

# DETERMINAÇÃO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA ALGUMAS CULTURAS IRRIGADAS EM SÃO PAULO <sup>(1)</sup>

SILMARA ELOISA DOTTO <sup>(2)</sup>, ROZELY FERREIRA DOS SANTOS <sup>(3)</sup>  
e EUGÊNIO DA MOTTA SINGER <sup>(4)</sup>

## RESUMO

Índices de qualidade de água têm sido amplamente usados como ferramenta para tomada de decisão em planejamento, mas, de modo geral, são dirigidos a qualificar água de abastecimento público. Reconhece-se, no entanto, a necessidade de avaliar a qualidade de água voltada à irrigação, de maneira a evitar ou minimizar impactos sobre a produção de culturas e saúde da população. O presente trabalho objetivou adaptar a formulação de um índice de qualidade de água (IQA) para um índice de qualidade de água para culturas irrigadas (IQAI), de modo a identificar condições que possam ser relevantes ao planejamento de recursos hídricos para irrigação. Obteve-se tal índice mediante agregação de parâmetros de qualidade para irrigação, utilizando a técnica de hierarquização Electre I e II e os modelos matemáticos produzidos a partir da função de qualidade (FQ). A área selecionada para aplicação do índice foi a bacia hidrográfica do rio Piracicaba (SP). Dividiram-se os resultados em dois grupos: IQAI<sub>1</sub>, cujos parâmetros foram coliforme fecal, potencial hidrogeniônico, demanda bioquímica de oxigênio, cloreto, nitrogênio total e condutividade elétrica, e IQAI<sub>2</sub>, caracterizado pela exclusão do parâmetro coliforme fecal. Os resultados do IQAI<sub>1</sub> permitem concluir que a água da bacia do Piracicaba não é adequada para a irrigação de frutas e hortaliças pela elevada taxa de coliformes fecais. Corrigidos os problemas relativos a esse fator, através de sua supressão na FQ (IQAI<sub>2</sub>), pode-se considerar possível a utilização da água para os referidos tipos de cultura.

**Termos de indexação:** rio Piracicaba, qualidade de água, índice, irrigação.

---

<sup>(1)</sup> Parte do trabalho de Mestrado de Silmara Eloisa Dotto, em Recursos Hídricos e Saneamento, Faculdade de Engenharia Civil (FEC), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 1993, com apoio financeiro da FAPESP. Recebido para publicação em 12 de agosto de 1994 e aceito em 31 de janeiro de 1996.

<sup>(2)</sup> Bolsista da FAPESP.

<sup>(3)</sup> Departamento de Hidráulica e Saneamento da FEC, UNICAMP.

<sup>(4)</sup> Departamento de Energia da Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, e SEMCO-ERM do Brasil.

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF WATER QUALITY INDEX FOR IRRIGATED CROPS (WQII)

Although Water Quality Index (WQI) is usually orientated to qualify urban water supply, it has been widely used by environmental planning decision makers. The quality of the irrigation water has to be evaluated to avoid or, at least, to minimize impacts on agriculture and human health. This paper presents the adaptation of the WQI to WQII in order to identify relevant conditions for the planning of the irrigation water resources. The aggregation of the irrigation water quality parameters, using Electre I/II hierarchic techniques, plus mathematical models from Quality Functions (QF) result in WQII. The obtained results were divided in two groups: WQII<sub>1</sub>, which includes faecal colimetry, hydrogenionical potential, biochemical demand of oxygen, chloride, total nitrogen, and electric conductivity parameters; and WQII<sub>2</sub>, which does not consider faecal colimetry in its QF. Piracicaba River watershed (São Paulo State, Brazil) was the study case. WQII<sub>1</sub> shows a inappropriated water for vegetables and fruits irrigation, whereas WQII<sub>2</sub> defines it as appropriated.

