



MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE
COORDENAÇÃO GERAL DE ENGENHARIA
SANITARIA

MINISTÉRIO DA SAÚDE
SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL
COORDENAÇÃO GERAL DA VIGILÂNCIA EM SAÚDE
AMBIENTAL

CONTRIBUIÇÕES DO SETOR SAÚDE: RESOLUÇÃO CONAMA N.º 20/1986

Grupo Técnico da Resolução CONAMA n.º 20/1986

Guilherme Franco Netto - Coordenador Geral da Vigilância Ambiental em Saúde (CGVAM)
Marta Helena Dantas - Coordenadora Técnica da CGVAM

Nolan Ribeiro Bezerra - Consultora Técnica da CGVAM

Isaias Pereira da Silva - Consultor Técnico da CGVAM
Ivens Drumond - Consultor da CGVAM

Johnny Ferreira Santos - Coordenador Geral da Engenharia Sanitária (CGESA)

Miguel Leite - CGESA/FUNASA

Fernanda Nogueira Bittencourt –CGESA/FUNASA

Técnicos Convidados:

Paula Bevilacqua	Universidade Federal de Viçosa
Rafael Kopschitz Bastos	Universidade Federal de Viçosa
Sandra Feliciano Azevedo	Universidade Federal do Rio de Janeiro
Vera Huszar	Universidade Federal do Rio de Janeiro – Museu Nacional
Luiz Gomes Ferreira Júnior	Fundação Nacional de Saúde/ Coordenação Regional de Saúde do Rio Janeiro
Olaf Malm	Universidade Federal do Rio de Janeiro
Marcos von Sperling	Universidade Federal de Minas Gerais
Cristina Sisino	Fundação Osvaldo Cruz - Fiocruz

**REVISÃO DA RESOLUÇÃO CONAMA N.º 20/1986
PROPOSTAS DA FUNASA E DO GRUPO DE TRABALHO DO CONAMA**

TEXTO-SUBSÍDIO PARA REVISÃO DA RESOLUÇÃO CONAMA N.º 20/1986

1. Balanço comparativo (quantitativo) entre parâmetros e padrões de substâncias químicas - Portaria 1469 x Resolução CONAMA 20

A fim de facilitar a discussão, encontra-se anexa uma tabela comparativa Portaria 1469 x resolução CONAMA 20. A tabela foi construída, propositalmente, de acordo com a organização da Portaria, ou seja: substâncias químicas que representam risco à saúde - inorgânicas, orgânicas/agrotóxicos, além de padrão de aceitação para consumo. Da tabela anexa, podemos, sinteticamente, extrair (salvo erros de conta):

SUBST.	1469 MS + CONAMA 20 (1)	1469 MS (2)	CONAMA 20 (3)	só 1469 MS (4)	só CONAMA 20 (5)	1469. MS > CONAMA 20 (6)	1469 MS < CONAMA 20 (7)	1469 MS = CONAMA 20 (8)
INOR	25	14	24	1	11	6	3	4
ORG	15	13	10	5	2	5	2	1
AGROTOX	33	25	21	12	8	11	1	-
ACEITAÇÃO (9)	16	15	9	7	1	3	-	5

- total de substâncias que constam na Portaria 1469 e na Resolução CONAMA 20
- número de substâncias que constam Portaria
- número de substâncias que na Resolução
- número de substâncias que constam apenas na Portaria
- número de substâncias que constam apenas na Resolução
- número de substâncias cujo padrão-limite estabelecido na Portaria é mais flexível que o correspondente na Resolução classe 2
- número de substâncias cujo padrão-limite estabelecido na Portaria é mais rigoroso que o correspondente na Resolução classe 2
- Número de substâncias cujo padrão-limite estabelecido na Portaria é o mesmo que o correspondente na Resolução classe 2
- Excluídos da comparação: cor, OD, SD e turbidez fazem ou deveriam fazer parte de monitoramento de rotina, desde o ponto de vista de controle operacional de uma ETA.

