência a crescer (gastos que denominariamos desperdícios), merece atenciosa ponderação. Com efeito, como satisfazer tais gastos indiscriminadamente e a preço de custo, se eles exigirem investimentos que absorvam os minguados capitais disponíveis e, assim, prejudiquem o atendimento urgente de uma dívida (com prazo já vencido) reclamada pela parcela substancial de população ainda desprovida de água para as suas necessidades primárias? Qual o ônus moral e material que essa dívida, não saldada, estaria causando? Neste particular, infelizmente continua oportuno o significado dos dados apontados, em 1953, por uma Comissão Federal<sup>(\*)</sup>, de cujo relatório (18) extraímos o seguinte.

- a) É bastante precária a situação do Brasil no que se refere a serviços de suprimento de água potável, uma vez que 1 500 dos 1 920 municípios brasileiros não possuem tais serviços. Isto significa que cerca de 88% da população total do país se abastecem de águas contaminadas.
- b) A inexistência de serviços de abastecimento de água de boa qualidade facilita a propagação de doenças de origem-hídrica, as quais, como se sabe, figuram com grandes percentagens nos obituários.
- c) As estatísticas elaboradas pelo Serviço Especial de Saúde Pública (S. E. S. P.) revelam que é superior a 90% a incidência de moléstias intestinais nas cidades desprovidas de serviços de água. É fato conhecido que as moléstias intestinais constituem as principais causas de morte no Brasil, respondendo, em algumas cidades, por cerca de 35% dos óbitos registrados.

1.5.5 — No Estado de São Paulo, inquérito sanitário efetuado, em 1952, pelo Departamento de Saúde do Estado (19), revelou que, dos 369 municípios então existentes, 138 não possuíam sistema público de abastecimento de água. Nos 231 que o possuíam, em grande número de casos o sistema atendia a uma percentagem reduzida da população, havendo mesmo vários casos em que esta percentagem era inferior a 10%. De 1952 para cá, muitas obras têm sido construídas, tendendo a melhorar o quadro estadual de municípios com serviços básicos de saneamento, embora o incremento de habitantes e a criação de novos municípios tenham representado acréscimos em contrário.

1.5.6 — No Município de São Paulo, em 1957, estimou-se (20) que havia uma população, considerado como abastecível, totalizando 2 688 000 habitantes. Dêstes, ainda não recebiam água do sistema público, quase meio milhão de pessoas, ou seja, uma população numéricamente equivalente a cerca de 30 vezes a cidade de Pindamonhangaba.

(\*) Comissão integrada por Cleantho de Paiva Leite, J. N. Pereira, F. Saturnino de Brito Filho, H. Xavier Lopes, G. Arinos, J. O. de Melo Flôres, Ernani Braga, A. Barreto Gonçalves, G. Jardim, G. Sampaio, Walter Sanches, Gerson A. Silva e A. Almiro Costa.

1.5.7 — Com o intuito de dar uma configuração prática ao problema da fixação das vazões de distribuição, quanto à importância e à maneira pela qual o mesmo tem afetado ou pode afetar nossos projetos e nossos planos de financiamento de sistemas públicos de abastecimento de água, catalogamos os dados ilustrativos constantes dos Quadros II-1 a II-6(\*).

No quadro II-1, apresentamos valores extraídos dos projetos do sistema de abastecimento de água de 24 cidades do interior paulista, projetos esses abrangendo situações e autores vários. Com este estudo, podemos visualizar o custo relativo dos vários órgãos constitutivos e, especialmente, constatar a importância predominante do custo da rede de distribuição. Devemos assinalar que nos referimos a população de projeto de até 30 000 habitantes, limite onde se enquadrará, durante muito tempo ainda, a maioria dos projetos para cidades brasileiras.

Para que não percamos de vista a situação do problema dentro do âmbito nacional, especialmente quando tratarmos de normas para projeto e para financiamento, estamos expondo, no Quadro II-2, a distribuição das cidades e vilas, conforme o último censo demográfico do país (21). Notemos que, das 1 888 cidades então existentes, 1 792 tinham população igual ou inferior a 20 000 habitantes e que, das 3 491 vilas, 3 486 enquadravam-se no mesmo limite.

No quadro II-3, expomos dados referentes a outras cidades.

Nos Quadros II-4 e II-5, apresentamos, relativamente aos mesmos projetos enumerados nos Quadros II-1 e II-3, as distribuições das canalizações constitutivas das redes projetadas, por diâmetro nominal (expresso em milímetros).

Finalmente, em correspondência aos Quadros II-4 e II-5, organizamos o Quadro II-6, onde expomos as distribuições acumuladas das canalizações constitutivas das redes, em função das vazões máximas que têm condicionado a escolha do diâmetro das canalizações distribuidoras. Podemos observar, em coluna referente ao Quadro II-4, que vazões de distribuição, compreendidas no intervalo de zero até 1,2 litros por segundo, presidiram o dimensionamento de 68% das canalizações (sendo desconsiderado o limite de 2,2 litros por segundo, devido à quantidade muito pequena de tubos de 60 mm); até 6,1 litros por segundo, presidiram 85% das canalizações e, até 29,2 litros por segundo presidiram 97%. Em coluna relativa ao Quadro II-5, redes de cidades grandes, podemos, análogamente, notar que, na maioria das tubulações, vigoraram vazões de distribuição pequenas, inferiores a 3,2 litros por segundo; ademais, em 89%, as vazões de distribuição consideradas foram inferiores a 29,2 litros por segundo.

1.5.8 — Dentro deste apêndice à presente parte do trabalho, e ainda com o intuito de fornecer subsídios para estudos mais avançados, julgamos haver interesse em abordarmos, mesmo que sucintamente, o problema do combate a incêndios, à luz dos preceitos que enunciaremos. Fa-lo-emos, mediante confronto com a experiência havida nos Estados Unidos, devido à tendência com que as prescrições sobre segurança contra o fogo, expostas na valiosa literatura técnica daquele país, possam influir e ser assimiladas indiscriminadamente entre nós.

Dados sobre a evolução histórica dos Estados Unidos, nos revelam que, a destruição de lares e de vidas, pelo fogo, ocorreu em larga escala desde os primórdios da ocupação da terra pelos pioneiros. Motivos, que escapam à presente análise, fizeram com que os norte-americanos construíssem e aparelhassem as suas casas, as suas tulhas e, a seguir, as suas cidades, com materiais de fácil combustão, sob condições climáticas agravantes, edificando-as à feição de lenheiros altamente vulneráveis a uma conflagração. A história de cada uma de suas grandes cidades registra repetidas conflagrações. Nova Orleães sofreu um desastroso incêndio em 1788 e, logo em 1794, novamente foi atingida por sinistro de mesma natureza. Toques de sino dando alarma de fogo, tôda a gente válida — balde na mão — a acorrer para a luta contra o perigo coletivo, cenas dantescas de salvamento de velhos e crianças, transporte de água de cisternas por meio de baldes passados de mão em mão (“bucket-passing brigades”), constituem aspecto característico da vida norte-americana de antigamente. É compreensível que se consigne, com

(\*) Desejamos consignar os nossos agradecimentos, aos engenheiros José Augusto Martins e Odyer Ângelo Sperandio, pela colaboração prestada na obtenção dos referidos dados.

Quadro II-1

Projeto Nº	Cidade	População de Projeto	Orçamento parcial (em % de orçamento total do projeto)				
			Captação	Adução(*)	Tratamento	Reserv. Rede distrib.	
1	Fernando Prestes	1 900	8	41	-	9	42
2	Cajobf	2 000	5	39	-	8	48
3	Santana de Parnaíba	2 200	3	22	22	9	44
4	Elias Fausto	3 000	11	26	31	5	27
5	Pariquera-Açú	3 000	1	44	19	10	26 (L)
6	Auriflana	3 000	9	28	-	11	52
7	Severínia	3 300	3	49	2	10	36
8	Guaimbé	3 600	2	15	17	15	51
9	Reginópolis	3 600	11	16	-	12	61
10	Rio das Pedras	4 000	2	34	15	6	43
11	Mineiros do Tietê	4 000	5	47	-	6	42
12	General Salgado	4 000	10	14	-	19	57
13	Torrinha	4 500	5	26	29	8 (\$)	32 (\$)
14	Jaguariúna	4 500	1	24	10	14	51
15	Divinolândia	4 500	3	34	23	10	30
16	Monte Azul Paulista	6 000	3	34	23	8	32
17	Guaraci	10 700	1	18	16	13	52
18	Pederneiras	13 000	6	34	-	12	48
19	Descalvado	14 000	1 (\$)	13 (&)	3	17	66
20	Porto Ferreira	15 000	2	21	25	9	43
21	Ribeirão Pires	15 000	3	29	18	7	43
22	Aparecida	20 000	2	8	25 (\$)	6	59
23	Pinhal	21 000	1	18	23	5 (\$)	53 (\$)
24	Poá	30 000	6	12	23	11	48

(\*) Compreende adução de água bruta bem como sub-adutoras e estações elevatórias de água potável, mesmo que intercaladas no sistema de distribuição.

(\$) Houve aproveitamento de obras de valor sensível, não incluídas no orçamento.

(&) Houve aproveitamento de obras de valor relativamente pequeno, não incluídas no orçamento.

(L) Primeira etapa.

Quadro II-2

Habitantes	Cidades		Vilas	
	Quantidade	População	Quantidade	População
até 200	4	544	643	84 555
201 a 500	39	15 307	1 313	441 057
501 a 1 000	256	198 062	1 006	695 434
1 001 a 2 000	559	808 146	386	521 317
2 001 a 5 000	595	1 822 371	97	263 217
5 001 a 10 000	230	1 593 523	28	188 744
10 001 a 20 000	108	1 505 502	11	144 929
20 001 a 50 000	64	1 900 473	4	105 954
50 001 a 100 000	21	1 560 985	1	52 424
100 001 a 200 000	3	507 451	-	-
200 001 a 500 000	5	1 533 326	-	-
mais de 500 000	3	4 832 458	-	-
Total	1 888(*)	16 278 148	3 491(*)	2 497 631

(\*) Incluem a cidade de Nova Era, em Minas Gerais e as vilas de Água Azul e Antonio Olinto, no Paraná, cujos dados coletados se extraviaram.

