

# Avaliação da demanda urbana de água. Aspectos econômicos e urbanísticos. A área edificada como possível variável explicativa e prospectiva

Nelson L. R. Nucci (\*)

## 1. PRELIMINARES

Entre nós, até há uma década ou pouco mais, a importância dada à avaliação da demanda de água era bastante reduzida. No conjunto das atividades compreendidas no planejamento e projeto de sistemas públicos de abastecimento, no mais das vezes era considerado dentre as previamente resolvidas ou das que dispensavam estudos específicos ou atenção especial.

A simplicidade da metodologia então usada, fulcrada na projeção populacional e na fixação prévia de cotas por habitante e coeficientes relativos à sua variação, pode ser tida como uma das razões desse comportamento. A sua aplicação no dimensionamento de sistemas de comunidades de porte pequeno ou no máximo médio, com atividade sócio-econômica pouco diversificada e um padrão uniforme de distribuição espacial predominantemente residencial e de algum comércio, escassos serviços e raras indústrias de pequeno porte — era o objeto principal das várias entidades que a incorporaram, dando-lhe a força de normas ou de orientações de serviço. Muitos dos que militam há mais tempo no setor devem se lembrar, por exemplo, das Codificações de Normas Sanitárias para Obras e Serviços (1), datadas de 1951, que eram utilizadas no Estado de São Paulo.

Nesses casos, mesmo sem os atuais níveis de disseminação da micro e macromedição, havia elementos, tanto de especulação teórica como de efetiva verificação empírica, que atestavam a consistência da metodologia.

As dúvidas quanto à sua validade passaram a ser mais frequentes à medida que o país e em particular o Estado de São Paulo adentraram em

um processo de urbanização acelerada que concentra contingentes rapidamente crescentes em núcleos de grande porte. Entre os Censos de 50 e 80 a população urbana no Estado passou de 4,8 milhões para 22,5 milhões de habitantes. A população média das 50 maiores cidades que em 1950 era 73,9 mil habitantes, 30 anos depois elevou-se para 340,3 mil habitantes.

Se a população urbana concentrou-se e cresceu rapidamente a intensidade e a complexidade das relações sócio-econômicas que lhe deram suporte, necessariamente, sofreram evolução ainda mais acelerada.

Em grande número dos núcleos urbanos atuais não é mais possível identificar-se um padrão único e espacialmente homogêneo de ocupação e uso do solo. Frequentemente se sucedem vários, nitidamente diferenciados não só pelo uso mas também pela intensidade desse uso, não sendo rara a ocorrência de áreas extensas com usos peculiares (só industrial ou só de comércio e serviços, por exemplo) que configuram padrões de demanda de água completamente distintos.

No presente há consciência generalizada de que a avaliação da demanda de água é parte crucial do planejamento e projeto do sistema, sendo fator essencial e diretamente determinante da viabilidade econômica e financeira da solução. Discrepâncias entre a demanda projetada e a efetivamente verificada que no passado eram reduzidas ou sequer detetadas, podem ser hoje facilmente determinadas pelos sistemas de medição existentes e — o que seria mais grave — revelarem-se de tal monta que a elas se poderia imputar a responsabilidade do insucesso do sistema abastecedor.

Não obstante a conclusão anterior não há como fugir de uma outra: as ferramentas de uso habitual para resolver o problema estão muito aquém da complexidade e importância desse mesmo problema.

A comunidade acadêmica e de pesquisa, as empresas e entidades públicas e privadas e todos os profissionais do setor defrontam-se com um desafio: criar, aprimorar, consolidar e sistematizar metodologias existentes e em fase experimental, capazes de gerar projeções de demandas de água em sistemas públicos, com precisão adequada, a partir dos dados disponíveis na atualidade.

O objetivo do presente artigo é o de estimular o debate do problema, contribuindo, se possível, para sua solução.

## 2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA METODOLOGIA CORRENTE

Sem outra pretensão senão de fazer um esboço da metodologia correntemente empregada nos últimos anos em trabalhos realizados para a Sabesp, procedeu-se a uma análise sucinta de 82 relatórios de estudos e projetos, todos posteriores a 1970, selecionados ao acaso entre 319 existentes no arquivo técnico da (DOR/ADP da Diretoria de Planejamento da Sabesp).

Cinquenta deles referem-se a sistemas isolados. Os 32 restantes referem-se a sistemas integrados da Região Metropolitana de São Paulo e da Baixada Santista.

Inicialmente, visando comparar os critérios adotados com os da P-NB-587/77, item 5.3.6, da ABNT, foram agrupados nas quatro categorias abaixo, de acordo com a população:

- até dez mil habitantes
- mais de dez mil até 50 mil habitantes
- mais de 50 mil até 100 mil habitantes
- mais de 100 mil habitantes.

Para essas categorias, segundo a P-NB-587/77, "inexistindo dados confiáveis locais ou regionais e não sendo fixados previamente pelo órgão

(\*) — Diretor de Planejamento da Sabesp. Professor Doutor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da USP. Presidente da ABES-SP.

contratante", as cotas por habitante indicadas para satisfazer inclusive às demandas comerciais, de indústrias que não usam água em seus processos, de uso público e às perdas, são respectivamente:

- 150 a 200 l/hab.d
- 200 a 250 l/hab.d
- maior ou igual a 250 l/hab.d
- maior ou igual a 250 l/hab.d

Com o prosseguimento da análise verificou-se desnecessário separar as duas primeiras categorias, pois em nada diferiam os procedimentos adotados para ambas nos relatórios compulsados.