Substâncias inorgânicas

- A Portaria 1469 inclui padrão-limite para 14 substâncias inorgânicas, enquanto a Resolução CONAMA, para 24 substâncias.
- Apenas uma substância, o Antimônio, consta apenas na Portaria 1469, tendo sido incorporada ao padrão de potabilidade em sua recente revisão (ou seja, não constava na Portaria 36), em função de estudos toxicológicos mais recentes e de sua classificação pelo IARC como possivelmente carcinogênico para os seres humanos.
- As dez substâncias que só constam na Resolução CONAMA, não constam na Portaria 1469 por não apresentarem risco evidente ou considerável à saúde humana. Cabe destacar que a Prata constava na Portaria 36, mas foi excluída da Portaria 1469 por não ser considerada uma substância perigosa para a saúde humana, nas concentrações habitualmente encontradas na água para consumo humano.
- Das substâncias comuns à Portaria 1469 e Resolução CONAMA 20 (13):
 - quatro apresentam o mesmo padrão-limite (Cromo, Nitrato, Nitrito e Selênio);
 - seis apresentam padrão mais flexível na Portaria, sendo:

- os padrões para fluoreto muito próximos
- os padrões para Cádmiio, Mercúrio e Cianetos, na ordem de 5-7 vezes superiores na Portaria
- o padrão para Cobre, 100 vezes superior na Portaria;
- o padrão para Cloro residual 500 vezes superior na Portaria, muito embora esta comparação faça pouco sentido.
- três apresentam padrão mais rigoroso na Portaria, na ordem de 1,5-5 vezes inferior (Bário, Chumbo e Arsênio)
- Na "contabilidade" acima, cabe também observar que a Resolução CONAMA inclui padrão para Cromo III e VI, enquanto a Portaria 1469 refere-se à Cromo total. :

Substâncias orgânicas

- A Portaria 1469 inclui padrão-limite para 13 substâncias orgânicas, enquanto a Resolução CONAMA, para 10 substâncias.
- Cinco substâncias constam apenas na Portaria 1469, sendo que todas não constavam na Portaria 36 e foram incorporadas à 1469 (Acrilamida, Cloreto de Vinila, Diclorometano, Estireno, Triclorobenzeno).
- Duas substâncias constam apenas na Resolução CONAMA 20, sendo que já não constavam na Portaria 1469 (PCB's) ou constavam como padrão de aceitação (fenóis).
- Das substâncias comuns à Portaria 1469 e Resolução CONAMA 20 (8):
- uma apresenta o mesmo padrão-limite (1,2 dicloroetano);
- cinco apresentam padrão mais flexível na Portaria, sendo:
- os padrões para tricloroeteno e tetracloroeteno, na ordem de 2-4 vezes superiores na Portaria
- o padrão para 2,4,6 triclorofenol 20 vezes superior na Portaria, sendo esta substância um produto secundário da ozonização.
- os padrões para benzo-a-pireno e 1,1 dicloroeteno, 20 e 100 vezes superiores na Portaria
- duas apresentam padrão mais rigoroso na Portaria, sendo 0,67 (tetracloroeteno) e 2 (benzeno) vezes inferiores.

Agrotóxicos

- A Portaria 1469 inclui padrão-limite para 25 agrotóxicos, enquanto a Resolução CONAMA, para 21.
- Doze substâncias constam apenas na Portaria 1469, sendo que apenas uma já constava na Portaria 36 (Hexaclorobenzeno); portanto foram incorporadas à Portaria 1469 onze novos agrotóxicos (Alaclor, Atrazina, Bentazona, Endosulfan, Glifosato, Metolacoloro, Molinato, Pendimetalina, Permetrina, Propanil, Simazina)
- Oito substâncias constam apenas na Resolução CONAMA 20, sendo que já não constavam na Portaria 36 (2, 4, 5 – T, 2, 4, 5 – TP, Carbaril, Demeton, Dodecacloro + Nonadoro, Gution, Paration, Toxafeno).
- Das substâncias comuns à Portaria 1469 e Resolução CONAMA 20 (13), apenas uma apresenta padrão mais rigorosos na Portaria 1469, porém bem próximo ao da resolução CONAMA (pentaclorofenol);
- Todas as demais apresentam-se com padrão mais flexível na Portaria, sendo que:
- sete apresentam padrão de 3-10 vezes superior na Portaria:
- quatro apresentam padrão de 150-1.000 vezes superior na Portaria
- Em relação ao organofosforados e carbamatos, a Resolução CONAMA apresenta padrão expresso em paration, enquanto a Portaria 1469 recomenda método semi-quantitativo (% inibição enzimática)