Quadro II-3

Nº	Projeto	População de projeto	Área de projeto (ha)
	idades		
25	Itariri	3 000	-
26	Itapuí	6 700	70
27	Valinhos	25 000	353
28	Presidente Prudente	105 000	-
29	Araraquara	127 000	1 665
30	Santo André	328 000	4 335
31	São Bernardo do Campo	372 000	3 833
32	Santos	507 000	3 119
33	São Paulo: Jardim N.S. do Carmo	-	150
34	São Paulo: Cidade Universitária	30 000	326
35	São Paulo: Vila Maria Alta	-	557
36	São Paulo: Vila Alpina	-	1 382
37	São Paulo: Vila Medeiros	-	1 584
38	São Paulo: Butantã	-	1 907
39	São Paulo: São Miguel Paulista	-	1 957
40	São Paulo: Vila Jaguara e Pirituba	-	2 080

Quadro II-4

Projeto Nº	Extensão da rede projetada, por diâmetro (em % da extensão total projetada) (*)							Extensão total da rede projetada (m) (*)
	50-60	75	100	125	150	200	Acima de 200	
1	74	5	6	15	-	-	-	6 220
2	84	-	9	2	5	-	-	11 774
3	93	1	2	2	2	-	-	7 493
4	61	4	6	1	28	-	-	6 060
5	55	-	35	-	-	10	-	4 375 (€)
6	84	2	8	3	3	0	-	11 280
7	64	6	17	6	-	7	-	3 805
8	76	-	18	-	6	-	-	5 974
9	74	2	6	10	6	2	-	6 140
10	72	3	8	3	3	11	-	13 598
11	74	7	9	8	2	-	-	9 530
12	66	-	13	15	3	3	-	6 015
13	67	7	12	10	-	4	-	9 007
14	77	5	5	7	-	6	-	9 170
15	83	2	9	1	5	-	-	12 647
16	78	3	11	4	3	1	-	20 181
17	76	13	3	3	2	3	-	15 857
18	77	4	6	6	3	3	1	25 658
19	77	1	4	-	9	6	3	32 571
20	79	2	8	5	4	2	0	28 790
21	64	13	8	6	1	5	3	44 536
22	40	31	5	5	5	3	11	34 376
23	71	8	5	2	3	3	8	46 099
24	58	9	13	7	3	5	5	22 026
25	61	13	10	8	8	-	-	3 640
26	75	7	6	9	2	1	0	9 148
27	54	20	9	8	4	2	3	44 699
Total (km)	309	40	35	22	17	14	13	450,669
Média (%)	68	9	8	5	4	3	3	

(\*) Inclui a parte aproveitada da rede eventualmente existente.

(€) Primeira etapa.

respeito, a criação do primeiro corpo de voluntários do fogo, em 1736, como uma das realizações de Benjamin Franklin. Com o evoluir das cidades, a opinião pública se compenetro da necessidade de se instalarem sistemas públicos de abastecimento de água, com o escopo de melhor enfrentar, segundo os jornais da época, dois problemas básicos: combate ao fogo e controle de poeiras no verão. Blake (22), relatando as dificuldades encontradas na implantação de sistemas públicos de abastecimento de água, entre 1790 e 1860, nas cidades de Filadelfia, Nova Iorque, Boston e Baltimore, menciona que a construção de tais sistemas visou, em grande parte, controle de incêndios e da febre amarela. Os historiadores Nichols, Bagley e Beard, descrevendo o crescimento das cidades norte-americanas, sob a égide de novas condições de vida, afirmam (23, p. 247): — “As cidades também começaram a pensar mais no bem estar e no conforto. Grandes incêndios, em Chicago e Boston, ensinaram uma lição necessária. As cidades melhoraram seus serviços de bombeiros. Aumentaram o número de registro d’água, de modo a que mais água pudesse ser utilizada. Em vez dos grandes sinos que badalavam alertando o povo contra incêndio, instalarem-se caixas de alarme telegráfico nas esquinas, para que não houvesse demora no socorro. Novas bombas de incêndio foram compradas”. Contudo, no que diz respeito à construção e aparelhamento das casas, prevaleceu o espírito sintetizado nas seguintes frases de Vianna Moog (24, p. 178). — “Isolada no meio de parques ou agarrada às outras na padronizada monotonia dos arruamentos, a casa americana, na sua estrutura e planeja-

Quadro II-5

Projeto Nº	Extensão da rede projetada, por diâmetro (em % da extensão total projetada) (*)							Extensão total da rede pro- jetada (m) (*)
	Acima							
	50-60	75	100	125	150	200	de 200	
28	65	8	10	1	7	2	7	106 229
29	75	6	4	5	2	5	3	301 921
30	62	0	8	3	4	4	9	490 461
31	61	2	12	6	4	5	10	363 843
32	38	26	14	2	5	3	12	609 810
33	-	73	10	4	4	6	3	27 446
34	-	-	21	-	45	10	24	13 942
35	-	51	14	-	16	6	13	86 028
36	-	60	10	-	9	6	15	208 696
37	0	64	9	0	9	4	14	256 339
38	-	50	12	-	15	8	15	155 857
39	-	57	13	-	11	6	13	245 182
40	-	61	10	-	12	5	12	252 450
Total (km)	1 055	967	329	67	223	143	335	3 118,204
Média (%)	34	31	10	2	7	5	11	

(\*) Inclui a parte aproveitada da rede eventualmente existente.

mento, nada mais é que a “log-cabin” amplificada, isto é, a solução pioneira de morada para o presente, sem compromissos com o passado remoto e sem vistas ao futuro longínquo”. — “O pioneiro, na sua marcha para o Oeste, deixou ao litoral a preservação da arquitetura inglesa, para improvisar em torno da “log-cabin”, adequando-a cada vez mais às circunstâncias de espaço e de tempo”. — “Claro que também nos Estados Unidos se constroem casas-grandes e mansões com o sentido europeu de tempo e posteridade. São, todavia, exceção. O que predomina é a casa de madeira, o sentido de utilidade imediata, presente, atual, uma desvolta despreocupação da resistência com que há de afrontar o tempo e as idades, circunstância que bem traduz, no plano da arquitetura, a posição psicológica do americano ante o conceito de passado, tão diverso do europeu e do nosso”.

Quadro II-6

Diâmetro (mm)	Vazão de distribuição limite (l/s)	Extensão de rede, acumulada, em km		Extensão de rede, acumulada, em %	
		Quadro II-4	Quadro II-5	Quadro II-4	Quadro II-5
50(60)	1,2(2,2)	309	1 055	68	34
75	3,2	349	2 022	77	65
100	6,1	384	2 351	85	75
125	10,4	406	2 418	90	77
150	14,6	423	2 641	94	84
200	29,2	437	2 784	97	89
200(*)	29,2(*)	450	3 119	100	100

(\*) Acima de.

A sensação de insegurança e a necessidade de uma garantia, diante do risco evidenciado pelos incêndios, parece-nos, contribuíram em larga escala para o desenvolvimento do aprego norteamericano ao recurso do seguro. Assim entendemos o extraordinário desenvolvimento das suas organizações de seguro contra incêndios, cuja associação de classe, a conhecida N. B. F. U. — National Board of Fire Underwriters, fundada em 1866, passou a ser reconhecida como instituição de interesse público. Assim também entendemos a notória influência da N. B. F. U. sobre os projetistas de sistemas públicos de abastecimento de água, através da sua famosa "Standard Schedule for Grading Cities and Towns of the United States with reference to Their Fire Defenses and Physical Conditions", que vem desde 1916. Por este "Schedule", as cidades norteamericanas são classificadas, por pontos perdidos acumulados, em uma tabela contendo 10 classes, estas classes se sucedendo por acréscimos uniformes de 500 pontos perdidos; dêsse modo, na primeira classe se situam as cidades com zero a 500 pontos perdidos e, na décima e última classe, as cidades com 4500 a 5000 pontos perdidos. As taxas de seguro contra incêndios são presididas por disposições estaduais, as quais levam em conta a classe atribuída a cada cidade. Braun (25), para dar um exemplo de como este último fator influi, relata que, a taxa incidente sobre uma moderna casa residencial de madeira, tendo telhado em ripado de madeira, sob toda proteção oferecida por Seattle (Estado de Washington), que pertence à Classe 2, é aproximadamente 70% inferior à taxa que incidiria sobre um edifício idêntico localizado em situação não protegida ou Classe 10. Há, portanto, um argumento suplementar imediato, incitando a opinião pública de cada cidade, no sentido de aceitar ou mesmo exigir providências destinadas a uma melhor classificação. Para este fim, é necessário diminuir o número de pontos perdidos. O citado "Schedule" estipula, pormenorizadamente, o critério pelo qual os inspetores da N. B. F. U. (cidades com 25 000 ou mais habitantes) ou os inspetores das agências regionais (cidades restantes) irão computar os pontos. Ora, numa espécie de distribuição ponderal das importâncias relativas admitidas, o "Schedule", divide o total de 5 000 pontos em sete itens, da seguinte forma: Sistema Público de Abastecimento de Água — 1 700 pontos; Corpo de Bombeiros — 1 500 pontos; Sistema de Alarma — 550 pontos; Polícia — 50 pontos; Código de Obras ("Building Laws") — 200 pontos; Prevenção de Incêndio ("Fire Prevention") — 300 pontos; Condições Estruturais ("Structural Conditions") — 700 pontos. É, pois, no abastecimento público de água, onde se pode alcançar maior redução de pontos. Para isto, é preciso obedecer às exigências técnicas, altamente onerosas, da N. B. F. U., relativas ao serviço de água. São especificações, consubstanciadas em 32 itens principais, que vão desde a maneira de nomear funcionários até às características dos ramais alimentadores dos hidrantes. Também aqui, há uma ampla diferenciação ponderal, destacando-se, com grande número de pontos, o volume dos reservatórios e a capacidade, segurança e diâmetro mínimo da rede de distribuição. Inclui, no que diz respeito

às vazões de distribuição para zonas centrais das cidades, o cálculo da demanda de incêndios pela conhecida fórmula:

$$Q = 1020 \sqrt{P} (1 - 0,01 \sqrt{P})^{(*)},$$

fórmula essa estabelecida em 1911, pressupondo a emergência de se ter de enfrentar alastramento do sinistro em forma de conflagração.

Apesar de tudo, o fogo continua sendo um grande espantinho para o povo norte-americano. Figura entre as principais causas de morte por acidente, apenas sendo superado pelos acidentes em veículos e em quedas. A N. F. P. A. — National Fire Protection Association (26), em 1954, estimava um total anual da ordem de 12 000 casos fatais e indicava, que, ferimentos, sempre dolorosos e comumente deformantes, atingiam um número de pessoas pelo menos várias vezes maior. As maiores freqüências de casos fatais, na distribuição por tipos de ocupação de edifícios, ocorriam em habitações (casas residenciais, apartamentos, pensões e hotéis), as quais englobavam cerca de metade do total. Em cinco anos (1947-1951), o número médio de incêndios em edifícios foi de 582 600 por ano, correspondendo-lhe um prejuízo médio de 706 milhões de dólares por ano. Nesse número médio de incêndios, incluíram-se 359 080 em habitações, o que representou uma incidência da ordem de oito por mil, ou seja, um incêndio por ano para cada 125 habitações. Acrescentando-se os incêndios ocorridos fora dos edifícios (aviões, veículos, lixo, gramados, matas etc.), a média naquêl período de cinco anos atingiu o montante anual de 1 740 290 casos, conduzindo a um índice da ordem de 1 200 incêndios por ano, para cada 100 000 habitantes. E o prejuízo médio correspondente foi de 782 milhões de dólares por ano — importância, no dizer de Braidech (27), cerca de 75% maior que os prejuízos estimados nas propriedades inglesas, durante dois anos de "blitz" germânica.