Em síntese, a metodologia adotada assim se caracterizou:

### Sistemas isolados

#### — até 50 mil habitantes (45 casos)

- projeção da população em decorrência da hipótese de que esta seria a variável explicativa do consumo de água; nos casos em que havia evidência de grandes consumidores industriais estes foram considerados destacadamente;
- fixação de cota por habitante, única, coincidente com o valor da P-NB-587/77, mesmo quando contrariando (para mais ou para menos) indicações de medições locais ou regionais; como regra geral essa cota foi admitida constante em todo o período de projeto; em um caso admitiu-se crescimento linear até o valor de norma, ao fim do período de projeto;
- $K_1 = 1,20$  ou  $1,25$ ;  $K_2 = 1,50$

#### — mais de 50 mil até 100 mil habitantes (dois casos)

- projeção da população em decorrência de hipótese idêntica à citada anteriormente;
- em um dos casos foram identificadas as áreas de uso predominantemente industrial, adotando-se para estas o coeficiente 0,40 l/s.ha;
- no mesmo caso em que se destacaram áreas de uso predominantemente industrial diversificaram-se para as demais áreas três cotas por habitante constantes no período de projeto, respectivamente de 100, 200 e 300 l/hab.d (o estudo é anterior à P-NB-587/77); no outro caso foi adotada a cota única e constante de 250 l/hab.d, a partir de uma estimativa de consumo atual de 220 l/hab.d.
- $K_1 = 1,20$  ou  $1,25$ ;  $K_2 = 1,50$

#### — mais de 100 habitantes (três casos)

- hipótese idêntica às anteriormente referidas justifica a projeção da população; em apenas um dos casos foram destacados os consumidores industriais de grande porte detectados por pesquisa de campo; nos demais casos o habitante residente no local foi a única variável considerada para explicar e projetar o consumo;
- nos três casos a cota per capita foi única e constante em todo o período de projeto; os valores foram 250 l/hab.d (dois casos) e 300 l/hab.d e tiveram como justificativa a norma e a utilização dessas mesmas cotas em casos similares.
- $K_1 = 1,20$ ;  $K_2 = 1,50$

### Sistemas Integrados

- a população de habitantes residentes foi a variável fundamentalmente utilizada como explicativa e prospectiva do consumo de água; em parte dos casos foi mesmo a única; na grande maioria, porém, foram destacadas áreas com consumo industrial e este estimado a partir de coeficientes de consumo específico por unidade de área ocupada por indústrias; este coeficiente foi arbitrado, e, na maioria dos casos o seu valor foi um único para todas as áreas;
- é possível identificar três fases para as cotas por habitante utilizadas para a avaliação do consumo total, excluído o das áreas ocupadas por indústria; na primeira vai até aproximadamente 1974 (13 casos) na qual, com base nos estudos do Convênio Hibrace, diferenciam-se dois valores constantes para o período de projeto (250 e 360 l/hab.d) de acordo com o nível sócio-econômico; na segunda, correspondendo ao período de 1975 a 1976 (seis casos) as cotas por habitante passam a ser fixadas a partir de medidas de consumo; neste período os valores utilizados variam entre 197 e 634 l/hab.d, chegando em um caso a 1.425 l/hab.d (região da Sé — Capital); na terceira fase (13 casos) as cotas são fixadas a partir de orientações fornecidas pela Sabesp, de diversas origens, resultantes de estudos específicos de consumo (dois) ou de diretrizes fixadas em planos regionais de abastecimento de água; nesta fase os valores de um modo geral não são diferenciados por subáreas de projeto mas são admitidos cres-

centes ao longo do período de projeto; os iniciais vão de 140 a 280 l/hab.d ficando mais frequentemente num entorno de 200 l/hab.d; os finais vão de 200 a 360 l/hab.d, mais comumente situando-se próximos de 250 l/hab.d;

- quando foram destacadas áreas com consumo industrial, os coeficientes adotados variaram entre 0,30 e 0,80 l/s.ha, com valores de início de plano de cerca de metade do final, os primeiros comumente em torno de 0,35 e os últimos de 0,70 l/s.ha
- $K_1 = 1,30$  (até 76) a  $1,25$  (após 76);  $K_2 = 1,50$

### 3. ELEMENTOS NOVOS IMPÕEM UMA NOVA FASE

Dentre os novos elementos que a nosso ver têm importância crescente e cada vez mais passam a ser de consideração essencial, destacam-se os abaixo comentados.

#### 3.1. Disponibilidade de dados sobre consumo

Somam-se hoje à micromedição, que de longa data é disponível em larga escala em grande número de cidades, a macromedição e o registro sistemático computadorizado que oferece fácil acesso a registros de desempenho dos serviços de abastecimento de água. Este é o caso, por exemplo, dos dados disponíveis hoje para a RMSP no DOC — Departamento de Controle da Operação de Água e na SCL — Superintendência Comercial, na Sabesp.

#### 3.2. Informações consistentes e utilizáveis sobre a ocupação e uso do solo

Já vai longe a época em que — com frequência merecidamente — se acusava os planos diretores de desenvolvimento urbano de um mero exercício utópico, acadêmico e romântico cujo resultado mais concreto não ultrapassava a um conjunto de desenhos de belo visual, impossíveis, porém, de se traduzirem em índices e coeficientes de ocupação e uso do solo utilizáveis nos projetos de infra-estrutura.

Quem tem acompanhado as recentes discussões sobre as proposições de modificações da legislação de zoneamento da cidade de São Paulo pode verificar que grande parte das argumentações favoráveis e contrárias de renomados urbanistas ateu-se à capacidade dos sistemas de infra-estrutura urbana existente e os de saneamento básico foram os mais

citados — em continuarem a atender às novas demandas, conseqüentes das mudanças propostas para a lei.

Os estudos da estrutura urbana e suas relações com a demanda de serviços permitiram a elaboração de vários modelos matemáticos que, como mérito subsidiário, decorrente das necessidades de sua aplicação, favoreceram a identificação sistemática de uma série de indicadores nos estudos, planos diretores e legislações dele decorrentes. Alguns desses modelos, como o Sistran - Sistema Metropolitano de Transporte e MUT - Modelo de Uso do Solo e Transporte, vêm sendo aplicados na Região Metropolitana de São Paulo há bastante tempo.

Como ilustração é importante referir os indicadores locais mais frequentemente utilizados nesses modelos:

— Área construída, classificada por:

- tipo de zoneamento
- tipo de edificação
- tipo de uso
- área geográfica
- disponibilidade de infra-estrutura (água e esgoto)

— Áreas de terreno, classificadas pelas mesmas categorias, além das áreas livres classificadas em utilizáveis para construção e não utilizáveis para construção.