2. Critérios empregados na revisão da Portaria 36/90 □ Portaria 1469/2000

No que se refere aos critérios adotados para a revisão dos parâmetros e padrões de substâncias orgânicas/agrotóxicos (Portaria 36 □ agrotóxicos), destacam-se:

- Análise das evidências epidemiológicas e toxicológicas dos riscos de saúde associados às diversas substâncias
- Potencial tóxico das substâncias químicas que podem estar presentes na água (naturalmente ou por contaminação), levando em consideração a classificação das respectivas substâncias pelo IARC (International Agency for Research on Cancer).

- Possibilidade de obtenção de padrões analíticos e limitação de técnicas analíticas atualmente empregadas.
- Uso das substâncias químicas no tratamento da água (acrilamida – presente em coagulantes), em processos industriais ou em equipamentos e instalações (cloreto de vinila – utilizado na produção de PVC)
- Em relação aos agrotóxicos:
 - Foram incluídos vários princípios ativos baseados na comercialização destes produtos no Brasil e na permissão de seu uso de acordo com o registro no Ministério da Saúde, informações do Ministério do Meio Ambiente e IBAMA. Foram priorizados os produtos que estão entre os 50 mais utilizados, principalmente os herbicidas que significam mais de 60% de todos os agrotóxicos comercializados no país. O glifosato, apesar de não possuir toxicidade elevada, foi incluído como medida cautelar de saúde pública, por apresentar-se como um dos herbicidas mais utilizados no Brasil
 - Alguns inseticidas organoclorados, que não são mais comercializados no país, foram mantidos devido as suas propriedades acumulativas e/ou de elevada persistência no ambiente (Aldrin e Dieldrin, Clordano, DDT, Endrin) .
 - Os inseticidas organofosforados e carbamatos merecem atenção devido à sua importância toxicológica e larga utilização. No entanto, dados os problemas analíticos em sua detecção, foi recomendado o emprego do método semi-quantitativo de determinação de inibição da atividade da enzima acetilcolinesterase.

A adoção de tais critérios (e considerando a obsolescência da Portaria 36/90 face à velocidade da indústria de substâncias químicas/agrotóxicos) resultou na inclusão de 17 novas substâncias/princípios ativos na Portaria 1469.

3. Reflexões sobre a compatibilidade entre a Portaria 1469 (Portaria 36 revisada) e Resolução CONAMA 20 (em revisão).

Tomando como ponto de partida para reflexão os seguintes artigos da Portaria 1469:

Art. 9º Ao(s) responsável(is) pela operação de sistema de abastecimento de água incumbe:

(...)

III. manter avaliação sistemática do sistema de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na ocupação da bacia contribuinte ao manancial, no histórico das características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída;

V. promover, em conjunto com os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, as ações cabíveis para a proteção do manancial de abastecimento e de sua bacia contribuinte, assim como efetuar controle das características das suas águas, nos termos do artigo 19 deste Anexo, notificando imediatamente a autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente;

Art. 19. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas e de soluções alternativas de abastecimento supridos por manancial superficial devem coletar amostras semestrais da água bruta, junto do ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos na legislação vigente de classificação e enquadramento de águas superficiais, avaliando a compatibilidade entre as características da água bruta e o tipo de tratamento existente.

Depreende-se pois que, se hoje fossem aplicadas a Portaria 1469 e a Resolução CONAMA, semestralmente teriam de ser coletadas amostras da água bruta a serem analisadas para os parâmetros listados na Resolução CONAMA:

- 24 substâncias inorgânicas, dentre as quais 11 não apresentam interesse do ponto de vista de risco à saúde humana. Além disso o Antimônio, de interesse quando se trata de água para consumo humano, poderia não ser monitorado.
- 10 substâncias orgânicas, sendo que duas não constam na Portaria 1469 (PCB's e fenóis), porém não seriam analisadas outras cinco (Acrilamida, Cloreto de Vinila, Diclorometano, Estireno, Triclorobenzeno), consideradas relevantes quando se trata de água para consumo humano
- 21 agrotóxicos , sendo que oito não constam na Portaria 1469; por outro lado, não seriam analisadas outras doze substâncias, consideradas relevantes quando se trata de água para consumo humano
- 9 parâmetros de importância organoléptica, sendo que a Portaria 1469 inclui 15.