#### Quadro II-7

MAGNITUDE DE ALGUNS INCÊNDIOS NOS ESTADOS UNIDOS, ATÉ 1911 (26)

Ano	Cidade	Propriedades destruídas
1835	Nova Iorque	Edifícios cobrindo 5 hectares
1845	Pittsburgh	1 000 prédios
1849	St. Louis	425 prédios e 27 barcos
1851	São Francisco	2 500 prédios
1866	Portland (Mc.)	1 500 prédios
1871	Chicago	17 430 prédios
1872	Boston	776 prédios
1889	Boston	52 prédios
1901	Jacksonville (Fla.)	1 700 prédios
1902	Paterson (N. J.)	525 prédios
1904	Baltimore	80 quarteirões da zona comercial
1906	São Francisco	28 000 prédios
1908	Clesea (Mass.)	3 500 prédios
1911	Bangor (Me.)	267 prédios

(\*) Nessa fórmula,  $Q$  é a vazão para combate a incêndios, em galões/minuto, e  $P$  é a população da cidade, em milhares de habitantes. A fórmula é aplicável até  $P = 200$ , quando fornece  $Q = 12\,000$  galões/minuto (760 litros/segundo). Para cidades com população superior a 200 000 habitantes, deve-se adotar a demanda de 12 000 galões/minuto e mais uma outra, suplementar, de 2 000 a 8 000 galões/minuto, destinada a um segundo incêndio simultâneo.

Os fatos apontados tornam compreensíveis dois aspectos da situação norte-americana. Em primeiro lugar, a susceptibilidade ao fogo, inculcada no cidadão comum e, a água para combate a incêndios, equiparada aos usos de elevada importância. Em segundo lugar, os danos materiais decorrentes do fogo, considerados prejuízos econômicos de alta relevância e, a água para combate a incêndios, secundariamente, requerida para controle de fator ligado à conveniência.

Diferente foi o desenvolvimento histórico das casas e das cidades brasileiras, em grande parte por influência do distinto critério português, seguido da preservação de boas tradições por parte dos brasileiros. Nos tempos coloniais e, depois, no período imperial, houve uma predominância absoluta de construções à base de taipa de pilão, cerâmica e pedra. Vigorou, em consequência, ambiente menos propício à eclosão e alastramento do fogo, situação ainda favorecida por condições climáticas peculiares, que inclusive permitiram dispensar a calefação. Soalhos, escadas e fôrros de madeira representavam contudo, massas vulneráveis ao fogo; embora, as madeiras de lei, geralmente usadas, oferecessem dificuldade à implantação e à velocidade de propagação inicial do fogo. De qualquer forma, não há dúvida, as casas, tendo como que um razoável envólucro protetor, constituído pelas paredes externas, muros e telhados, muito dificultaram a propagação do fogo, de dentro para fora ou de fora para dentro das mesmas. E cada incêndio tendeu a se confinar em um edifício ou em um grupo restrito de edifícios. São deste gênero, os "incêndios de grandes proporções" que a história de São Paulo registra. Incêndios abrangendo um ou dois determinados edifícios. Contrastam com os registros da história norte-americana, que se referem a incêndios de cidades. E' Ernani Silva Bruno, em sua obra valiosa (28, p. 749), quem nos conta: — "Foi o que aconteceu por ocasião de um dos maiores incêndios ocorridos na cidade em meados do século passado: aquele que em uma noite de dezembro de 1863 se manifestou em um velho edifício da rua do Comércio esquina da rua da Quitanda, ocupado pelo francês Sauvage, estabelecido com café e com bilhares. No combate contra o fogo se destacaram duas moças negras — Florência Maria Elídia e Maria Augusta Malvina — seu esforço e sua coragem tendo sido elogiados no relatório do chefe de polícia. Esses incêndios e outros acidentes ocorridos na época em estabelecimentos do centro da cidade eram quase sempre ocasionados pelo fato de ser rara a casa comercial que não mantivesse em estoque — apesar da proibição das posturas municipais — muitos quilos de pólvora e dinamite, latas de querosene e pipas de aguardente e álcool. Ainda em 1870 sabe-se que a deflagração de pólvora levou para os ares o telhado de uma dessas vendas". Com o transcorrer do tempo, as cidades foram se modificando, refletindo o evoluir da técnica brasileira. Esta, por contingências várias, ainda se filiando à escola européia. Aquêles vigamentos e entabuamentos formando massas combustíveis, atrás mencionados, passaram a ser substituídos por estruturas à base de alvenaria e concreto armado. Com isto, os incêndios, além de pouco freqüentes, ainda foram levados a se circunscreverem em compartimentos de edifícios, geralmente permitindo que as pessoas presentes, não só se pusessem a salvo, como ainda, dominassem o fogo com recursos caseiros ou prediais. Mas, como consequência do próprio progresso, um outro problema começou a se corporificar, abrangendo prédios em número relativamente reduzido, porém de grande valia econômica. Maquinários, retortas, maçaricos, cabos de alta tensão, fornos, matérias primas e mercadorias em estoque, em depósito ou em processamento, e outras formas especiais de ocupação de edifícios, passaram a constituir massas com significativos riscos intrínsecos, capazes de gerar e alimentar grandes incêndios localizados e, assim, capazes de exigir, em escala especial, medidas de proteção às pessoas e aos bens materiais presentes.

Dados do I. B. G. E., Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, referentes a 1957 (29), acusaram, para o Brasil (exclusive o atual Estado da Guanabara), um total de 2745 incêndios, abrangendo edifícios, veículos, matas etc., o que representou um índice da ordem de 5 incêndios por ano, para cada 100 000 habitantes; nesse total, as residências entraram com uma parcela de 915 incêndios; no mesmo total, o Estado de São Paulo figurou com um montante de 1014 incêndios e, a sua capital, com 690. O Departamento de Estatística do Estado de



São Paulo (30), apontou em 1958, um total de 1 151 incêndios no Estado, cuja distribuição, segundo a localização, reproduzimos no Quadro II-7.

Quadro II-8

Localização	Munic. Interior	Munic. S. Paulo	Estado S. Paulo
Estabelecimento comercial .....	77	62	139
Estabelecimento industrial .....	76	249	325
Residência .....	128	208	336
Edifício público .....	14	16	30
Depósito .....	14	32	46
Mata, bosque, est. agropecuária etc. ....	31	10	41
Veículo .....	72	99	171
Outros .....	20	43	63
<b>Total .....</b>	<b>432</b>	<b>719</b>	<b>1 151</b>

Esses valores nos conduzem aos seguintes números de incêndios por 100 000 habitantes:

Municípios do Interior .....	5
Município de São Paulo .....	20
Estado de São Paulo .....	10

Por outro lado, focalizando apenas a parte de moradias, vamos encontrar, no Município de São Paulo, uma incidência da ordem de um incêndio por ano para cada 3 500 residências e, no interior do Estado, cerca de um incêndio por ano para cada 13 000 residências.

Examinando os sistemas de abastecimento de água das cidades brasileiras e, em especial, revendo os Quadros II-4 a II-6, concluiremos que, sob este aspecto, as nossas cidades iriam parar nas últimas classes previstas pela N. B. F. U. No entanto, estudando(\*) a Tarifa de Seguro-Incêndio do Brasil (31), iremos vêr que, cidades como São Paulo, Belo Horizonte e mesmo o Rio de Janeiro, acham-se colocadas na primeira dentre as quatro classes de cidades estabelecidas nessa Tarifa. Porque outro tem sido o nosso critério de classificação; menor importância vem sendo atribuída ao sistema público de água. Ainda mais, veremos que a taxa é influenciada relativamente pouco pela classe à qual a cidade pertença; entre a primeira e a última classe, a oscilação é da ordem de 20% a 50%. Por outro lado, veremos que a classe de construção do edifício (4 classes previstas) e a classe de ocupação do edifício (13 classes previstas) é que influem muito. Entre a primeira e a última classe de construção, a variação da taxa básica é da ordem de 6 a 8 vezes. Entre a primeira e a última classe de ocupação, a variação é da ordem de 7 a 20 vezes. Finalmente, veremos que, no Art. 16 da mesma Tarifa (regulamentado pela

(\*) Desejamos consignar os nossos agradecimentos aos engenheiros da Ajax Corretores de Seguros S. A., assim como ao pessoal do Instituto de Ressseguros do Brasil, que nos forneceram valiosos dados e orientação.

Portaria n.º 21, de 5 de maio de 1956, do Departamento Nacional de Seguros Privados e Capitalização), ao se estipular a concessão de descontos sobre a taxa básica, são incluídos aqueles que poderão ser proporcionados por hidrantes alimentados por especificados reservatórios da instalação predial (desconto máximo de 30%), bem como por "sprinklers" (desconto máximo de 60%), e nada há de explícito a respeito de descontos que seriam oferecidos se houvessem bons hidrantes na rede pública. E, hoje, como ontem, pessoas bem intencionadas, não se conformam com o nosso aparente destemor, com a nossa relativa despreocupação, ante a "iminência" de as nossas cidades se verem à mercê do fogo, e repetem, com palavras novas, a velha advertência com que Laurindo de Brito, em 1880, se dirigia à nossa Assembleia Provincial (28, p. 1204): "A cada incêndio, que felizmente rara vez alarma a população desta capital, mas para que já era tempo de estarmos preparados, atento o aumento de fogos, o acúmulo de habitantes e a importância dos prédios, ouvia-se um clamor geral contra a imprevisão que deixava, por falta de máquinas e aparelhos necessários, a cidade exposta à devastação pelo incêndio, quando êste tomasse proporções que exigissem o emprêgo de máquinas mais potentes que as bombas de jardim e deslocação de água mais prontamente do que pelos baldes dos aguadeiros".

A narração que acabamos de fazer, representa um resumo dos principais conhecimentos analíticos que pudemos até agora adquirir, estudando, observando e meditando a respeito do crucial problema do ser ou não ser — a água para incêndio — um uso fundamental, vinculado a pesadas exigências hidráulicas (e financeiras) a serem necessariamente impostas em nossas futuras normas e especificações para projeto da rede pública de água.

Êsses conhecimentos nos levam a uma síntese, consubstanciando teses sobre o mencionado problema, as quais apresentamos a seguir.

a) Os norte-americanos, em sua evolução histórica, não conseguiram se libertar do hábito de construir e aparelhar edifícios, especialmente casas residenciais, segundo um padrão que tornou suas comunidades bastante vulneráveis diante do risco evidenciado pelos incêndios. Por isso, tiveram necessidade de se protegerem com sistemas públicos de abastecimento de água cujas qualificações, em matéria de capacidade e presteza, foram ditadas por requisitos de eficiente combate ao fogo. Tal providência, ao lado de outros serviços mantidos em estado de alerta, tem lhes possibilitado o controle de "surtos" ou conflagrações devastadoras; mas não lhes tem livrado de uma alta incidência de casos isolados, de um número elevado de mortos e feridos pelo fogo e de um estado de intranquilidade diante do sinistro.

b) Na conjuntura de onde se origina o problema do incêndio, a água do sistema público não figura como causa e nem como fator de transmissão. É um elemento que só tem entrada em cena quando o mal já se acha implantado. É um meio de combate, uma medida "curativa", destinada a debelar um estado calamitoso decorrente de fatores ambientes que não foram antecipadamente controlados, fatores êsses implicados no contato, muitas vezes olvidado, entre o homem e os elementos ambientes causadores e transmissores de incêndio.

c) O seguro contra incêndio, nos seus altos propósitos, pode ser interpretado como uma forma de assistência social às vítimas. Repara diretamente o indivíduo, mas não a comunidade. A sua finalidade é dividir, entre todos, os prejuízos de alguns (32). É uma segurança econômica do indivíduo, na insegurança física do ambiente.

d) Quatrocentos anos de história, envolvendo quatrocentas cidades paulistas, podem não demonstrar, mas sem dúvida insinuam, que é possível a todo um Estado subsistir e evoluir com dinamismo, tendo abastecimentos de água nas últimas classes da N. B. F. U., sem que um curioso consiga encontrar um exemplo de as chamadas temíveis conflagrações. E sem que os seus cidadãos, desde as chamadas mais cultas até as menos cultas, tenham um senso comum que os coaja a resguardar a própria casa, mediante o recurso inevitável do seguro. Em con-

traposição, a conflagração que assolou Brasília<sup>(\*)</sup>, após pouco tempo de existência, em sua comunidade não menos brasileira representada pela Cidade Livre, constitui advertência que não pode passar despercebida, quanto à insensatez de se colocarem, seres humanos, a viver sob aquela contingência que se cognominou de "far west brasileiro".

e) O controle dos incêndios, como problema de comunidade, deve ser baseado em medidas preventivas. Estas compreendem, fundamentalmente, a observância de boas normas de urbanismo, de construção e de ocupação dos edifícios, bem como a observância de boas normas de higiene e segurança dos locais de trabalho. O sistema público de abastecimento de água deve ser interpretado como um dispositivo valioso, mas complementar, do qual se deve tirar todo o partido que seja possível. Este particular, diante da feição revelada pelo problema brasileiro de incêndios, vem corroborar a recomendação de as cidades nacionais obedecerem a um zoneamento urbano, pois, nestas condições, edifícios com certas ocupações comerciais ou industriais, em número relativamente pequeno mas economicamente importantes e causadores potenciais de grandes incêndios localizados, poderão suportar ou justificar o encargo de uma rede local dimensionada por fator oneroso ligado à conveniência.