— Custo do m<sup>2</sup> de terreno;

- numa área geográfica
- num tipo de zoneamento
- com determinada infra-estrutura

— N.º de viagens p/ pessoa ou por familiar por alguma unidade de tempo (dia, mês ou ano), classificado por:

- área geográfica
- modo de transporte
- motivo de viagem

— Rentabilidade de um imóvel por m<sup>2</sup>, classificado por:

- área geográfica
- tipo do imóvel
- uso do imóvel
- lei de zoneamento
- tipo de infra-estrutura disponível

— Acessibilidade do local classificada pelo modo de acesso

— Empregos básicos, em todos os setores, classificados por região geográfica

Mesmo quando os valores futuros de índices e coeficientes como os anteriormente citados não estão prefixados por planos diretores e legislação pertinente, sendo porém disponíveis

dados relativos à ocupação e usos atuais, é possível deles extrair grande número de informações extremamente úteis para interpretar o consumo verificado numa certa área. Previsões sobre como tais índices e coeficientes poderão evoluir serão sempre úteis para avaliação das demandas futuras. Na pior das hipóteses para balizarem projeções feitas a partir de variáveis não urbanísticas.

### 3.3. Diversidade da demanda de água — Água como fator de saúde pública e água como bem de consumo ou insumo de produção

Tradicionalmente a demanda de água é considerada a partir dos usos segundo estes sejam doméstico, comercial e de serviço, industrial e público, sendo inegáveis as vantagens desta classificação. Ela será porém insuficiente para uma análise mais completa da demanda se não for acompanhada de uma discussão da natureza das parcelas do consumo que formam cada uma das quatro categorias de uso da água anteriormente referidas.

Em todas elas sempre será possível identificar uma parcela de água utilizada que tem finalidades sanitárias cujo atendimento é de responsabilidade social por tratar-se de saúde pública.

Mesmo nos usos doméstico, comercial e de serviço e mais claramente no industrial, pode-se identificar também usos destinados a satisfazer anseios de comodidade e conforto (como no primeiro deles) ou a necessidade de produção (como na indústria).

Por certo, os usos em saunas, hidromassagem e outros não podem ser confundidos com necessidades de saúde pública. Também não se poderá dizer que a água utilizada em uma grande fábrica de cerveja é fundamental à higiene e saúde de seus empregados. Nesses casos fica evidente a utilização da água como bem de consumo ou insumo de produção.

Decorre dessa caracterização de duas categorias de demanda, a essencial (ou de saúde pública) e a periférica (água como bem de consumo ou insumo de produção), uma conclusão importante: a satisfação da segunda pode ser regida pelas leis de mercado, com preço por ele estabelecido;

a satisfação da primeira não pode ser impedida por restrições de poder aquisitivo da população.

No dimensionamento do sistema de abastecimento deve-se ter presente que há uma capacidade de oferta mínima que é indispensável viabilizar por destinar-se a atender à demanda de saúde pública. A capacidade excedente a ser ofertada deverá ser determinada pelas condições de mercado. A viabilização desta última pelo poder público é importante, não tem porém nem a prioridade nem a obrigatoriedade da anterior.

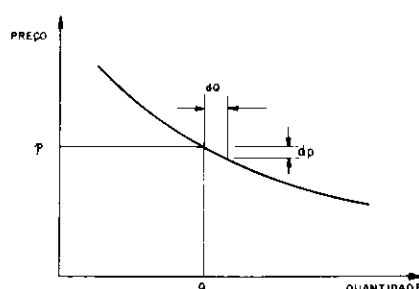
### 3.4. O preço como instrumento de controle da demanda

Desde os estudos da fase pioneira, como os de Howe e Linaweaver (3) e outros posteriores como os de Camp (4) e atuais como os de Dantas et alii (5), o conhecimento do efeito do preço sobre a demanda de água, especialmente residencial, vem sendo progressivamente aprimorado, a ponto de hoje se dispor de uma bibliografia razoavelmente ampla sobre o tema, com grande número de informações.

Destas, por sua importância na descrição das relações entre o preço e a demanda e por sua utilidade nos estudos de otimização econômica do projeto de sistemas de abastecimento de água, destaca-se a elasticidade de preço da demanda, que pode ser definida pela expressão:

$$E = - \frac{dQ}{dp} \frac{P}{Q} = - \frac{dQ/Q}{dp/p}$$

e interpretada como medida da variação relativa de Q para uma variação relativa unitária do preço.



USO	E
— residencial doméstico interno à casa	0,21 a 0,23 (Howe & Linaweaver) (3)
— residencial global	0,35 (Flack) (6)
— irrigação de jardins em áreas úmidas	1,60 (Howe & Linaweaver) (3)
— (Leste dos EUA)	0,90 (Howe, cit por Grima) (6)
— irrigação de jardins em áreas secas	0,70 (Howe & Linaweaver) (3)
— (Oeste dos EUA)	
— urbano médio	0,40 a 0,60 (Gottlieb, cit por Grima) (7)
— residencial global	0,20 (Dantas, Maierà e Levy) (5)

Para trechos da curva de demanda  $p \times Q$  verifica-se ser possível admitir  $E$  constante. Vários pesquisadores para diferentes usos da água têm determinado valores de  $E$ . No quadro a seguir, apresentam-se alguns deles, para cidades americanas.

Independentemente da aplicabilidade dos valores citados às condições dos nossos sistemas de abastecimento de água (assunto que merece ser pesquisado), evidencia-se, por integração da expressão de elasticidade, que a demanda de água relaciona-se ao preço por expressão do tipo:

$$Q = M_p \cdot \frac{E}{p^{1/E}}$$

onde  $M$  tem valor dependente dos demais fatores que interferem na quantidade demandada (tais como nível econômico, clima etc.)