**Index terms:** Piracicaba river, water quality, index, irrigation.

## 1. INTRODUÇÃO

Existem diversos sistemas de classificação da qualidade de água de irrigação, sendo os da U. S. Salinity Laboratory Staff (1954) e Ayers & Westcott (1985) os mais tradicionais e muito utilizados, principalmente, nas regiões de clima árido e semi-árido.

No Brasil, a questão de qualidade de água para culturas irrigadas é tratada na Resolução n.º 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 18 de julho de 1986, o qual relaciona os parâmetros a serem quantificados (Brasil, 1986). Apesar de esse ato legal considerar aspectos da irrigação, reconhece-se que ainda são necessários estudos mais detalhados que associem a água para agricultura com os índices usados nos sistemas de avaliação de abastecimento.

Em geral, os sistemas de classificação de água emitem valores isolados, ou graus de restrição de uso da água, os quais avaliam os parâmetros individualmente. Os índices de qualidade de água têm uma proposição diferenciada, pois associam os parâmetros e seus valores mediante um referencial numérico único. Comumente, os índices são específicos para abastecimento de água, apesar de apresentarem atributos que possam ser considerados para uso na irrigação, como o de Stoner (1978) e Handa (1981).

Este trabalho objetiva adequar a formulação de um índice relacionado à água potável, proposto por Singer, 1983, à irrigação. Para testar a eficiência do índice reformulado, selecionou-se a bacia hidrográfica do rio Piracicaba (SP) como área de estudo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para formulação do índice de qualidade de água para culturas irrigadas (IQAI), consideraram-se quatro etapas de trabalho (Dotto, 1993; Dotto et al., 1996).

A primeira etapa consistiu na determinação dos parâmetros de qualidade de água para irrigação, a partir de quatro fontes de dados: literatura científica, documentos legais, opinião de especialistas e dados coletados de profissionais na área da agricultura por meio de questionários. Obtiveram-se os dados dos parâmetros selecionados nos boletins da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (São Paulo, 1980-1991). Na bacia hidrográfica do rio Piracicaba (SP), os dados podem ser obtidos a partir de 9 pontos de amostragem - Quadro 1.

A segunda etapa consistiu na ponderação dos parâmetros, de acordo com a sua importância em relação aos critérios estabelecidos (tipos de culturas irrigadas). A ponderação foi derivada da

Quadro 1. Pontos de amostragem na bacia hidrográfica do rio Piracicaba

Pontos	Localização dos pontos de amostragem
1	Rio Atibaia - na captação n.º 3 de Campinas
2	Rio Atibaia - ponte Estrada Nova Campinas-Cosmópolis
3	Rio Corumbataí - usina Tamandupá em Recreio
4	Rio Jaguari - em Quebra Popa
5	Rio Piracicaba - ponte na Rodovia Americana-Limeira
6	Rio Piracicaba - margem direita, 1,4 km a montante da foz do ribeirão dos Coqueiros
7	Rio Piracicaba - ponte próxima da usina Monte Alegre
8	Rio Piracicaba - margem direita, 1,2 km a jusante da foz do ribeirão Piracicamirim
9	Rio Piracicaba - Artemis, município de Piracicaba

Fonte: CETESB, 1984.

classificação final dos parâmetros de acordo com o método Electre I e II (Dotto et al., 1996). Os pesos dos parâmetros ( $\omega_i$ ) foram calculados conforme as equações (1) e (2):

$$\omega_i = n + 1 - r_j \quad (1)$$

onde:

$\omega_i$  = peso das variáveis;

$n$  = número de variáveis;

$r_j$  = classificação absoluta da variável  $j$ .

$$r_j = \frac{\sum . fr_j}{m} \quad (2)$$

onde:

$fr_j$  = classificação final da variável  $j$ ;

$m$  = número de variáveis na mesma posição de classificação.

As culturas irrigadas da bacia do Piracicaba (tomate, batata, feijão, laranja, morango, pêssego,

alface, cenoura e beterraba) também foram ponderadas sob dois enfoques: pesos de 1 a 9 em função do tamanho da área irrigada, ou pesos iguais de 0,11 (Dotto et al., 1996).