**Adenda.** — Já tínhamos redigido este Capítulo, quando uma nova conflagração veio a acometer a Cidade Livre, fortalecendo as nossas conjecturas a respeito dessa comunidade que, desventuradamente, está se prestando como centro de experimentação. O noticiário dado pela imprensa, permite-nos discernir a predileção com que o incêndio, pela sua dramaticidade, constitui assunto para "manchetes" ou para comentários, talvez conduzindo, na imprecisão de dados estatísticos, a apreciações para mais; permite-nos também um vislumbre sobre como o seguro vai se valorizando; permite-nos, outrossim, notar a reação da sociedade local, exigindo obras a serem providas pelo poder público, ao mesmo tempo que alheando-se da solução verdadeira, que seria uma reconstrução radical do que foi mau edificado. Pelos ensinamentos que trazem em seu bôjo, julgamos oportuno transcrever, a seguir, trechos avulsos dos jornais Fôlha de S. Paulo e O Estado de São Paulo, respectivamente de 11 e 12 de julho de 1960.

"O sinistro de ontem é o segundo de grandes proporções que se registra na Cidade Livre, depois da inauguração da nova Capital".

"Iniciando por volta das 6 horas da manhã, e encontrando material de fácil combustão — construções tôdas de madeira — o fogo espalhou-se rapidamente. Em menos de duas horas, as labaredas destruíram uma farmácia, o Comitê do Movimento Popular Pró-Jânio Quadros, uma grande loja de artigos domésticos, uma loja de tecidos, uma clínica particular, dotada, inclusive, de aparelhos de raios X, um atelier de fotografia, um bar, uma mercearia e um escritório de advocacia".

"Vítima do incêndio, morreu carbonizado o Sr. Domingos Pepe, que dormia num quarto situado nos fundos dos Estabelecimentos Belavi, onde o fogo teve origem. Domingos Pepe era irmão do diretor-gerente daquele estabelecimento comercial — um dos maiores da Cidade Livre. Casado, tinha seis filhos e chegou a Brasília há quatro dias, a fim de tentar aqui se radicar. Durante os trabalhos para debelar o fogo, quatro pessoas ficaram feridas, tendo sido internadas".

"O incêndio foi descoberto por acaso: o vigia da torre da guarnição do Corpo de Bombeiros de Brasília, por volta de 5,30 h de ontem, percebeu sinais de fumaça na direção da Cidade Livre, e mandou uma guarnição fazer a verificação, constatando esta que o incêndio assumia grandes proporções. Iniciou-se então a luta contra as chamas, com a participação de dezenas de moradores daquele núcleo. Até os carros-pipas, que habitualmente são utilizados para molhar as ruas da Cidade Livre, foram requisitados para fornecer água aos bombeiros".

(\*) Noticiada largamente pelos jornais de 20 e 21 de maio de 1960.

"Enquanto os bombeiros e voluntários tentavam debelar o fogo, os religiosos que dirigem o Ginásio e Escola Técnica de Comércio Brasília procuravam retirar as mercadorias e móveis dos estabelecimentos que estavam sendo queimados. Neste trabalho, os religiosos foram auxiliados por escoteiros do Grupo Coronel João Ferreira Leal, de Ribeirão Preto, que estavam acantonados numa das dependências daquele estabelecimento de ensino".

"De todos os estabelecimentos destruídos, apenas quatro estavam segurados e por valor irrisório: o estabelecimento Bela Vista, com grande volume de vendas a crédito, e cujo prejuízo é avaliado em cerca de 20 milhões de cruzeiros por seu proprietário, só estava seguro em 3 milhões; o atelier fotográfico, em 1,5 milhões; a loja de tecidos, em 2 milhões e a clínica médica, em 1 milhão".

"Em sinal de solidariedade aos comerciantes prejudicados, o Serviço de Altofalantes local substituiu seu programa normal por músicas fúnebres".

"Os habitantes da Cidade Livre deverão reafirmar ao presidente da República o pedido feito na semana passada, no sentido de adoção de providências concretas e urgentes para a urbanização daquele núcleo. O incêndio registrado domingo último no Núcleo Bandeirante concorreu para aumentar a tensão dos seus habitantes, que se mostram dispostos a exigir a promessa do governo de urbanizar a Cidade Livre, dando-lhe condições de habitabilidade e meios para prevenção de incêndios".

## 2 — SÓBRE A SEGURANÇA NO FORNECIMENTO

2.1 — Ao se estabelecerem critérios para projeto da rede de água, será necessário definir, ao mesmo tempo, padrões de segurança a serem exigidos do sistema, em face da ocorrência de previsíveis estados de emergência. Isto é, deverão ser judiciosamente preconizadas, quais as sobrecargas ou estados anômalos admissíveis para a obra e, em face dos mesmos, deverão ser racionalmente especificadas as condições mínimas de comportamento do sistema a ser projetado.

Ao serem demarcados os aludidos estados de emergência, recomendamos que sejam ponderados, especialmente, os quatro casos enunciados a seguir.

2.1.1. — Interrupções anormais no funcionamento de partes do sistema situadas à montante dos órgãos de reservação — distribuição.

2.1.2 — Interrupções do escoamento em linhas distribuidoras.

2.1.3 — Demandas extraordinárias para combate a incêndios.

2.1.4 — Demandas extraordinárias para atender populações transitórias (consumidores em quantidade sensível, cuja estada no local é passageira e esporádica).

2.2 — O fornecimento satisfatório de água, ao longo da rede, nos estados de emergência, condiciona-se geralmente a dois requisitos:

- a) localização e dimensionamento apropriados de reservatórios;
- b) traçado e dimensionamento adequados da rede.

### 2.3 — Reservatórios.

2.3.1 — O volume necessário à finalidade em aprêço ficará na dependência de especificação de duas condições de mínimo:

- a) duração do estado de emergência admitido como crítico;
- b) vazão de distribuição no decorrer desse intervalo de tempo.

2.3.2 — Quanto à localização dos reservatórios, no que possa interferir na fixação das vazões de distribuição, distinguimos dois casos:

- a) reservatórios públicos;
- b) reservatórios domiciliários.

Estes últimos têm sido instalados, com muita generalidade, como complemento aos primeiros, sob a justificativa de proteção do consumidor contra faltas d'água, em face da prevalência dos estados de emergência discriminados, acima, em II-2.1.1 e II-2.1.2<sup>(\*)</sup>. Sob tal hipótese, constituem solução sanitariamente condenável, pois pressupõem a persistência crônica de funcionamento intermitente da rede, situação essa propiciadora de contaminação por atuação de vácuo parcial. Ainda que se leve, a seu crédito, o desagravante indubitavelmente valioso de, em tais circunstâncias, evitarem a transmissão do vácuo parcial aos aparelhos sanitários e, ainda, possibilitarem certa ventilação da rede pública.

Outrossim, considerados simplesmente como dispositivo de segurança para o fornecimento, os reservatórios domiciliares representam, para a comunidade, uma solução de vantagens econômicas discutíveis. Com efeito, eles acarretam um aumento de custo nas instalações prediais, não só devido ao dispêndio de aquisição e assentamento do reservatório e de seus órgãos acessórios, como ainda, devido à maior extensão de canalizações exigida pelo sistema indireto de distribuição predial. A somatória desses aumentos de custo, estendida a toda a comunidade, merece ponderação em face da melhor segurança que porventura possa ser alcançada através de melhoria do sistema público de abastecimento, mediante o emprego do mesmo capital.

Ademais, um critério de segurança apoiado no reservatório domiciliário redundante em dispersão dos volumes armazenados disponíveis. Estes mesmos volumes, se concentrados em reservatórios públicos convenientemente localizados, poderão vir a proporcionar uma operação muito mais flexível e eficaz na eventualidade de emergências, especialmente em se tratando de incêndios.

A localização dos reservatórios públicos, por sua vez, é um problema intimamente ligado ao traçado da rede.

#### 2.4 — Traçado e dimensionamento adequados da rede.

2.4.1 — Entre os fatores básicos para consecução da segurança no fornecimento, incluem-se o traçado e o dimensionamento adequados da rede. Compreendem linhas tronco, linhas secundárias, registros, "boosters" e outros. Não interferem, porém, na fixação das vazões de distribuição. Estas é que constituem um de seus elementos determinantes. Não obstante, consideramos oportuno um breve comentário sobre o assunto.

2.4.2 — Para o projeto de suas redes públicas de distribuição de água, os norte-americanos têm em regra preconizado, como condição crítica de cálculo, a atuação simultânea de vazões de distribuição ordinárias e vazões de distribuição demandadas para combate a incêndios. Não têm admitido a hipótese que, ao mesmo tempo, ainda ocorram os estados de emergência configurados em II-2.1.1 e II-2.1.2, por considerarem que a probabilidade de um tal evento não justifica o ônus requerido para a sua precaução.

Aos seus projetistas se impõe, conseqüentemente, a condição da rede suportar, além de consumos ordinários, vazões substanciais de combate a incêndios, a serem concentradas em qualquer ponto em que estes possam ocorrer. E, para os pontos de alimentação mais difícil, aceita-se que o atendimento dessas vazões acarrete um certo prejuízo nas condições hidráulicas de suprimento dos consumos ordinários. Isto é, tolera-se uma depressão extraordinária na superfície piezométrica, mas limita-se essa depressão mediante uma condição de mínimo para a pressão dinâmica remanente. Trata-se, pois, de uma especificação que claramente estipula um grau de segurança a ser atingido, em função de um estado de emergência nitidamente caracterizado.

Por força de tais condições, a concepção de linhas tronco, com traçado em anéis ou circuitos fechados, aparece como uma resultante, dada a injunção de se fazer circular, com flexibilidade, uma considerável vazão requerida por um incêndio a eclodir algures sobre a cidade.