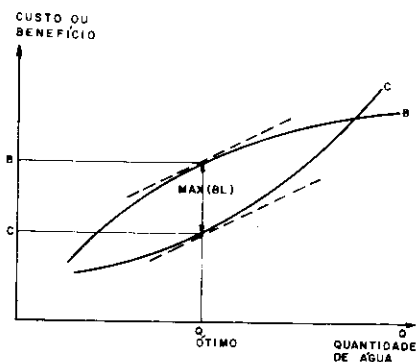
Através da expressão fica patente que o preço cobrado pela água pode ser utilizado pelo administrador desse serviço como um instrumento de controle da demanda.

De uma outra maneira pode-se dizer que a avaliação da demanda de água depende do preço que se dê à água a ser fornecida ficando evidente a possibilidade de controlar-se a demanda através da tarifa.

Visto de um outro ponto de vista, uma vez que a busca de quantidades crescentes de águas provenientes de mananciais mais distantes ou mais poluídos produz custos maiores e obriga a uma tarifa crescente, é certo que o consumo de água por usuário sofrerá reduções se ao período em que ocorrer essa variação tarifária não corresponder a elevação maior ou igual do nível de renda dos usuários.

### 3.5. A demanda que gera o maior benefício líquido

Na figura esquemática apresentada a seguir, a cada quantidade de água corresponde um custo  $C$  para sua oferta e um benefício  $B$  resultante do atendimento da demanda com essa quantidade de água,  $Q$ .



Comparando diferentes alternativas de projeto, cada uma delas identificada por uma certa quantidade de água  $Q$ , verifica-se, sendo  $B = B(Q)$  e  $C = C(Q)$ , que o benefício líquido  $BL$  é também função de  $Q$ , ou seja,

$$BL = B(Q) - C(Q) = f(Q)$$

Na medida em que o benefício líquido é uma medida do desempenho econômico dessas alternativas, existe uma delas, a que se pode denominar alternativa ótima, que apresenta o máximo benefício líquido e que satisfaz à condição matemática:

$$\frac{d(BL)}{dQ} = \frac{d(B-C)}{dQ} = \frac{dB}{dQ} - \frac{dC}{dQ} = 0$$

$$\text{ou } \frac{dB}{dQ} = \frac{dC}{dQ}$$

Esta condição é comumente referida como de igualdade dos valores marginais dos benefícios e do custo e simbolicamente identificada por

$$BM = CM$$

Recordando agora das considerações feitas em 3.3, no caso em que a quantidade de água correspondente às várias alternativas configuradas no gráfico supere a que atende à demanda de saúde pública, decorre uma conclusão imediata: a demanda a ser atendida deve ser a que corresponde ao maior benefício líquido.

Um dos riscos da predefinição da demanda a ser atendida a partir de cotas unitárias previamente arbitradas, que contemplem o atendimento de usos além dos relativos à saúde pública é o de estimar demandas e, em consequência, dimensionar projetos, com desempenho econômico muito aquém do desejável.

Neste ponto da discussão coloca-se uma questão. Supondo que se defina a demanda a atender como a correspondente à alternativa ótima, não poderiam ocorrer situações em que a quantidade total de água demandada superaria a ofertada, deixando a rede sem carga e acabando por impossibilitar até mesmo a demanda de saúde pública?

Em primeiro lugar é preciso lembrar que esse risco não é inerente à seleção da alternativa ótima.

Na medida em que a demanda é um fenômeno aleatório há sempre um risco da oferta lhe ser inferior.

Para reduzir esse risco só aumentando a oferta. Certamente com custos crescentes e com reflexos diretos na tarifa de água. A tal ponto que, a pretender-se um risco muito reduzido, pode-se impossibilitar o atendi-

mento da demanda até de saúde pública de toda uma faixa mais carente da população, pelo simples fato de não ter condições de acesso ao serviço de abastecimento, por não poder pagar sua tarifa.

Convém, porém, lembrar que o preço da água é um instrumento de controle da demanda. Embora sua efetiva utilização com essa função ainda seja uma tarefa bastante complexa e com poucos exemplos concretos de aplicação, há vários estudos sobre o tema e, em tese, é possível definir-se uma estrutura tarifária com preços diferenciados por faixas de consumo, capaz de tornar menores os riscos de faltas de água.

A diretriz básica para a fixação desses preços é simples e, como se verá abaixo, condiciona a demanda ao valor que otimiza o resultado econômico do abastecimento. Consiste em aproximar em cada faixa de consumo o preço da água ao custo marginal correspondente.

Desde que o benefício do abastecimento de água é dado pela integral

$$B = \int p dQ$$

o preço  $p$  é igual ao benefício marginal

$$p = \frac{dB}{dQ} = BM$$

que, igualado ao custo marginal

$$p = BM = CM$$

impõe a condição de otimização econômica anteriormente referida.

As dificuldades de natureza contábil-financeira e administrativo-legais é que tornam complexa e demandam grandes esforços, para a implantação de procedimento aparentemente tão simples.

### 4. A área edificada na avaliação da demanda — Apresentação de um caso

Em estudos dos quais participamos, então como superintendente de Saneamento e Recursos Hídricos da Emplasa, elaborados em 1978 (8), visando estabelecer diretrizes para o abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo, fez-se evidente que a utilização da variável habitante para projetar demanda de água pode levar a distorções muito grandes, quando há diferenças marcadas de usos e padrões de ocupação urbana na área de projeto.

Na oportunidade, a partir dos dados de população e de consumo medido, lançou-se sobre um mapa da região metropolitana, os valores das cotas

médias de consumo por habitante, em cada um dos setores de medição. Construindo-se as curvas de isoconsumo mostradas no desenho reproduzido adiante, constataram-se consumos crescentes por habitante, partindo das periferias urbanizadas para a área central (100 a 500 l/hab/d, chegando ao extremo de 70 na região Leste e aos 1.425 l/hab/d, na Sê. já referidos no item 2). Uma observação mais detalhada mostrava, além dos fatos tradicionalmente considerados tais como a correlação de consumo e nível de renda, um outro bastante importante: nas áreas centrais destacadamente ocupadas por comércio e serviços, os usos de água decorrentes dessas atividades acarretavam um consumo por habitante extremamente elevado. A explicação óbvia — consumos de toda uma população trabalhadora sendo rateados por algumas poucas famílias de zeladores de prédios — deixa claro que o habitante só é uma boa variável para explicar-se ou projetar-se a demanda de uma região quando os usos comerciais e de serviços (além dos industriais e públicos) são pouco significativos.