Em relação às substâncias inorgânicas, uma tese defensável poderia ser a de que o monitoramento "extra" de onze substâncias não seria demais, até porque a exigência é de amostragem semestral e o "espírito" dos artigos acima citados é o de estabelecer a co-responsabilidade dos prestadores de serviço na atenção e cuidados do manancial. De mais a mais, sempre resta a possibilidade de rever planos de amostragem de acordo com o artigo 30 da Portaria 1469:

Art. 30. O responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água pode solicitar à autoridade de saúde pública a alteração na frequência mínima de amostragem de determinados parâmetros estabelecidos nesta Norma.

Por outro lado, caberia sim, considerar a inclusão do Antimônio na Resolução CONAMA.

Em relação às substâncias orgânicas/agrotóxicos, a situação é inversa: a Resolução CONAMA “peca por omissão”. Neste caso, a inclusão ou não de novas substâncias na resolução CONAMA, deve considerar critérios semelhantes ao utilizado quando da revisão da Portaria 36, ou seja: (i) análise da toxicidade das substâncias e dos riscos de saúde/impactos ambientais associados aos múltiplos usos da água; (ii) intensidade de uso das substâncias químicas no país e probabilidade de ocorrência na água.

De toda sorte, vale lembrar a muito provável obsolescência da Resolução CONAMA, datada de 1986, face a agilidade da indústria química. Portanto, uma revisão geral das substâncias orgânicas/agrotóxicos torna-se mesmo indispensável.

Cabe também lembrar que a Lei 9433 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, em seu Art. 1 estabelece que :

(...)

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

Em relação às substâncias que não constam na Portaria 1469, em primeiro lugar caberia “validar” sua manutenção na Resolução pensando-se nos demais usos. De resto, poder-se-ia optar por sua manutenção sob a mesma ótica aludida para as substâncias inorgânicas em “excesso”, ou alternativamente criar-se um parágrafo nos seguintes moldes

- *em relação ao abastecimento para consumo humano devem ser observados os parâmetros e respectivos padrões estabelecidos em legislação específica*

Quanto aos padrões propriamente ditos, e em geral, quando o padrão Resolução for mais rígido que o da Portaria (casos mais freqüentes), não se vislumbra qualquer impasse, pois, em todo caso ,estar-se-ia atento aos objetivos estabelecidos nos artigos 9 e 19 da Portaria: avaliar preventivamente, ou de forma a orientar medidas corretivas, *indícios de risco à saúde e a compatibilidade entre as características da água bruta e o tipo de tratamento existente.*

Quando o quando o padrão Resolução for mais flexível que o da Portaria, caberia uma observação à exemplo do artigo sugerido acima, ou simplesmente adotar na Resolução o padrão Portaria, partindo-se do pressuposto da remoção zero em processos convencionais de tratamento de água. .

4. Considerações finais

Finalmente há que se considerar uma tese, também defensável, de que não faz sentido estabelecer padrões-limite na água bruta destinada ao abastecimento para consumo humano, em conjunto com outros usos possíveis, pois estar-se-ia ferindo o conceito de tratabilidade da água. Se for este um entendimento a ser considerado, caberia um artigo genérico, tal como;

- No caso de abastecimento para consumo humano devem ser observadas as normas específicas da ABNT relativas ao tratamento de água e a legislação vigente sobre potabilidade da água.

Autor:

Rafael K. X. Bastos

Universidade Federal de Viçosa

Departamento de Engenharia Civil

E. mail: rkxb@ufv.br

Telefone: (31) 38992826

Introdução

Foram consultados os documentos EPA Water Quality Criteria de Nov de 1980 e o de Nov 2002 (EPA-822-R-02-047) anexo e também observar o novíssimo WHO Guidelines for Drinking-water Quality (2003) http://www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Updating/3rdedition.htm, versus Portaria n.º 1469 e buscando as tendências de aumento de rigor ou relaxamento consegui chegar às sugestões abaixo para águas classe 1. Estabeleci também as razões de sensibilidade para os ambientes doce versus salino para metais que poderia subsidiar os valores para águas salinas (classe 5):