As múltiplas posições imagináveis para o incêndio, a par da dificuldade de predição imediata dos conseqüentes comportamentos hidráulicos da rede, fazem

(\*) Usaremos este sistema de notação para referência ao nosso texto, indicando o capítulo (algarismo romano) e o item respectivo.

com que um mesmo traçado seja calculado múltiplas vezes e que vários traçados sejam comparados entre si, para se chegar à concepção final de projeto. Sob tal contingência, evidenciam-se, com naturalidade, as vantagens de certos métodos de análise para o dimensionamento da rede, como o de Hardy Cross e os de Mc Ilroy.

2.4.3 — Entre nós, temos presenciado, com frequência, discussões sobre vantagens de certos métodos de análise e de traçados que a eles estariam vinculados. Em especial, discussões que intitularíamos: Método de Seccionamento versus Método de Cross.

Somos de opinião que, diante das nossas atuais normas e especificações omissas, tais discussões são absolutamente estéreis, porquanto incapazes de conduzir a conclusões convincentes, uma vez que envolvem argumentações baseadas em grandezas heterogêneas, para as quais não se estabeleceu um termo comum de comparação. De fato, aduz-se que o Método de Seccionamento é mais econômico, porque resultam-lhe menores custos de construção da rede, sem se atentar para a importância relativa dos consumos e das situações a serem atendidos. Forçoso seria concluir-se, por uma lógica assim simplificada, que o projeto ideal fôsse aquele que conduzisse a um custo de construção igual a zero, ou seja, aquele que preconizasse a não construção da rede. Assevera-se, de outro lado, que o Método de Cross é mais vantajoso, porque proporciona maior segurança no fornecimento, sem se esclarecer o grau de segurança pretendido. Se maior segurança, por si só, fôsse motivo bastante para preferência, então, seríamos levados ao extremo oposto, na nossa busca ao projeto melhor. Anéis, calculados pelo Método de Cross, assim padecentes de normas definidas que caracterizem o seu objetivo, comumente têm um ou mais segmentos com diâmetro arbitrariamente adotado como superior ao diâmetro mínimo, por força de um sentimento que indica a conveniência de se fecharem tais circuitos com linhas de diâmetro significativo. É um aumento de custo, possivelmente conveniente, objetivando dar, à "estrutura hidráulica", capacidade para suportar "sobrecargas", geralmente de natureza "móvel", ocorrentes em estados de emergência. Mas, é um aumento de custo que pode permitir intermináveis discussões de projetistas, entre si ou com a fiscalização do projeto, e o que é pior, discussões sobre a mesma controvérsia, em cada projeto; comumente acrescentam-se, ainda mais, discussões sobre limites mínimos e máximos que deveriam ser obedecidos, quanto ao tamanho (e número) de anéis. Isto porque, embora louvável em seus propósitos, é um aumento de custo baseado em conceito subjetivo de segurança, sem garantia de solução econômica para um problema devidamente caracterizado, enquanto introduzido sem especificações prévias que individualizem os estados de emergência de importância significativa e que preconizem os níveis de tolerância admissíveis ao se enfrentá-los.

Essas especificações oferecem, a nosso vêr, um tema para estudos, dos mais necessários, a ser focalizado em precedência às polêmicas sobre métodos de dimensionamento das redes. Tendo em conta as diferentes situações encontradas em cidades ou setores de cidades brasileiras — principalmente sanitárias, econômicas e financeiras — a aconselharem diferentes critérios de projeto, prognosticamos a conveniência de essas especificações serem conjugadas a classes de rede, classes essas sistematicamente definidas em um corpo de norma. Aliás, esta orientação encontraria paralelo em outros setores da engenharia, como por exemplo, no projeto de pontes de concreto armado, conforme se verifica nas normas brasileiras NB-2, Art. 6 e NB-6 (33). Pressupomos, assim, classes de rede satisfazendo, por exemplo, diferentes mínimos de capacidade perante solicitações causadas por incêndios; classes de rede sem requisito predominante de proteção contra incêndio, mas com exigência sanitária de um mínimo de pressão dinâmica, na eventualidade de interrupção do escoamento no ponto mais desfavorável de uma linha tronco; e assim por diante. Antevendo, por outro lado, as conseqüências previsíveis do desenvolvimento de uma comunidade, podemos desde já alvitrar o mérito de concepções de projeto que, permitindo à rede satisfazer economicamente às condições mínimas de sua classe inicial, ainda propicie sua acomodação harmônica a classes subsequentes, mediante ampliações bem planejadas; sob este ponto de vista, acreditamos que, concepções baseadas em anéis poderão, nos casos gerais, conduzir a soluções mais vantajosas.

### 3 — SÓBRE O REGIME DE FORNECIMENTO

3.1. — Uma série de fatores concomitantes acarreta variabilidade nas vazões solicitadas instantaneamente pelos consumidores. É um fato a ser considerado, desde que temos de fornecer, continuamente, água em quantidade suficiente.

Três regimes de fornecimento podem ser examinados, como solução para o problema, conduzindo a três critérios para projeto da rede. Cada um deles tem vantagens e limitações, o que torna conveniente ou então inevitável a sua adoção, nesta ou naquela cidade ou setor de cidade. Em tal escolha, constitui fator importante a natureza dos edifícios presentes, quanto ao número máximo de pavimentos e ao consumo máximo por prédio. É aconselhável, pois, em futuras normas e especificações para projeto de redes públicas de distribuição de água, uma sistematização judiciosa das condições mínimas a serem consideradas pelo projetista, as quais deverão norteá-lo na decisão sobre o regime de fornecimento que condicionará o seu projeto.

#### 3.2 — Regime sem regularização.

Neste caso, a alimentação das instalações prediais é feita diretamente pela rede pública. Não há de perméio, reservatório regularizador de vazão.

Conseqüentemente, para o projeto da rede pública, o cálculo das vazões de distribuição deverá levar em conta as variações instantâneas das demandas de água nas instalações prediais.

Entre nós, em termos gerais, este regime tem sido considerado como o desejável, conforme se depreende da legislação estadual (2) — citada em I-1 — e, também, da Norma Brasileira, em Estágio Experimental, para Instalações Prediais de Água Fria (34, p. 14).

#### 3.3 — Regime com regularização

Trata-se do caso em que as instalações prediais são dotadas de reservatórios próprios, a partir dos quais se faz a alimentação dos pontos de consumo. Por este sistema, o fornecimento de água, pela rede pública, é feito em reservatórios prediais, de tipo superior ou inferior. Na alternativa de reservatório inferior, há, na instalação predial, um dispositivo elevatório.

Resultam, para o projeto da rede pública, vazões de distribuição afetadas por ação regularizadora, ação essa que pode ser considerada como outro objetivo do reservatório domiciliário.

#### 3.4 — Regime misto.

Abrange três casos:

3.4.1 — Regime, com regularização, para um certo número de prédios; e, sem regularização, para os prédios restantes;

3.4.2 — Regime, com regularização, para certos pontos de consumo de cada prédio; e, sem regularização, para os pontos de consumo restantes;

3.4.3 — Regime abrangendo uma combinação dos dois casos anteriores.

Nos três casos, as vazões de distribuição, para o projeto da rede pública, deverão levar em conta demandas condicionadas por regularização e variações imediatas do consumo.

### 4 — APÊNDICE

4.1 — A questão dos reservatórios domiciliários assume, para nós, importância especial, devido à sua interveniência no cálculo das vazões de distribuição e devido ao seu emprêgo arraigado em nossas cidades. A propósito, regulamento recente da maior cidade brasileira, refletindo circunstâncias do sistema público de distribuição, estabelece categoricamente em seu Art. 15: "Nenhum prédio será abastecido diretamente pela rede distribuidora, sendo o suprimento regularizado sempre por um ou mais reservatórios de capacidade global igual ou superior ao consumo diário estimado" (35). Sem dúvida, a questão, já muito discutida, ainda

consumirá muito do precioso tempo de nossos técnicos, no afã de encontrarem a orientação mais conveniente para as nossas comunidades.

4.2 — Na oportunidade oferecida pelo presente trabalho, decidimos empreender uma pesquisa através da literatura técnica, tendo em vista encontrar dados concretos, baseados em investigações de nível científico, a respeito de desvantagens sanitárias dos reservatórios domiciliários.

Um estudo específico, dentro dessa idéia, foi realizado há quatro anos passados, em Marselha, na França, por Gevaudan e Gay (36), os quais o publicaram sob o título expressivo seguinte: *Enquête sur un moyen archaïque de distribution d'eau de consommation*.

Em razão da grande importância do problema e da similitude com que as condições e conclusões daquele estudo podem reverter ao nosso caso, vamos registrar, neste apêndice, partes fundamentais da mencionada publicação.

Marselha é abastecida por um rio, cuja água captada é aduzida por meio de um canal a céu aberto de 80 km de extensão. Uma parte da água é simplesmente clorada e distribuída a certos arrabaldes. A outra parte, potabilizada em duas estações de tratamento, com filtração e desinfecção, é fornecida à cidade.

a) O problema é apresentado, pelos autores, da seguinte forma: "Pour les besoins domestiques, depuis toujours, l'eau est distribuée aux usagers par l'intermédiaire des "caisses à eau". Sortes de réservoirs situés au sommet des habitations, ces "caisses" sont alimentées en permanence et munies d'une surverse branchée sur l'évacuation des eaux résiduaires, ce qui entraîne un important gaspillage.

Ces réservoirs archaïques sont, à l'heure actuelle, devenus inutiles dans la zone urbaine. En effet, s'ils constituaient autrefois des réserves d'eau utilisables pendant les chômages du canal, ils ne jouent plus ce rôle maintenant, puisque le réseau urbain dispose de réserves en suffisance pour assurer une alimentation continue d'eau potable pendant les périodes de chômage du canal, périodes qui ne dépassent jamais soixante heures. Actuellement, ces réserves personnelles ne sont nécessaires que pour les habitants des banlieues ou les réseaux de distribution sont alimentés directement sur le canal et ne disposent d'aucun réservoir, sauf rarissime exception.

Dans un esprit critique, on doit reconnaître que dans bien des cas, ces "caisses à eau" sont très mal entretenues ou pratiquement abandonnées. Dans ces conditions, elles constituent des réceptacles pour toutes sortes de résidus, et l'on conçoit donc que leur généralisation sur un réseau d'eau potable puisse être sujette à des nombreuses critiques.

C'est pourquoi, il nous a paru intéressant de préciser dans quelle mesure, ce système de distribution par l'intermédiaire des "caisses à eau" pouvait être encore admis ou rejeté".

b) Os autores investigam, separadamente, a influência das "caisses à eau" na rede de água bruta clorada e na rede de água filtrada e desinfetada. As consequências advindas para a qualidade da água, são examinadas no que diz respeito à temperatura, pH, cloro livre e flora microbiana. Para o nosso problema, interessam as conclusões sobre a influência dos reservatórios domiciliários na rede de água filtrada e desinfetada, quanto à variação da flora microbiana. Vejamo-las.

"A la sortie des usines et sur l'ensemble du réseau, les analyses révèlent une eau bactériologiquement potable. Une flore aérobie assez pauvre existe, mais elle n'est jamais accompagnée des germes que l'on estime d'origine fécale.