Esta constatação, apesar de igualmente óbvia ainda não repercutiu sobre a sistemática tradicional de avaliação da demanda. Em nenhum dos casos vistos no item 2 foi encontrado tratamento diferenciado para áreas de uso comercial e de serviços.

Apesar da reconhecida existência de áreas da RMSP com uso predomi-

nantemente industrial, nos estudos não se constatou qualquer evidência de distorções semelhantes às citadas para comércio e serviços. As explicações para essa não ocorrência podem ser variadas: as indústrias com grande consumo têm abastecimento próprio ou as indústrias ligadas à rede são do tipo seca etc. Não obstante, é comum diferenciar-se consumos específicos para estas áreas de indústrias.

Não se entendam as observações anteriores como uma recomendação para deixar de diferenciar áreas de consumo industrial mas sim como um alerta para o fato de que os consumos comercial e de serviço poderiam justificar — às vezes com mais propriedade — um tratamento também diferenciado.

Na tentativa de buscar outras variáveis capazes de explicar os consumos e sua distribuição espacial a partir da caracterização do uso do solo (terciarização, industrialização, uso público), da densidade da ocupação (taxas de ocupação, coeficientes de aproveitamento etc.) e do nível de renda das populações, ocorreu ao arq. Farid Helou fazer uma sugestão que os fatos se encarregaram de demonstrar altamente promissora: utilizar como variável fundamental da projeção o consumo por metro quadrado de área edificada.

De fato, com exceção do consumo industrial no processo produtivo, em todos os demais, uma apreciação mais atenta parecia indicar que a quantidade de água consumida por usuário

guarda relação razoavelmente constante com a área edificada que corresponde a esse usuário.

Para o uso residencial, em estudos anteriores, citados por Grima (7), já se havia utilizado o tamanho do lote e a área não edificada como variáveis explicativas do consumo em equação do tipo

$$q = a + bV + cL + dE +$$

$$CN + fP + GT$$

onde:

$q$  — consumo diário por

economia

$V$  — valor de venda das residências

$L$  e  $E$  — área do lote e área não edificada, por economia

$N$  — número de pessoas por economia

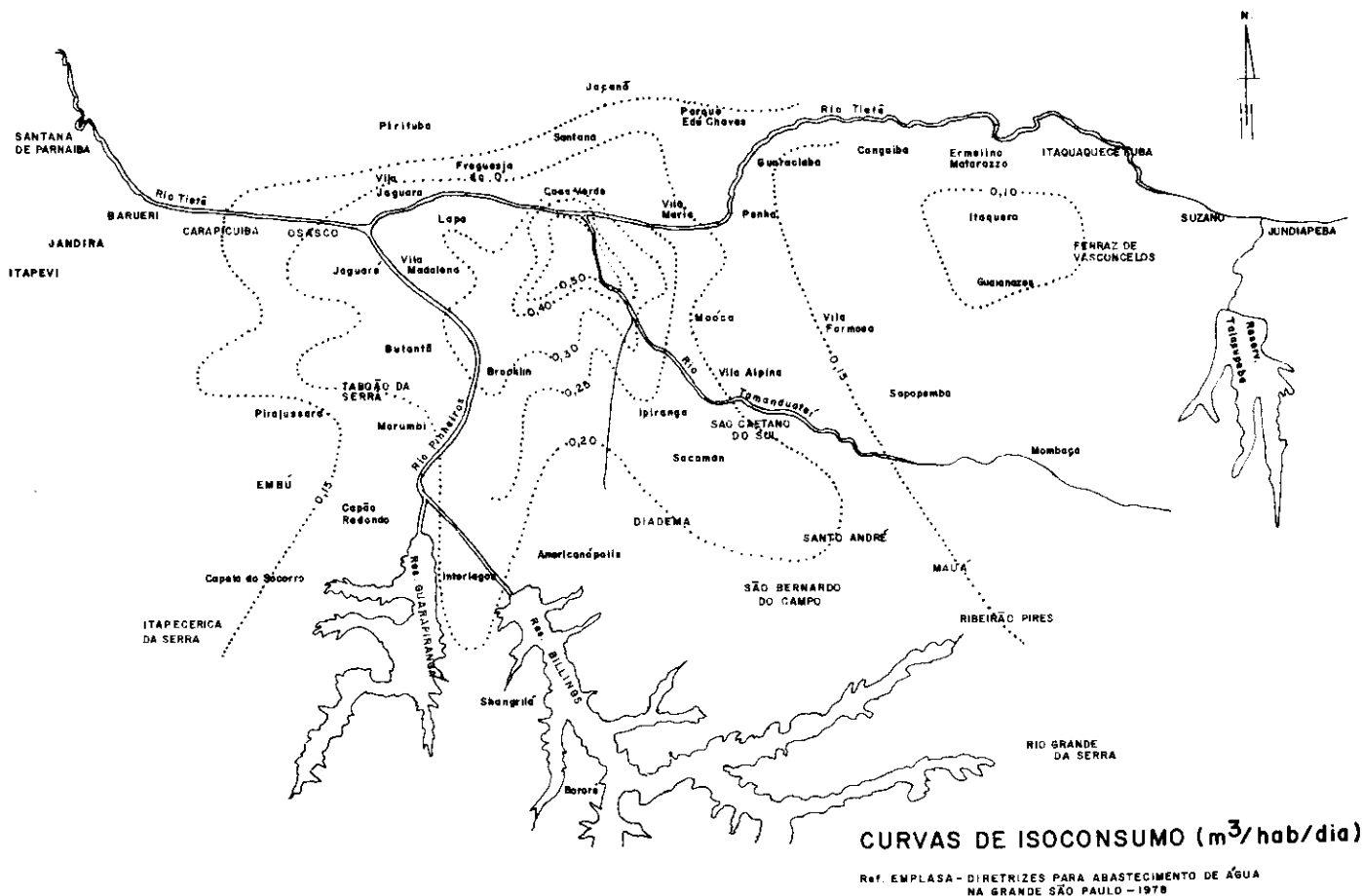
$P$  — preço da água

$T$  — valor da tarifa mínima

$a, b, c, d, e, f, g$  — coeficientes

equação esta, na qual, indiretamente, a área edificada era levada em conta.