A terceira etapa, a da obtenção da função de qualidade (FQ), permitiu a homogeneização dos parâmetros, assegurando, assim, comparações igualitárias entre eles. A transformação dos valores dos parâmetros em número de qualidade (FQ) ocorreu em função das concentrações máximas definidas para culturas irrigadas, de acordo com os trabalhos de Ayers & Westcot (1985) e com a Resolução n.º 20/86 do CONAMA. A função de qualidade é uma expressão matemática que apresenta valores entre 0 e 1, onde 0 (zero) reflete condições inaceitáveis de qualidade e 1, condições ótimas para a cultura. Para sua obtenção, supôs-se que os parâmetros selecionados deveriam apresentar uma concentração ótima a um nível próximo a 0. Na determinação da constante para a equação exponencial, admitiu-se que a concentração máxima, que representa o estágio inicial de perigo da água para irrigação, é um valor de qualidade (FQ) correspondente a 50%.

A quarta etapa buscou a agregação dos parâmetros ponderados na adaptação do índice proposto por Singer (1983) para obtenção do IQAI, indicado na equação (3):

$$IQAI = \left[ \prod_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^k W_j . FQ(X_{ij})^{\omega_i} \right]^{1/\sum \omega_i} \right] \quad (3)$$

onde:

IQAI = índice de qualidade de água para culturas irrigadas;

$X_{ij}$  = valor da variável;

$FQ(X_{ij})$  = função qualidade da alternativa;

$W_j$  = peso do critério  $j$  (tipos de culturas);

$\omega_i$  = peso da variável (parâmetros de qualidade de água).

Pelos dados obtidos, foi calculada e analisada a correlação entre os índices de qualidade de água para os nove tipos de cultura irrigada.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Selecionaram-se os seis parâmetros seguintes de qualidade de água para culturas irrigadas: coliforme fecal (CF); potencial hidrogeniônico (pH); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); cloreto (Cl); nitrogênio total (Nt) e condutividade elétrica (CE). Como a CETESB começou a analisar o parâmetro CE somente em 1986, foi necessário criar dois grupos de avaliação: o primeiro, que considerou os parâmetros CF, pH, DBO, Cl e Nt, cujos dados

foram coletados entre 1980 e 1985, e o segundo, que acrescentou o parâmetro CE, em 1986 a 1991.

Os pesos atribuídos aos parâmetros dos dois grupos de avaliação - quadro 2 - apresentam uma variação muito pequena, em média 0,1.

Tomaram-se as funções de qualidade (FQ), supondo-se que os parâmetros CF, DBO, Cl e Nt apresentam uma concentração ótima a um nível próximo a 0. Desse modo, verificou-se que a curva exponencial negativa mostra-se como a melhor formulação para esses parâmetros. Para o pH, a formulação parabólica se revelou mais apropriada para descrever a sua FQ, com o eixo de simetria passando pela concentração ótima. Quando uma amostra se apresentava extremamente ácida ou alcalina, a FQ era conduzida para valor aproximadamente igual a 0. Utilizando-se o programa desenvolvido por Zullo & Arruda (1987), o modelo que melhor se ajustou aos dados da CE, para as várias culturas, foi o linear. As funções de qualidade para os parâmetros selecionados acham-se nos quadros 3 e 4. O 3 apresenta-as em relação a três classes de qualidade, definidas de acordo com os graus de poluição apresentados. Assim, a classe 1 é indicada para irrigação de hortaliças consumidas

Quadro 2. Pesos dos parâmetros ( $\omega_i$ ) do primeiro grupo (1980-85) e do segundo grupo (1986-91)

Parâmetros de Q.A.	$\omega_i$ para o 1.º grupo	$\omega_i$ para o 2.º grupo
CF	0,227	0,193
pH	0,227	0,176
DBO	0,137	0,105
Cl	0,227	0,176
Nt	0,182	0,140
CE	-	0,210