C'est dans ce cas (Variation de la Flore Microbienne) que le rôle néfaste de la "caisse à eau" apparaît avec le plus de netteté. Ces réservoirs sont, en effet, souvent très négligés. Parfois situés au faite des immeubles, sans aucun courvercle, ils sont soumis à la contamination par les poussières de la ville les jours de grand vent, ainsi qu'à la pollution par les oiseaux. Il est à noter que dans les combles des immeubles mal entretenus où des rongeurs pullulent, on peut relever des pistes de rats sur les bords de ces réservoirs.

Les analyses confirment éloquentement ce rôle déplorable des caisses. On compte, en effet, que 15% des caisses favorisent une pollution notable de l'eau,



dont l'analyse initiale révélait la potabilité bactériologique. Dans le tableau, on pourra voir dans quelles proportions les germes d'origine fécale interviennent dans la pollution des "caisses à eau" selon que celles-ci sont extérieures ou intérieures, fermées ou ouvertes.

Ainsi, dans le secteur du réseau d'eau conditionnés pour la consommation humaine, la "caisse à eau" apparaît avec deux inconvénients majeurs qui lui ôtent le caractère d'utilité qu'elle présente incontestablement dans le réseau d'eau brute.

#### Pourcentage de Caisses Polluées dans le Réseau d'Eau Filtrée et Stérilisée

Nature des Caisses	Microbes Intervenant dans la Pollution				
		Aérobies à 37°	Esch. Coli	Colif.	Cl. Perfringens
Caisses ouvertes	Ext.	63%	33%	45%	9%
	Int.	61%	16%	16%	5%
Caisses fermées	Ext.	68%	12%	—	12%
	Int.	58%	—	—	56%

En premier lieu, elle ne joue plus aucun rôle favorable dans la chloration de l'eau. En second lieu, elle est un facteur de pollution supplémentaire très notable".

c) Discutindo diretrizes para o encaminhamento racional do problema, os autores se manifestam da forma seguinte.

"Les "caisses à eau" telles qu'elles sont conçues actuellement à Marseille, s'étant avérées dans certains cas, un facteur de pollution de l'eau dite "potable", quelles sont les solutions que l'on pourrait apporter au problème qu'elles posent?

Deux solutions peuvent être envisagées:

- 1.° Leur modification
- 2.° Leur suppression.

#### 1.° — Modification des "Caisses à Eau".

A la vérité, le système des "caisses à eau" pêche surtout du fait qu'elles sont mal protégées contre les souillures extérieures.

Il est évident que l'on pourrait concevoir des réservoirs bien fermés construits en béton armé, dont l'intérieur vitrifié n'aurait aucune action chimique sur l'eau. Pour éviter les pertes d'eau et le gaspillage, de tels réservoirs pourraient être utilement dotés de robinets d'arrêt à flotteur.

Mais une telle organisation nécessite une part de surveillance importante, qu'il est difficile de demander aux habitants des grands immeubles et que l'on voit aussi rarement réalisée par les petits propriétaires.

La solution rationnelle, serait leur suppression.

#### 2.° — Suppression des "Caisses à Eau".

C'est vers cette solution que la Société des Eaux oriente sa politique actuelle. Cependant, on se heurtait jusqu'ici dans ce domaine à de multiples difficultés.

L'une des plus importantes était d'ordre technique. En effet, le vieux réseau de distribution ne comportait pas le bassin couvert susceptible d'emmagasiner des réserves d'eau filtrée. Ces réserves étaient indispensables pourtant pour assurer un volant de sécurité pendant les arrêts momentanés du canal.

Pour pallier ces inconvénients, des travaux récents ou en voie d'achèvement, ont permis l'édification, en des points socialement étudiés, d'importants réservoirs fermés d'eau filtrée et stérilisée, l'un de 18 000 m<sup>3</sup>, l'autre de 7 000 m<sup>3</sup>, à Saint-Barnabé, enfin un troisième, Lacédémone, de 38 500 m<sup>3</sup> auxquels vont venir très prochainement s'ajouter d'autres unités. Par l'édification successive de tels dispositifs, il sera possible de doter la ville d'un réseau moderne de distribution.

Mais il existe aussi des difficultés d'ordre psychologique qu'on aurait tort de sous-estimer. En effet, les progrès techniques dont nous avons parlé ne s'accompagnent pas d'une évolution simultanée des idées parmi les consommateurs. Ces derniers sont encore hantés par les risques si désagréables de chômage et ils voient dans les "caisses à eau" la réserve familiale qui leur permettrait, avec plus ou moins de chance, de franchir le cap du chômage. D'autre part, il faut bien le dire, la perspective de la pose des compteurs ne sourit pas aux usagers qui, jusqu'à présent, ont ignoré les volumes d'eau qu'ils utilisent. Chacun se repose paisiblement à l'idée qu'il consomme un certain nombre de modules, ce qui n'a qu'une vague signification.

A la suite de cette étude, il apparaît qu'à son origine l'organisation technique du système de distribution d'eau de Marseille a nécessité l'utilisation des "caisses à eau" et que celles-ci rendent encore d'incontestables services dans les secteurs de distribution d'eau brute simplement chlorée. Par contre, dans les parties de la ville où de grandes réserves d'eau potable ont pu être constituées, il y aurait intérêt à voir disparaître ce système archaïque au profit de la distribution sous pression par l'intermédiaire de compteurs, car l'emploi des "caisses à eau" n'y est plus justifié".

4.3 — Na literatura técnica italiana, encontramos a apresentação do cálculo da rede pública de distribuição dando-nos a entender o propósito de dispensar o uso generalizado de reservatório domiciliário. No entanto, na parte referente a instalações hidráulicas prediais, deparamos com o dito dispositivo, tratado em pormenores, fazendo-nos entrever uma realidade diferente.

Em particular, Gallizio (37, p. 10) e Mistrangelo (38, p. 64) descrevem que, na ligação predial, é intercalado um aparelho de "misurazione", geralmente constituído por um hidrômetro ("contatore") ou por uma pena d'água ("lente idrométrica"). Esta última, necessariamente conjugada a um reservatório localizado no edifício. Mas, comentando a "somministrazione d'acqua a lente idrométrica", é o próprio Gallizio quem escreve as afirmativas transcritas abaixo.

"Un primo inconveniente di questo sistema è di indole igienica. Per quanto ogni appartamento sia munito di una presa dalla quale si può erogare acqua proveniente direttamente (o "semi-direttamente") dall'acquedotto, rimane pur sempre il pericolo che l'utente o per errore o per inconsapevolezza, beva acqua proveniente dai serbatoi, cosa assolutamente antigienica per la facilità di inquinamento cui rimane soggetta l'acqua in essi immagazzinata".

"Il secondo inconveniente è rappresentato dal costo e dalla complicazione dell'impianto".

"Un terzo inconveniente di questo sistema è portato dal fatto che molta acqua si spreca attraverso il sopravanzo dei serbatoi, specialmente nelle ore notturne e nei giorni di non utilizzazione per assenza dell'utente".

"Per quanto sanitariamente ed economicamente da condannarsi, questo sistema di somministrazione d'acqua sussiste ancora in varie città d'Italia (Catania completamente, Genova e Roma parzialmente ecc.), avendo a fattore principale d'insostituibilità la scarsa pressione dell'acqua nell'acquedotto cittadino, insufficiente a sopperire alle perdite di carico richieste da una distribuzione interna a pressione per gli edifici che richiedono erogazioni d'acqua a quote relativamente alte".

4.4 — Finalmente, mais pelo seu aspecto pitoresco, vamos consignar, a seguir, o que escreve L. B. Escritt, engenheiro civil e sanitarista inglês dos mais conhecidos, no décimo livro de sua autoria (39, p. 34).

These differences should have been balanced in a company's supply, cisterns are required when water is supplied from company's main. Storage is undoubtedly necessary to private water supplies because the cistern is then the equivalent of a service reservoir which is necessary to a company's supply. When water is pumped from a well it must be pumped into a tank to balance the differences between pumping rate and demand.

These differences should have been balanced in a company's supply, and therefore if the supply from the mains is constant and adequate no private storage cistern should be necessary. Storage cisterns are, in fact, almost peculiar to Great Britain, being, most probably, a relic from the times when company's supplies were inadequate for the greater part of the day.

A small storage tank is required as a service tank to a hot-water or heating system so as to supply constantly low-pressure water. But water-closets and all coldwater taps can be satisfactorily supplied direct from mains pressure.

Present-day practice varies in that a number of North Country water authorities prefer the omission of cisterns on the grounds that they are frequent causes of pollution; whereas many other authorities and Model Byelaws insist on moderate storage".

### III — CALCULO DAS VAZÕES DE DISTRIBUIÇÃO EM REGIME DE FORNECIMENTO SEM REGULARIZAÇÃO

#### 1 — CONCEITUAÇÃO DO PROBLEMA

Sob regime sem regularização, a rede pública é instalada a fornecer, num momento genérico, uma vazão constituída pelas parcelas seguintes:

- a) soma das vazões das peças de utilização que estejam em operação nesse momento;
- b) soma das demandas instantâneas oriundas de vazamentos causadores de perdas.

Essa vazão global é variável de instante para instante, podendo atingir um valor crítico a ser assumido como condição mais desfavorável de cálculo. Tal valor representará o vazão de distribuição a ser aplicada no projeto da rede pública.

Designamos, por peças de utilização, seguindo terminologia da A. B. N. T. (34), aos dispositivos normalmente usados pelos consumidores para utilização da água em bacias sanitárias, banheiras, bebedouros, chuveiros etc. Visando simplicidade, no presente trabalho, a êles também nos referiremos com o termo — peças.

Em sentido lato, estamos conceituando os hidrantes entre as peças de utilização. Entretanto, por conveniência de cálculo, as solicitações atribuíveis a hidrantes deverão ser computadas separadamente, uma vez que se referem a vazões grandes, concentradas em um número relativamente pequeno de pontos, com localização e uso condicionados a situações merecedoras de estudo especial.

A vazão solicitada à rede pública, num instante genérico, é, assim, um evento decorrente de fatores de utilização e de fatores de perda.

Os fatores de utilização subordinam-se a necessidades e hábitos peculiares à comunidade e, também, a características das peças de utilização.

Os fatores de perda são condicionados a características físicas do sistema, que por sua vez dependem da qualidade de construção e manutenção das instalações públicas e particulares.

Como fator determinante dá vazão de distribuição, uma peça de utilização é caracterizada por dois parâmetros:

- a) a sua vazão de operação;
- b) a sua probabilidade de estar em uso num instante qualquer.

Nestas condições, independentemente do seu nome particular, diremos que duas peças de utilização são de mesmo tipo quando tiverem a mesma vazão de operação. Diremos que são de mesma categoria quando tiverem a mesma probabilidade de uso. E diremos que são equivalentes quando forem de mesmo tipo e de mesma categoria.