Como variável explicativa de consumo em áreas de uso misto, porém, possivelmente esta tenha sido a pri-



meira vez em que se tentava utilizar a área edificada.

Comparada essa hipótese com a expressão anterior conclui-se que a área edificada deveria ter condições de, isoladamente, representar as quatro variáveis que a ela podem ser assimiladas, V, L, E e N e que, de certa forma, através de uma combinação entre elas, traduzem a área edificada por usuário e o nível econômico.

Aparentemente o consumo por área edificada, tanto para usos residenciais como para os demais (à exceção do destinado ao processo produtivo industrial), poderia ser uma variável útil para explicar o consumo em diferentes condições de uso e de renda pois em todos eles a sua variabilidade afigurava-se como provavelmente pouco elevada. Se o usuário residencial é rico, tanto a área edificada como o consumo que lhe correspondem são grandes. Se o usuário tem menor nível de renda também a área edificada e o consumo que lhe correspondem serão menores. O consumo residencial por unidade de área edificada não deveria, portanto, sofrer variações demasiadas com o nível de renda, em condições normais de habitação (excluídos cortiços e favelas).

O comerciante e os profissionais do setor público e de serviços em geral consomem diariamente menor quanti-

dade de água em seus locais de trabalho do que em sua residência, mas também (e desde que não morem em subabitações) devem ocupar aí menos espaço que em suas casas, o que justificaria um consumo por metro quadrado edificado com tendência a não se afastar demasiadamente do residencial.

Poderiam ser feitas considerações aproximadamente análogas sobre a validade do indicador do consumo sanitário em indústrias, por unidade de área edificada, embora com maior variabilidade devido à diversidade de tipos de indústrias.

Para uma verificação dessas hipóteses e um teste da aplicabilidade da metodologia foram utilizados dados de consumo do segundo bimestre de 1976, da Sabesp, estimados para as áreas dos setores de renda imobiliária (RI) conforme definidos pela Prefeitura Municipal de São Paulo. Conhecidos para estes últimos as áreas construídas total, residencial, comercial, de serviços e industrial, foram conhecidos os consumos por metro quadrado de área edificada.

Dos 195 setores RI que cobrem o Município da Capital foram selecionados 91 considerando-se critérios como: confiabilidade dos dados disponíveis, índice de atendimento pelo sistema público de abastecimento de

água e inexistência de grandes consumidores isolados, especialmente industriais.

Os resultados obtidos estão resumidos no quadro e desenhos apresentados na sequência.

A estimativa da média e do desvio padrão encontrados foram respectivamente:

$$\bar{X} = 7,17 \text{ l/m}^2\text{.d}$$

$$S = 1,11 \text{ l/m}^2\text{.d}$$

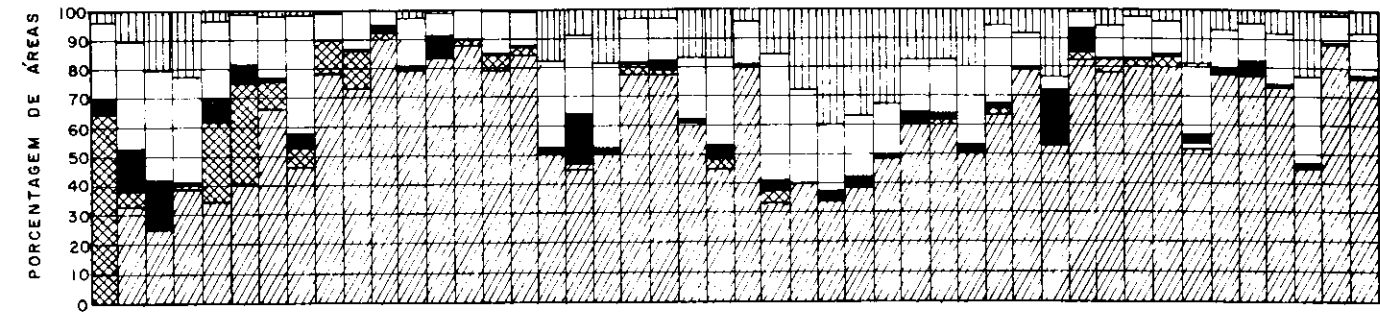
e, admitir-se uma distribuição normal, com 95% de probabilidade, o valor do consumo médio está contido no intervalo