Quadro 3. Funções de qualidade para os parâmetros: coliforme fecal (CF); potencial hidrogeniônico (pH); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); cloreto (Cl) e nitrogênio total (Nt)

Parâmetro	Critérios <sup>(1,2)</sup>	Concentração máxima	Função de Qualidade (FQ)
CF	Classe 1	200n./100 mL	$FQ(CF_1) = \exp(-0,00346.CF_1)$
	Classe 2	1.000n./100 mL	$FQ(CF_2) = \exp(-0,000693.CF_2)$
	Classe 3	4.000n./100 mL	$FQ(CF_3) = \exp(-0,000173.CF_3)$
pH	Global	6,5-8,4	$FQ(pH) = \exp\{-(pH-7,45)^2/1,302\}$
DBO	Classe 1	3 mg/L	$FQ(DBO_1) = \exp(-0,23104.DBO_1)$
	Classe 2	5 mg/L	$FQ(DBO_2) = \exp(-0,13862.DBO_2)$
	Classe 3	10 mg/L	$FQ(DBO_3) = \exp(-0,06931.DBO_3)$
Cl	Plantas sensíveis	3 mg/L	$FQ(Cl) = \exp(-0,2310.Cl)$
Nt	Plantas sensíveis	5 mg/L	$FQ(Nt_1) = \exp(-0,13862.Nt_1)$
	Demais plantas	30 mg/L	$FQ(Nt_2) = \exp(-0,02310.Nt_2)$

<sup>(1)</sup> Classes de qualidade de água, relacionadas ao tipo de cultura irrigada (Brasil, 1986). <sup>(2)</sup> Plantas sensíveis e/ou demais (Ayers & Westcot, 1985).

cruas e frutas que se desenvolvem próximas ao solo e/ou são ingeridas cruas sem remoção da película. A classe 2, para hortaliças e plantas frutíferas,

exceto as que se referem à classe 1. A classe 3, para arbóreas, cerealíferas e forrageiras (Brasil, 1986).

Quadro 4. Funções de qualidade (FQ) para a condutividade elétrica (CE)

Parâmetro	Critério	Função de Qualidade (FQ)
CE	Tomate	$FQ(X_{ij}) = 1,335013 + (-0,199946).X$
	Batata	$FQ(X_{ij}) = 1,203002 + (-0,180698).X$
	Feijão	$FQ(X_{ij}) = 1,185657 + (-0,282884).X$
	Laranja	$FQ(X_{ij}) = 1,271173 + (-0,2388591).X$
	Morango	$FQ(X_{ij}) = 1,350001 + (-0,5000005).X$
	Pêssego	$FQ(X_{ij}) = 1,358167 + (-0,3145115).X$
	Alface	$FQ(X_{ij}) = 1,168473 + (-0,1949714).X$
	Cenoura	$FQ(X_{ij}) = 1,145329 + (-0,2134159).X$
	Beterraba	$FQ(X_{ij}) = 1,362030 + (-0,1361099).X$

X = valor do parâmetro CE obtido nos boletins da CETESB (1980-1991).

Classificaram-se os resultados de IQAI em dois grupos: IQAI<sub>1</sub>, que inclui os parâmetros do primeiro ou segundo grupo de dados, e IQAI<sub>2</sub>, do qual se exclui CF. Essa decisão se deve ao fato de o parâmetro CF ter-se mostrado com acentuada predominância nos resultados para IQAI<sub>1</sub>. Os quadros 5 e 6 exemplificam os valores de IQAI<sub>1</sub> e IQAI<sub>2</sub>, e os dados de FQ para cada parâmetro, com resultados parciais (somente o ponto de captação 3) do IQAI (IQAI<sub>CF</sub>, IQAI<sub>pH</sub>, IQAI<sub>DBO</sub>, IQAI<sub>Cl</sub>, IQAI<sub>Nt</sub>, IQAI<sub>CE</sub>). Para o índice IQAI<sub>2</sub>, foram obtidos novos valores do peso dos parâmetros em virtude da exclusão de CF, resultando em uma FQ com valores iguais a zero (Quadro 7).