No projeto de redes públicas de distribuição de água, o segmento unitário de canalização, a ser dimensionado, é o trecho. Definido como o segmento compreendido entre dois nós consecutivos ou entre um terminal e o nó mais próximo ou, ainda, entre um nó ou um terminal e um ponto da rede onde se processe uma alimentação ou uma demanda localizada de valor considerável. Caracteriza-se o nó como todo ponto onde há conexão de duas ou mais tubulações da rede. Terminal ou ponta seca é uma extremidade fechada. Excepcionalmente, um trecho assim definido, abrangerá uma extensão de várias frentes de quarteirão, podendo então ser, convenientemente, subdividido em trechos menores. De um modo geral, cada trecho destina-se ao abastecimento de duas frentes de quarteirão, frentes essas correspondentes aos dois lados da rua. Dessa maneira, se considerarmos, em média, um quarteirão típico de 100 metros por 100 metros — medidos pelos eixos das

ruas de contorno — com densidade demográfica de 100 habitantes por hectare e um número de habitantes por prédio igual a 5, resultarão uma extensão de trecho de rede igual a 100 metros, um número de habitantes abastecidos por trecho igual a 50 e um número de prédios abastecidos por trecho igual a 10, cada prédio contendo várias peças de utilização. Estes números nos revelam, desde já, a ordem de grandeza dos mínimos de habitantes ou de prédios ou de peças de utilização que presidirão o cálculo das vazões de distribuição, uma vez que tal cálculo destinar-se-á ao dimensionamento de um ou mais trechos.

## 2 — SEQUÊNCIA DE ANÁLISE DO PROBLEMA

Dada a complexidade inerente aos fatores de utilização, julgamos vantajoso analisar, inicialmente, um caso de rede submetida apenas a esses fatores, sob condições simplificadas.

É o que veremos na parte III-3, seguinte, na qual examinamos o caso de rede onde todas as peças de utilização são equivalentes.

A seguir, procuramos analisar casos típicos ocorrentes na prática, por assimilação a essa rede, considerada como fictícia, adaptando-a devidamente como se fora um modelo. Assim fazendo, procuramos deixar claros os respectivos fundamentos do método de cálculo utilizado, tendo em vista:

- a) possibilitar estudos ulteriores de sua aplicação a situações particulares que aqui não foram consideradas;
- b) expor a natureza dos dados e das equações que caracterizam o problema, de forma que o método possa ser objeto de pesquisas e, certamente, de aperfeiçoamento, por parte de estudiosos não pertencentes ao campo do Abastecimento Público de Água mas especializados nos meios de que tivemos de lançar mão ao tentarmos atingir o nosso objetivo.

## 3 — VAZÕES DE DISTRIBUIÇÃO EM REDES COM PEÇAS DE UTILIZAÇÃO EQUIVALENTES

### 3.1 — Hipóteses de cálculo.

Consideremos uma secção de um trecho genérico da rede. Por essa secção deverá passar uma vazão destinada ao abastecimento de um número  $R$  de prédios situados à jusante, ao qual corresponde um número  $H$  de habitantes.

Designemos por  $n$  ao número de peças de utilização suscetíveis de uso nos  $R$  prédios, para as diversas operações em que há consumo de água.

Admitamos, no caso, que as peças funcionem com independência entre si; que a vazão de operação seja a mesma para todas as peças e igual a  $q$ ; que a probabilidade de estar em operação, num instante casual, seja a mesma para todas as peças, e constantemente igual a  $p$ ; e que a vazão ocorrente em um instante qualquer, na secção genérica em referência, seja exatamente igual à soma das vazões de operação das  $x$  peças que estejam em funcionamento simultâneo nesse instante, sendo  $x$  um número inteiro compreendido entre zero e  $n$ .

### 3.2 — Expressão da vazão de distribuição.

A vazão de distribuição,  $Q$ , a ser usada para o dimensionamento da secção em consideração, será expressa por:

$$Q = m \cdot q \quad (\text{III.1})^{(*)}$$

onde  $m$  é um particular valor de  $x$  que definiremos como sendo o número máximo provável de peças em funcionamento simultâneo, dentre as  $n$  suscetíveis de uso na ocasião.

(\*) Enumeraremos as fórmulas mediante colocação, entre parêntesis, do seu número de ordem precedido da indicação do respectivo capítulo (algarismo romano).

O valor de Q será assim definido como a vazão máxima provável a ser solicitada pelas n peças, ou seja, pelos R prédios, ou ainda, pelos H habitantes.

A determinação de m será feita por um critério probabilístico, em função de um grau de segurança que adotaremos como satisfatório. Admitiremos que, das n peças, é provável que no máximo m sejam solicitadas simultaneamente, quando a probabilidade de uso simultâneo de um número qualquer superior a m fôr igual a apenas 1%. (Considerações adicionais, em III-3.6.1).

### 3.3. — Equação da distribuição de probabilidades.

Para o cálculo de m, temos de considerar a distribuição das probabilidades de x, sendo x a variável representativa do número de peças em uso simultâneo, ou seja, do número de sucessos.

Como conseqüência de nossas hipóteses de cálculo, a probabilidade  $p_x^n$  de que x e apenas x peças, dentre as n presentes, estejam em operação num instante casual de observação, é expressa pela equação seguinte:

$$p_x^n = C_x^n \cdot p^x (1 - p)^{n-x} \quad (\text{III.2})$$

onde  $C_x^n$  representa o número de combinações de n elementos x a x.

Trata-se, pois, de uma distribuição de Bernoulli ou binomial. (Considerações adicionais, em III-3.6.2).

### 3.4. — Formulação do número máximo provável de peças em uso simultâneo.

Em conformidade com a sua definição, e diante da variação discreta de x, a grandeza m é expressa, quantitativamente, pela seguinte condição:

$$\sum_{x=m}^n p_x^n > 0,01 \cong \sum_{x=m+1}^n p_x^n \quad (\text{III.3})$$

onde:

$\sum_{x=m}^n p_x^n$  exprime a probabilidade de um número qualquer de sucessos maior que m — 1;

$\sum_{x=m+1}^n p_x^n$  exprime a probabilidade de um número qualquer de sucessos maior que m.

Portanto, desde que conheçamos o valor de p, poderemos calcular a vazão de distribuição relativa ao trecho genérico da rede, do seguinte modo:

- por meio das expressões (III.2) e (III.3), determinaremos o valor de m;
- a expressão (III.1) nos dará o valor de Q.

Admitimos, para tanto, que conhecessemos também os valores de n e q.

### 3.5 — Formulação e métodos de estimativa do parâmetro p.

3.5.1 — Nas expressões acima, a grandeza p representa a probabilidade de, em um instante de observação, tomado casualmente, encontrar-se uma dada peça em estado de funcionamento. É, portanto, igual à proporção de tempo na qual a peça pode ser esperada encontrar-se em uso; isto é (40, p. 331):

$$p = \frac{t}{T} \quad (\text{III.4})$$

onde t é a duração média de cada uso da peça e 1/T é a frequência média de uso, ou seja, o número esperado de operações por unidade de tempo; assim, T é o período médio de uso da peça, ou seja, o intervalo médio de tempo entre dois usos sucessivos da peça.

Por meio de amostragem, em que observemos um número suficientemente grande de usos da peça, podemos estimar os parâmetros t e T e, portanto, o valor de p.

3.5.2 — Um outro método, para se estimar  $p$ , decorre da correlação perfeita, positiva, entre a vazão,  $Q_x$ , solicitada à rede num instante qualquer e o número total,  $x$ , de peças em uso no mesmo instante, dentre um total de  $n$  peças presentes:

$$Q_x = q \cdot x \quad (\text{III.5})$$

Instalando um dispositivo medidor de vazão na secção de canalização alimentadora daquelas  $n$  peças, podemos obter uma série de valores de  $Q_x$ , capazes de constituir uma amostra. Analisando essa distribuição, podemos calcular o seu parâmetro  $\bar{Q}_x$ , média das vazões observadas.

Por outro lado, conforme (III.5), sabemos que cada termo dessa série está associado, através da constante  $q$ , a um termo da série de valores de  $x$ , o que nos conduz a:

$$\bar{x} = \frac{1}{q} \cdot \bar{Q}_x$$

onde  $\bar{x}$  é o número médio observado de peças em funcionamento simultâneo.

Mas, essa série observada de valores de  $x$  deve provir de um universo com distribuição de probabilidades expressa por (III.2). Ora, em se tratando de distribuição binomial, a sua média verdadeira,  $M_x$ , tem a seguinte expressão (41, p. 675):

$$M_x = n \cdot p$$

Da mesma forma, os valores das vazões observadas devem ser provenientes de uma distribuição com média,  $M_{Q_x}$ , dada por:

$$M_{Q_x} = q \cdot M_x = q \cdot n \cdot p \quad (\text{III.6})$$

Sendo  $n$  e  $q$  conhecidos, e havendo uma estimativa de  $M_{Q_x}$ , isto é, adotando  $M_{Q_x} = \bar{Q}_x$ , resulta-nos uma estimativa para o valor de  $p$ , com o que a binomial fica completamente definida (41, p. 675).

Em particular, se instalarmos um aparelho medidor do tipo hidrômetro, que irá nos dar o volume consumido ao fim de um adequado intervalo de tempo, poderemos estimar a vazão média por meio da relação entre essas duas grandezas.

3.5.3 — E' oportuno, agora, acrescentar que, segundo a experiência tem mostrado, a demanda de água à rede sofre variações outras além dessa, essencialmente casual, que vimos de analisar. Para os propósitos presentes, interessam duas variações de natureza sazonal<sup>(\*)</sup>, denominadas, respectivamente, variação diária e variação horária. A primeira se relaciona, principalmente, às estações do ano e, a segunda, ao horário de atividades dos habitantes.

Nestas condições, na secção de canalização, acima referida, podemos exprimir a vazão média de cada dia como o produto da vazão média anual pelo coeficiente de variação diária respectivo (42, p. 626-627; 43, p. 68). A análise dos valores desse coeficiente nos indicará o chamado coeficiente do dia de maior consumo, comumente denotado pelo símbolo  $k_1$ .

Da mesma forma, a vazão média ocorrente em cada período do dia, na referida secção, pode ser expressa como a vazão média do dia de maior consumo, multiplicada pelo coeficiente de variação horária respectivo. E, análogamente, iremos ter ao chamado coeficiente da hora de maior consumo, comumente representado pelo símbolo  $k_2$ .

E' de se esclarecer, portanto, que a probabilidade  $p$  não se mantém constante ao longo dos dias do ano e das horas de cada dia. O que nos importa, entretanto, dentro da conceituação das fórmulas (III.1) a (III.6), é a análise da distribuição dos valores de  $x$  ou de  $Q_x$ , em um intervalo de tempo chamado de hora de maior consumo do dia de maior consumo, durante o qual,  $M_{Q_x}$  e, assim,  $p$ , mantenham-se constantes e iguais aos seus valores máximos respectivos. (Considerações adicionais, em III-3.6.3).

Resulta, pois:

(\*) Segundo a terminologia de Yule e Kendall (42, p. 624), ressaltando que, a seguir, referimo-nos aos "seasonal indices" com a palavra "coeficientes", devido ao uso consagrado em Abastecimento de Água.

$$M_{Q_x} = k_1 \cdot k_2 \cdot Q_A \quad (\text{III.7})$$

onde  $Q_A$  é a vazão média anual na secção de canalização em estudo.

3.5.4 — Neste ponto, será interessante fazermos uma pequena digressão matemática, capaz de nos proporcionar indicações valiosas.

Lembremos que, considerando trechos de rede situados cada vez mais à montante, iremos abrangendo valores cada vez maiores de  $R$  e, portanto, de  $n$ .