- Ag, Se, e PCB's: Organismos toleram concentrações 2 vezes maiores em águas salinas.
- CrIII: Organismos toleram concentrações 3 vezes maiores em águas salinas.
- Pb: Organismos toleram concentrações 4 vezes maiores em águas salinas.
- CrVI: Organismos toleram concentrações 10 (5 a 20) vezes maiores em águas salinas.
- Cd; Organismos toleram concentrações 20 vezes maiores em águas salinas.
- Zn e Cu ; Organismos toleram concentrações 1,5 e 2 vezes maiores em águas doces.
- As: Organismos toleram concentrações 4,5 vezes maiores em águas doces.
- Ni: Organismos toleram concentrações 7 vezes maiores em águas doces

Poderia fazer o mesmo para alguns orgânicos, mas preciso mais uns dias.

Quanto a padrões de lançamento creio que o Marcos está mais apto a responder.

Desculpe o atraso e estar incompleto mas é um trabalho complicado.

Autor: Olaf Malm

Universidade Federal do Rio de Janeiro

e-mail: olaf@biof.ufrj.br

Telefone: (021) 216496650

Parâmetro	Unidade	Padrão para corpo d'água classe				Padrão de lançamento
		1	2	3	4	
pH	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6 a 9	6,0 a 9
Substâncias potencialmente prejudiciais						
Alumínio	mgAl/l	0,1				
Arsênio	mgAs/l	0,05				
Bário	mgBa/l	1,0				
Berílio	mgBe/l	0,1				
Boro	mgB/l	0,75				
Cádmio	mgCd/l	0,001				
Cianetos	mgCN/l	0,01				
Chumbo	mgPb/l	0,003 0,03				
Cobalto	mgCo/l	0,2				
Cobre	mgCu/l	0,01 0,02				
Cromo VI	mgCr/l	0,01 0,05				

Cromo III	mgCr/l	0,08 0,5				
Estanho	mgSn/l	2,0				
Índice de fenóis	mgC ₆ H ₅ OH/l	0,001				
Ferro solúvel	mgFe/l	0,3				
Fluoretos	mgF/l	1,4				
Lítio	mgLi/l	2,5				
Manganês	mgMn/l	0,1				
Mercurio	mgHg/l	0,0002				
Níquel	mgNi/l	0,05 0,025				
Prata	mgAg/l	0,01				
Selênio	mgSe/l	0,005 0,01				
Urânio total	mgU/l	0,02				
Vanádio	mgV/l	0,1				
Zinco	mgZn/l	0,12 0,18				
1,1 dicloroetano	□g/l	0,3				
1,2 dicloroetano	□g/l	0,4 10				
2,4,6 triclorofenol	□g/l	10				
Benzeno	□g/l	5 10				
Benzo-a-pireno	□g/l	0,005 0,01				
Bifenilas policloradas (PCB'S)	□g/l	0,0001 0,001				
Cianetos	□g/l	0,005 0,01 CN				
Índice de fenóis	□g/l	1 C ₆ H ₅ OH				
Pentaclorofenol	□g/l	10				
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	mg/l	0,5 LAS				
Sulfactantes	mg/L	0,5				
Tetracloro de carbono	□g/l	3				
Tetracloroetano	□g/l	10				
Tricloroetano:	□g/l	30				
Agrotóxicos	□g/l					
2, 4, 5 – T	□g/l	2				
2, 4, 5 – TP	□g/l	10				
2,4 - D	□g/l	4				
Aldrin	□g/l	0,056 0,01				
Atrazina	□g/l					
Carbaril	□g/l	0,02				
Clordano	□g/l	0,004 0,04				
Compostos organofosforados e carbamatos totais	□g/l	10 em Paration				
DDT	□g/l	0,001 0,002				
Demeton	□g/l	0,1				
Dieldrin	□g/l	0,056 0,005				
Dodecacloro + Nonadono	□g/l	0,001				
Endossulfan	□g/l	0,056				
Endrin	□g/l	0,04 0,004				
Fluoridone	□g/l					
Glifosato	□g/l					
Gution	□g/l	0,005				
Heptacloro epóxido	□g/l	0,004 0,01				
Heptacloro	□g/l	0,004 0,01				
Lindano (□-BHC)	□g/l	0,02				
Metoxicloro	□g/l	0,03				
Paration	□g/l	0,04				
Toxafeno	□g/l	0,01				
Trifuralina	□g/l					

Introdução

Segue a classificação das águas doces em função dos usos preponderantes. Valores máximos aceitáveis.