Em relação ao primeiro grupo (IQAI<sub>1</sub>), considerou-se a água imprópria para a irrigação das culturas, haja vista os elevados valores de coliformes fecais, decorrendo, daí, a função de qualidade muito baixa. Esses elevados valores de CF sugerem que essa água também possa oferecer riscos à saúde

Quadro 5. Função de qualidade (FQ) e índice de qualidade de água para culturas irrigadas (IQAI<sub>1</sub> e IQAI<sub>2</sub>) para o rio Atibaia (Captação n.º 3 - Campinas), em 1980

Funções e Índices	Jan.	Fev.	M. <sup>co</sup>	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
FQ(CF <sub>1</sub> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FQ(CF <sub>2</sub> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IQA <sub>CF</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FQ(pH)	0,30	0,86	0,72	0,65	0,72	0,98	0,86	0,79	0,91	0,72	0,86	0,57
IQA <sub>pH</sub>	0,76	0,97	0,93	0,91	0,93	1,00	0,97	0,95	0,98	0,93	0,97	0,88
FQ(DBO <sub>1</sub> )	0,40	0,79	0,79	0,79	0,63	0,40	0,63	0,40	0,63	0,50	0,40	0,40
FQ(DBO <sub>2</sub> )	0,57	0,87	0,87	0,87	0,76	0,57	0,76	0,57	0,76	0,66	0,57	0,57
IQA <sub>DBO</sub>	0,90	0,97	0,97	0,97	0,95	0,90	0,95	0,90	0,95	0,92	0,90	0,90
FQ(Cl)	0,96	0,99	0,98	0,98	0,97	0,95	0,96	0,96	0,98	0,95	0,96	0,98
IQA <sub>Cl</sub>	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	1,00
FQ(Nt <sub>1</sub> )	0,86	0,36	0,82	0,89	0,87	0,83	0,88	0,45	0,81	0,71	0,76	0,74
FQ(Nt <sub>2</sub> )	0,97	0,84	0,97	0,98	0,98	0,97	0,98	0,88	0,97	0,95	0,96	0,95
IQA <sub>Nt</sub>	0,98	0,89	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,91	0,97	0,96	0,96	0,96
IQA <sub>1</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IQA <sub>2</sub>	0,57	0,80	0,84	0,82	0,82	0,86	0,87	0,74	0,88	0,77	0,81	0,71

Quadro 6. Função de qualidade (FQ) e índice de qualidade de água para culturas irrigadas (IQAI<sub>1</sub> e IQAI<sub>2</sub>) para o rio Atibaia (Captação n.º 3 - Campinas), em 1986