$$6,77 \leq \bar{X} \leq 7,57$$

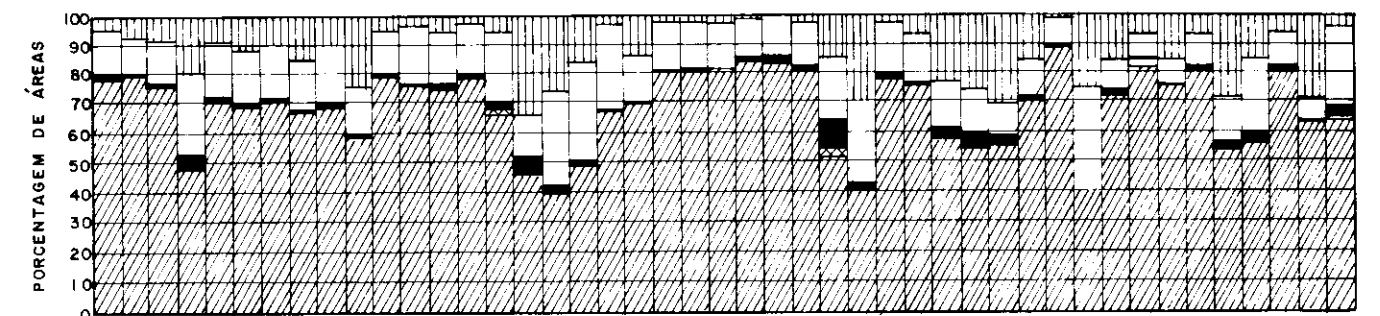
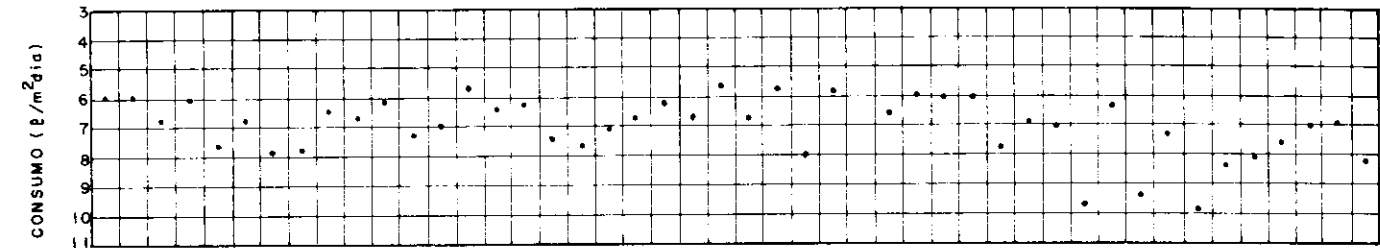
mostrando que o valor 7 l/m<sup>2</sup>.d é uma indicação bastante representativa.

Retomados recentemente pela Emplasa, os estudos do consumo por área edificada vêm sendo aprimorados, procurando isolar os efeitos de nível econômico e de especialização da ocupação e uso. Resultados parciais e preliminares, gentilmente adiantados para publicação neste artigo, indicam que é possível aprimorar a avaliação desses indicadores de consumo. Os resultados abaixo, apresentados ao final, demonstram esta afirmação.

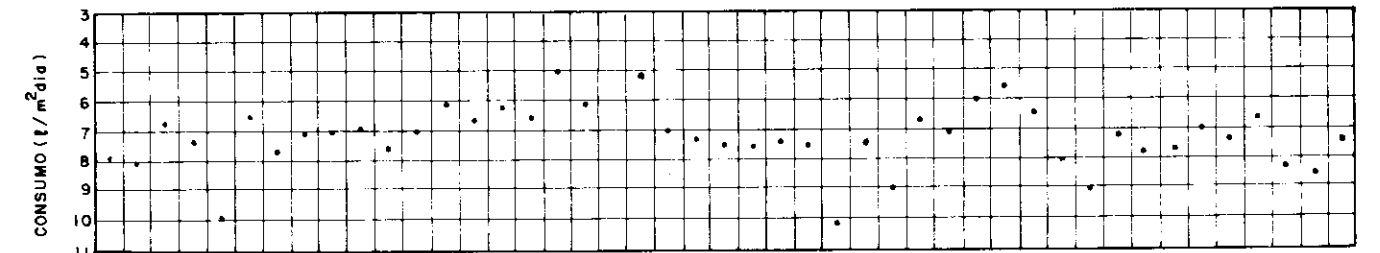
N.º de ordem do setor RI	Consumo em l/m <sup>2</sup> .d	N.º de ordem do setor RI	Consumo em l/m <sup>2</sup> .d	N.º de ordem do setor RI	Consumo em l/m <sup>2</sup> .d
1	6,0	32	6,1	63	5,0
2	6,0	33	7,7	64	6,1
3	6,8	34	6,9	65	7,1
4	6,1	35	7,0	66	5,2
5	7,7	36	9,8	67	7,0
6	6,8	37	6,3	68	7,3
7	7,9	38	9,4	69	7,5
8	7,8	39	7,3	70	7,5
9	6,3	40	9,9	71	7,4
10	6,7	41	8,4	72	7,5
11	6,2	42	8,1	73	10,1
12	7,3	43	7,6	74	7,4
13	7,0	44	7,0	75	9,0
14	5,8	45	7,0	76	6,6
15	6,4	46	8,2	77	7,1
16	6,3	47	7,9	78	5,9
17	7,5	48	8,1	79	5,5
18	7,7	49	6,7	80	6,4
19	7,2	50	7,3	81	8,0
20	6,8	51	9,9	82	9,0
21	6,2	52	6,5	83	7,2
22	6,8	53	7,7	84	7,7
23	5,8	54	7,1	85	7,6
24	6,8	55	7,0	86	7,0
25	5,8	56	6,9	87	7,3
26	8,0	57	7,5	88	6,6
27	5,8	58	6,0	89	8,2
28	11,0	59	6,1	90	8,5
29	6,6	60	6,6	91	7,4
30	6,0	61	6,1	$\bar{X}$	7,17
31	6,1	62	6,6	S	1,11



SETORES 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46



SETORES 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91



**LEGENDA**

- RESIDÊNCIA
- ESCRITÓRIO
- PODER PÚBLICO
- COMÉRCIO
- INDÚSTRIA

REF. EMPLASA - DIRETRIZES PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA GRANDE SÃO PAULO-1978

Caracterização da área	Consumo em l/m².d
— Área do Morumbi e Jardins — predominantemente residencial, com as rendas mais elevadas	5,3 a 6,2
— Áreas com terciarização e rendas médias — Área Central, Brás, Penha, Santana, Lapa, Ipiranga e Santo Amaro	4,9 a 7,7
— Áreas-dormitório e áreas pobres com grande incidência de subabitação — Ermelino Matarazzo, Itaim, Itaquera, Guaianases, Capela do Socorro, Paraisópolis, Vila Nova Cachoeirinha, Parque Novo Mundo, São Mateus	10,0 a 18,0

## 5. CONCLUSÕES

5.1. Até o presente os procedimentos correntes para avaliação da demanda em sistemas públicos de abastecimento de água no Estado de São Paulo e, provavelmente em todo o país, consideram como variável fundamental o habitante e uma cota **per capita** prefixada. Esta prática pressupõe que os usos residenciais sejam marcada e indistintamente predominantes em toda a área de projeto.