Por outro lado, sendo  $p$  constante, sabemos que:

- aumentando-se  $n$ , a assimetria da distribuição binomial vai se reduzindo e esta converge para uma distribuição normal (44, p. 43);
- dois parâmetros — a média e o desvio padrão — caracterizam completamente uma distribuição normal (41, p. 119);
- a distribuição normal, para a qual converge uma binomial, tem a mesma média e o mesmo desvio padrão que essa binomial, isto é (44, p. 43):

$$\begin{aligned} M_x &= n \cdot p \\ \sigma_x &= \sqrt{n \cdot p (1 - p)} \end{aligned} \quad (\text{III.8})$$

- como a binomial é uma distribuição descontínua e a normal uma distribuição contínua, a passagem daquela para esta encerra uma correção para a continuidade (41, p. 679).

Portanto, com  $n$  acima de certo valor (41, p. 680), podemos escrever:

$$m - 0,5 \leq M_x + c \cdot \sigma_x < m + 0,5 \quad (\text{III.9})$$

isto é:

$$m - 0,5 \leq n \cdot p + c \sqrt{np(1-p)} < m + 0,5$$

onde  $c$  exprime, em termos de desvio padrão, na curva normal, o desvio que  $m$  teria a partir da média se  $x$  fosse variável contínua; e a parcela  $\pm 0,5$  correção para a continuidade, indica os limites do intervalo abrangido pelo valor inteiro  $m$ . De acôrdo com a definição de  $m$ , resulta, de uma tabela da área da curva normal, que, praticamente:

$$c = 2,327.$$

A expressão (III.1) torna-se, então:

$$Q - 0,5 \cdot q \leq [n \cdot p + c \sqrt{n \cdot p (1 - p)}] q < Q + 0,5 \cdot q \quad (\text{III.10})$$

ou seja:

$$Q - 0,5 \cdot q \leq n \cdot q \cdot p \left( 1 + \frac{c \sqrt{1 - p}}{\sqrt{n \cdot p}} \right) < Q + 0,5 \cdot q$$

ou, ainda, lembrando-se que  $M_{Q_x} = n \cdot q \cdot p$  e designando-se  $Q/M_{Q_x} = k_3$ :

$$k_3 - 0,5 \left( \frac{q}{M_{Q_x}} \right) \leq 1 + \frac{c \sqrt{1 - p}}{\sqrt{n \cdot p}} < k_3 + 0,5 \left( \frac{q}{M_{Q_x}} \right)$$

Evidencia-se, pois, que para  $n$  suficientemente grande, que representaremos por  $n_0$ ,  $Q$  pode ser substituído pelo seu valor central,  $M_{Q_x}$ , isto, para  $n = n_0$ :

$$Q \cong n_0 \cdot q \cdot p \quad (\text{III.11})$$

Por um raciocínio análogo, se definíssemos um limite extremo inferior para  $Q_x$ , verificaríamos que êsse limite também convergiria para a média  $M_{Q_x}$ .

Tais demonstrações, juntamente com o que vimos anteriormente, nos proporcionam as conclusões seguintes.

- Para a devida interpretação das vazões instantâneas em um trecho genérico da rede, é conveniente efetuar-se, separadamente, a análise das diferentes variações intervenientes, de acôrdo com as diferentes leis que as regem.



- b) A variação das vazões demandadas instantaneamente pelas peças de utilização, presidida pela lei do acaso, implica na consideração de um terceiro fator,  $k_3$ , ao se calcular a rede pelo método do coeficiente de distribuição em marcha.
- c) Esse coeficiente  $k_3$  depende de características próprias das peças de utilização e do número de peças presentes (e, pois, do número de prédios ou habitantes abastecidos).
- d) A variação casual só poderia ser desprezada se o coeficiente  $k_3$  fôsse desprezível em face dos valores de  $k_1$  e  $k_2$ .
- e) O valor de  $k_3$  é assintoticamente decrescente no sentido de montante, tendendo ao valor unitário para  $n$  tendendo ao infinito.
- f) Se, em face da fórmula (III.6), procurarmos medir os valores de  $Q_x$  em uma secção de canalização tronco, canalização essa que abasteça um número de peças,  $n_x$ , suficientemente grande, iremos encontrar uma vazão praticamente constante, igual a  $M_{Q_x}$ , a menos das variações de outra natureza. Nestas condições, a análise dos coeficientes  $k_1$  e  $k_2$ , conforme a expressão (III.7), tornar-se-á bem mais simples.
- g) O desconhecimento da lei de variação implícita no coeficiente  $k_3$  e a conseqüente admissão dessa variação como sendo parte da variação horária, representada por  $k_2$ , podem conduzir à conclusão qualitativa de que  $k_2$  é maior em populações menores ( $n$  menores). Ao mesmo tempo, podem acarretar grandes dificuldades, na estimativa de  $k_2$  por meio de medição de vazões, dada a variância inesperada de que fica eivado esse coeficiente, ao se tentar estimá-lo em canalizações que abasteçam um número relativamente pequeno de habitantes.

3.5.5 — A equação (III.7) nos sugere a dedução de uma fórmula muito cômoda, capaz de servir de base a um outro método para se estimar  $p$ .

De fato, muitas observações já feitas, nos indicam uma correlação entre a vazão média anual,  $Q_A$ , e a população abastecida pela secção considerada.

Chamando de  $H$  ao número de habitantes em questão, podemos escrever:

$$Q_A = v \cdot H \quad (\text{III.12})$$

onde o fator  $v$ , constante (a menos de tendências seculares), tem sido denominado consumo por habitante no tempo unitário ou, também, quota "per capita" na unidade de tempo.

Introduzindo as expressões (III.7) e (III.12) em (III.6), resulta:

$$p = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot v \cdot H}{n \cdot q}$$

onde vemos que  $p$  é expresso pela relação entre a vazão média na hora de maior consumo do dia de maior consumo e a vazão máxima possível nas peças de utilização.

Essa fórmula pode ser escrita sob a forma seguinte:

$$p = k_1 \cdot k_2 \cdot v \left( \frac{H}{n} \right) \left( \frac{1}{q} \right) \quad (\text{III.13})$$

onde  $\frac{H}{n}$  representa o número médio de habitantes por peça suscetível de uso.

Chamando de  $h$  ao número médio de habitantes por prédio, e de  $N$  ao número médio de peças suscetíveis de uso por prédio, podemos escrever:

$$\frac{h}{N} = \frac{H}{n}$$

e a fórmula (III.13) se torna:

$$p = k_1 \cdot k_2 \cdot v \left( \frac{h}{N} \right) \left( \frac{1}{q} \right) \quad (\text{III.14})$$

Assim, em (III.13) e (III.14), estamos pondo à mostra os fatores dos quais depende  $p$ , no que concerne às características próprias de consumo de água em cada comunidade. Essa forma de apresentação tem a vantagem de dar o valor de  $p$  em função dos parâmetros  $k_1$ ,  $k_2$  e  $v$ , parâmetros esses que diferem de uma comunidade para outra, variando porém dentro de intervalos relativamente restritos. E cujos valores têm sido objeto de muitas estimativas, por força da necessidade do seu conhecimento em uma série de outros problemas de abastecimento público de água. Essas fórmulas dependem também do parâmetro  $H/n$  ou  $h/N$ , o qual ficará condicionado a estimativa em cada caso, estimativa essa relativamente fácil. E dependem, ademais, da grandeza  $q$ .

### 3.6 — Apêndices

#### 3.6.1 — Apêndice n.º 1.

Em III-3.2, é evidente que o valor 1%, adotado como limite definidor de  $m$ , não se acha vinculado ao método de cálculo em estudo e poderá ser sujeito a exames ulteriores.

A primeira vista, pode parecer inseguro em demasia, um limite aceitando, em média, que o abastecimento possa ser inadequado durante 1 segundo, em cada 100 segundos. Entretanto, adotamo-lo, tendo em mente o fato de estarmos lidando com população de fim de período de projeto. E, também, por termos admitido, neste particular, aceitável e generalizável a argumentação apresentada por Hunter (45, p. 8) ao fixar o limite 1% no seu estudo sobre instalações prediais, estudo esse que constituiu base para o Recommended Minimum Requirements for Plumbing, do National Bureau of Standards (46, p. 13 e 35).

#### 3.6.2. — Apêndice n.º 2.

Em III-3.3, afirmamos que a distribuição de probabilidades obedece à equação da binomial. Não apresentamos a demonstração correspondente, por ser a mesma excessivamente longa e complexa, ultrapassando o campo de nossa especialização. Há necessidade de recorrer à teoria do "processo estocástico descontínuo" ("Discontinuous Stochastic Process", na língua inglesa) e à noção de "equilíbrio estatístico" ("Statistical Equilibrium"), cujos conceitos e bibliografia correspondentes podem ser encontrados em parte no livro (41, p. 731), de A. Hald, professor de Estatística da Universidade de Copenhague. A aplicação dessa teoria, para resolução do nosso problema específico, pode ser deduzida dos estudos apresentados no livro (40), de Thornton C. Fry, membro do corpo técnico da Bell Telephone Laboratories; na referida publicação, salientamos, especialmente, as partes seguintes:

- a) Parágrafo 113;
- b) Parágrafo 114, Hipóteses n.º 1, 2, 3, 4, 7 e 10;
- c) Parágrafo 85, primeira parte do Teorema;
- d) Parágrafos 116, 117 e 118.

#### 3.6.3. — Apêndice n.º 3.

Os problemas analisados em III-3.5.3 a III-3.5.5, podem também ser visualizados, numa tentativa de maior clareza, sob a forma descrita a seguir.

a) Os habitantes, pertinentes a um número genérico de trechos de rede, demandam anualmente uma vazão média dada por (III.12), onde  $v$  é uma constante, a menos de tendência secular. Esta tendência, se existente, poderá ser equacionada pela análise estatística, que nos conduzirá a uma estimativa do valor  $v$  relativo a nossa população de projeto.

b) Deduzida a influência eventual da tendência secular, obteremos uma série "estacionária" onde teremos, para cada intervalo de tempo de cada dia do ano, uma demanda de água dada pela vazão média anual multiplicada por um coeficiente representativo de variações sazonais. De forma que poderemos estimar um particular valor, representado por  $k_1 \cdot k_2$ , o qual nos conduzirá à vazão a ser esperada no intervalo de tempo em que há uso mais intenso das peças de utilização, vazão essa denominada vazão na hora de maior consumo do dia de maior consumo ou, simplesmente, vazão máxima horária. Na hora de maior consumo do dia de maior consumo, por força de fatores casuais relativos ao uso das peças, as vazões momentaneamente solicitadas pelos consumidores poderão abranger vrandezas bastante diferentes da vazão máxima horária, mas esta tenderá a assumir o valor central da distribuição daquelas grandezas, uma vez que é o valor esperado.

c) Numa dada rede, à medida que consideramos secções mais à montante, aumentaremos o número de habitantes (e peças) abastecidos, pelo que diminuiremos a dispersão das vazões em torno do seu valor central, por força da lei dos grandes números (41, p. 203). Remanescerão, todavia, por serem independentes da considerada lei do acaso, as influências presididas pelas leis de variação sazonal.

d) Outras variações, geralmente de caráter oscilatório (aparente mas não estritamente periódicas), poderiam também ser consideradas, como por exemplo, a variação do consumo com o aumento mais ou menos periódico da taxa d'água ou do salário mínimo, ou com a eventualidade de falha no abastecimento, ou com a ocorrência de greves e assim por diante. Tais variações, menos sensíveis e difíceis de serem analisadas, deverão ser cobertas, no projeto, em função de critérios de segurança a serem previstos em normas e especificações.

**Continuará no próximo número**