Funções e Índices	Jan.	Fev.	M. <sup>co</sup>	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
FQ(CF <sub>1</sub> )	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	0,00	0,00	-
FQ(CF <sub>2</sub> )	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	0,00	0,23	-
IQA <sub>CF</sub>	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	0,00	0,64	-
FQ(pH)	0,79	-	1,00	-	0,65	-	0,91	-	0,86	0,72	0,79	-
IQA <sub>pH</sub>	0,96	-	1,00	-	0,93	-	0,98	-	0,97	0,94	0,96	-
FQ(DBO <sub>1</sub> )	0,63	-	0,79	-	0,40	-	0,32	-	0,25	0,50	0,63	-
FQ(DBO <sub>2</sub> )	0,76	-	0,87	-	0,57	-	0,50	-	0,44	0,66	0,76	-
IQA <sub>DBO</sub>	0,96	-	0,97	-	0,92	-	0,91	-	0,89	0,94	0,96	-
FQ(CI)	0,97	-	0,99	-	0,97	-	0,95	-	0,94	0,93	0,95	-
IQA <sub>CI</sub>	1,00	-	0,87	-	0,99	-	0,99	-	0,99	0,99	0,99	-
FQ(Nt <sub>1</sub> )	0,60	-	0,98	-	0,87	-	0,85	-	0,93	0,89	0,92	-
FQ(Nt <sub>2</sub> )	0,92	-	0,98	-	0,98	-	0,97	-	0,99	0,98	0,99	-
IQA <sub>Nt</sub>	0,95	-	0,00	-	0,98	-	0,98	-	0,99	0,99	0,99	-
FQ(CE to)	1,00	-	0,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	1,00	1,00	-
FQ(CE ba)	1,00	-	0,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	1,00	1,00	-
FQ(CE fe)	1,00	-	0,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	1,00	1,00	-
FQ(CE la)	1,00	-	0,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	1,00	1,00	-
FQ(CE mo)	1,00	-	0,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	1,00	1,00	-
FQ(CE pê)	1,00	-	0,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	1,00	1,00	-
FQ(CE al)	1,00	-	0,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	1,00	1,00	-
FQ(CE ce)	1,00	-	0,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	1,00	1,00	-
FQ(CE be)	1,00	-	0,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	1,00	1,00	-
IQAcep	0,99	-	0,00	-	0,99	-	0,00	-	0,99	0,99	0,99	-
IQAce	1,00	-	0,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	1,00	1,00	-
IQAI <sub>1</sub>	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	0,00	0,58	-
IQAI <sub>2</sub>	0,85	-	0,00	-	0,81	-	0,85	-	0,83	0,84	0,90	-

Quadro 7. Novos valores do peso do parâmetro ( $\omega_i$ ) para o índice de qualidade empregado (IQAI<sub>2</sub>)

Ano	Variável	$\omega_i$
1980-85	CF	pH = 0,348 DBO = 0,131 CI = 0,304 Nt = 0,217
1986-91	CF	pH = 0,222 DBO = 0,111 CI = 0,222 Nt = 0,167 CE = 0,278

dos irrigantes. Excluído CF, porém, o IQAI (IQAI<sub>2</sub>) não evidencia aspectos negativos da qualidade da água, ou seja, supondo-se que os critérios limites adotados sejam adequados e que se promova um tratamento apropriado para corrigir os valores atuais de coliformes fecais, a água da bacia hidrográfica do rio Piracicaba poderá ser utilizada para irrigação.

O quadro 8 apresenta a correlação entre os IQAI<sub>2</sub> nos nove pontos de amostragem: observam-se pequenos valores de correlação, evidenciando uma independência entre esses índices nos diversos pontos de amostragem, provavelmente em função dos aspectos estocásticos dos parâmetros de qualidade

Quadro 8. Análise de correlação entre os índices de qualidade de água para culturas irrigadas do segundo grupo (IQAI<sub>2</sub>) para os nove pontos de amostragem da bacia hidrográfica do rio Piracicaba (SP)

Índices	IQAI <sub>21</sub>	IQAI <sub>22</sub>	IQAI <sub>23</sub>	IQAI <sub>24</sub>	IQAI <sub>25</sub>	IQAI <sub>26</sub>	IQAI <sub>27</sub>	IQAI <sub>28</sub>	IQAI <sub>29</sub>
IQAI <sub>21</sub>	+1,00								
IQAI <sub>22</sub>	+0,58 <sup>1</sup>	+1,00							
IQAI <sub>23</sub>	+0,25	+0,15	+1,00						
IQAI <sub>24</sub>	+0,29	+0,18	+0,48	+1,00					
IQAI <sub>25</sub>	+0,35	+0,23	+0,41	+0,65 <sup>1</sup>	+1,00				
IQAI <sub>26</sub>	+0,41	+0,12	+0,52 <sup>1</sup>	+0,68 <sup>1</sup>	+0,62 <sup>1</sup>	+1,00			
IQAI <sub>27</sub>	+0,47	+0,18	+0,60 <sup>1</sup>	+0,56 <sup>1</sup>	+0,61 <sup>1</sup>	+0,67 <sup>1</sup>	+1,00		
IQAI <sub>28</sub>	+0,25	+0,05	+0,58 <sup>1</sup>	+0,65 <sup>1</sup>	+0,64 <sup>1</sup>	+0,74 <sup>1</sup>	+0,73 <sup>1</sup>	+1,00	
IQAI <sub>29</sub>	+0,41	+0,24	+0,71 <sup>1</sup>	+0,65 <sup>1</sup>	+0,43	+0,77 <sup>1</sup>	+0,60 <sup>1</sup>	+0,64 <sup>1</sup>	+1,00