Quando são identificadas zonas com ocupação exclusiva ou bastante dominante de indústrias, estas têm sido tratadas de modo diferenciado, avaliando-se a demanda a partir da projeção do número de empregos e de uma cota **per capita** ou, mais frequentemente, arbitrando-se um consumo por unidade de área de uso industrial (l/s.ha).

5.2. A estrutura urbana mais complexa e a existência de zonas de usos exclusivos ou predominantes de comércio e serviços tornam indispensável que para estas se dê tratamento diferenciado, a exemplo do que se faz para as zonas industriais. Estudos elaborados pela Emplasa, já em 1978, mostram inequivocamente a necessidade deste cuidado, sendo até provável, pelo menos no caso da RMSP, que com mais razão do que nas zonas industriais.

5.3. Para que os usos e as zonas acima referidas sejam definidos em sua localização, extensão e limites com a precisão desejada, é preciso conhecer e analisar com mais profundidade do que é comum na prática habitual, os planos diretores, a legislação decorrente e as realizações entre a estrutura urbana e a demanda de infra-estrutura de saneamento básico. Sob este último aspecto convém ressaltar que já existem e são aplicados entre nós, há cerca de uma década, modelos matemáticos que procuram traduzir essas relações para utilizá-las na avaliação de demanda de infra-estrutura urbana em geral, mas principalmente de transportes. Neste sentido revela-se um nítido atraso do nosso setor no domínio e utilização de tecnologia já disponível.

5.4. Há elementos suficientes para considerar-se o consumo por unidade de área edificada como uma variável muito favorável para explicar e projetar a demanda total

e sua distribuição espacial e no tempo, ao longo da área de projeto do sistema de abastecimento.

Para a cidade de São Paulo este parâmetro mostrou-se bastante estável, com média para o conjunto de toda a área abastecida permanecendo no intervalo 6,77 a 7,57 l/m<sup>2</sup>.d, com 95% de probabilidade.

5.5. A demanda normalmente atendida pelos sistemas de abastecimento de água vai além da que corresponde às necessidades mínimas de saúde pública (demanda essencial). Cobre também outras, ligadas ao conforto, comodidade e à produção, caracterizando essa água como bem de consumo não essencial ou insumo de produção (demanda periférica). Não se justifica dar tratamento homogêneo às duas. O atendimento da primeira é responsabilidade social irrecusável. O atendimento da segunda deve estar sujeito às leis de mercado que regem a economia.

5.6. A estrutura tarifária e o preço cobrado pela água podem e devem constituir-se em instrumento de controle da demanda para atendimento dos objetivos mais amplos da comunidade.

Um destes objetivos pode ser o de dar mais condições de acesso a níveis de qualidade de vida adequado às camadas da população mais carentes, como foi o caso da estrutura tarifária recentemente implantada na RMSP e em processo de implantação no restante do Estado. Outro desses objetivos pode ser o de eficiência econômica do sistema de abastecimento. Quando é este o caso, deve-se ter presente que há um valor da demanda cujo atendimento propicia o melhor resultado econômico (máximo benefício líquido). Esta condição ocorre quando o preço cobrado pela água consumida se iguala ao custo marginal de sua oferta (derivada do custo em relação à quantidade de água ofertada).

5.7. É indispensável e urgente que o setor de saneamento desenvolva um programa destinado a incorporar os aspectos anteriormente apontados nas metodologias de avaliação da demanda.

Na Sabesp iniciou-se há pouco trabalho com essa finalidade.

A Emplasa retomou recentemente estudos que já tinha desenvolvido no passado, com a mesma finalidade.

Na Escola Politécnica da USP há vários pós-graduandos do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária que escolheram esse tema para seus trabalhos de seminário e de dissertação de mestrado.

Sabe-se que há muitos profissionais do setor que têm grandes contribuições a dar para o estudo da demanda de água.

Todos, especialmente os leitores da Revista DAE, são convidados a trazer sua colaboração.

## 6. CRÉDITOS

Para que fosse possível o presente artigo foi preciso utilizar informações de trabalhos que se realizaram no passado ou que estão em andamento no presente, para cuja execução houve ou está havendo a contribuição de vários colegas.

No primeiro caso estão os colegas todos com os quais tivemos a satisfação de conviver e consolidar um respeito mútuo e uma amizade que desde então só se estreitou, que trabalharam na Superintendência de Saneamento e Recursos Hídricos da Emplasa entre 1975 e 1979.

No segundo caso estão os companheiros da Sabesp da Assessoria de Desenvolvimento de Programas da Diretoria de Planejamento que, dentro do programa de trabalho anteriormente citado, coligiram várias das informações utilizadas neste artigo.

A todos os créditos de que são merecedores.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- (1) — Codificação de Normas Sanitárias para Obras e Serviços (CNSOS). Lei Estadual 1561. A, de 29/12/51
- (2) — "Critérios e Parâmetros de Projetos para RTPs referentes a Municípios da Grande São Paulo" — SPA/Sabesp
- (3) — Howe, C. W. e Linaweaver, F. P. — "The Impact of Price on Residential Water Demand and its Relation to System Design and Price Structure" — Water Resources Research 3, n.º 1 (1967)
- (4) — Camp, Robert C. "The Inelastic Demand for Residential Water: New Findings". Journal AWWA (1978): 453-458
- (5) — Dantas, E. F., Maierà, F. O. e Levy, L. — "Sistema de Saneamento Básico no Brasil" — Revista DAE, n.º 134, set. 83
- (6) — Flack, J.E. — "Water Rights Transfers: An Engineering Approach, cit por James & Lee, in "Economics of Water Resources Planning", TMH, 1971
- (7) — Grima, A. — "Residential Water Demand — Alternative Choices for Management" — University of Toronto Department of Geography Research Publications, 1972
- (8) — "Diretrizes para o Abastecimento de Água na Grande São Paulo" — Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S/A - (Emplasa) — maio de 1978