n<sup>1</sup> - Correlação sensível (>0,5).

de água. Correlação mais sensível é verificada entre pontos mais próximos e em áreas que já sofreram maior poluição de efluentes.

O método empregado neste estudo mostrou-se eficiente para selecionar parâmetros adequados à avaliação e indicação da qualidade de água para irrigação. O cálculo do IQAI, a partir de diferentes conjuntos de parâmetro, permitiu gerar diversas funções de qualidade que podem expressar, numericamente, o efeito das variações na concentração de vários parâmetros ou de um ou mais parâmetros isolados. Dessa forma, o índice pode ser visto como uma ferramenta para avaliar o planejamento agrícola de acordo com a aptidão da área para diferentes culturas. O desenvolvimento desse índice, não oneroso ao sistema de coletas de uma rede de monitoramento, pode possibilitar o estudo da tendência histórica de qualidade de água para irrigação e auxiliar em programas de conservação de qualidade de água.

Em relação à bacia do rio Piracicaba, este estudo vem apontar, numericamente, o efeito das cargas totais urbanas ao longo de toda a rede hidrográfica, e a necessidade de providências urgentes quanto ao controle sanitário da produção de hortifruti-culturas. Naquela região, verifica-se forte tendência ao uso da irrigação por aspersão. Isso, somado ao

manejo inadequado e ao estado crítico de qualidade de água proveniente do parâmetro coliforme fecal, acaba constituindo sério risco à saúde humana. Quanto aos outros parâmetros estudados, não há indícios de criticidade, deve-se, porém, alertar que, em relação a aspectos de salinização, o tipo de manejo e drenagem do solo e em cultivos em estufas podem resultar em condições propícias à acumulação de sais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R.S. & WESTCOT, D.W. *Water quality for agriculture*. Rome, FAO, 1985. 174p. (Paper 29, rev. 1)
- BRASIL. Leis, estatutos. *Legislação da conservação da natureza*. 4.ed. São Paulo, CESP, 1986. 720p.
- DOTTO, S.E. *Índice de qualidade de água para culturas irrigadas*. Campinas, 1993. 229p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), FEC-UNICAMP, 1993.
- DOTTO, S.E.; SINGER, E.M. & SANTOS, R.F. Seleção e hierarquização de parâmetros de qualidade de água para culturas irrigadas com o uso do Electre I e II. *Bragantia*, Campinas, 55(1):185-192, 1996.
- HANDA, B.K. An integrated water-quality index for irrigation use. *Indian Journal Agricultural Sciences*, New Delhi, 51(6):422-426, 1981.
- SÃO PAULO. CETESB. *Relatórios anuais de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo*. 1980-1991. 164p.

- SINGER, E.M. *Development and application of a new methodology for water quality indices: a multiobjective approach*. Vanderbilt, 1993. 185p. Dissertation (Degree of Doctor), University of Tennessee, 1983.
- STONER, J.D. *Water quality for specific water uses*. Survey, Reston, U.S.Geological, 1978. 12p. (Circular, 770)
- UNITED STATES SALINITY LABORATORY STAFF. *Diagnosis and improvement of saline and alkali*. U.S. Department of Agriculture, Washington, 1954.
- ZULLO JUNIOR, J. & ARRUDA, F.B. *Programa computacional para ajuste de equações em dados experimentais*. Campinas, Instituto Agrônômico, 1987. 23p. (Boletim técnico, 113)