Uso		Clorofila-a (µg/L)	Densidade de cianobactérias (cel./mL)	Fósforo total (µg/L)	Nitrogênio total (µg/L)
Abastecimento para consumo humano	após tratamento simplificado	5	10.000	30	650
	após tratamento convencional				
30	100.000	100	1200	após tratamento avançado	60
	1.000.000	150	1800		
Preserv. equil. natural das comum. aquáticas		10	20.000	60	1000
Preserv. equil. natural em unidades de conserv. de		10	20.000	60	1000
Proteção de comunidades aquáticas		30	100.000	100	1200
Recreação de contato primário		30	50.000*	100	1200
Irrigação	parques jardins, etc.	30	50.000*	100	1200
	hortaliças consumidas cruas, etc.	30	50.000*	100	1200
	hortaliças plantas frutíferas, etc	60	1.000.000	150	1800
Criação natural e/ou intensiva de espécies (aquicultura)		30	100.000	100	1200
Atividades de pesca artesanal		30	100.000	100	1200
Dessedentação animal	criação intensiva após tratamento simplificado	10	20.000	60	1000
	criação extensiva	30	50.000	100	1200
Navegação		>60	>1000.000	>150	>1800
Harmonia Paisagística		60	1.000.000	150	1800
Recreação de contato secundário		60	1.000.000	150	1800
Usos menos exigentes		>60	>1000.000	>150	>1800

OBS.:

1. Após minuciosa revisão dos dados de mais de 100 ecossistemas aquáticos brasileiros/ano e também da literatura internacional, não foi possível estabelecer limites máximos para nitrato e amônio (NH_4^+). Não observamos nenhuma forte correlação entre as concentrações destes nutrientes com os demais nutrientes indicadores de eutrofização (fósforo total e nitrogênio total) assim como com concentrações de clorofila-a e densidade de cianobactérias. Portanto, à luz do conhecimento atual, não há condições de se estabelecer limites para esses nutrientes para os diferentes usos dos ecossistemas aquáticos. Cabe ressaltar que os principais trabalhos internacionais que classificam as águas quanto ao estado trófico também não inserem valores de nitrato e amônio (Nürnberg, 1996; Salas e Martino, 1991; Vollenweider & Kerekes 1982 (última versão da OECD).

2. Sugerimos valores máximos de cianobactérias de 50.000cel./mL para as condições: recreação de contato primário, irrigação de parques e jardins; campos de esporte e lazer com os quais o público possa vir a ter contato direto; irrigação de hortaliças consumidas cruas e dessedentação animal em criação extensiva, porque já há suficiente informações que demonstram que: a) no caso de contato primário, onde pode ocorrer entrada de cianobactérias também por vias respiratórias, o efeito de suas toxinas é mais pronunciado que apenas por ingestão oral; b) já foi também demonstrado efeitos bastante deletérios para hortaliças irrigadas com água contaminada com cianobactérias tóxicas assim como a possível acumulação de toxinas nas células desses vegetais que serão consumidos crus; c) para a dessedentação de animais, mesmo em criação extensiva deve-se considerar os mesmo níveis de risco para mamíferos em geral.

3. Não há condições de se estabelecer limites para os usos de navegação e outros usos menos exigentes, pois essas atividades podem ser exercidas em ambientes hipereutróficos e não há nenhum dado na literatura que estabeleça limites máximos aceitáveis para esse grau de trofia.

Autores:**Sandra Azevedo**

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho

E-mail: sazevedo@biof.ufrj.br

Fone: (021) 2562664

Vera Huszar

Universidade Federal do Rio de Janeiro- Museu Nacional

E-mail: vhuszar@gbl.com.br

Fone (021) 25688262

REVISÃO DA RESOLUÇÃO CONAMA 20/86

PROPOSTAS DA FUNASA E DO GRUPO DE TRABALHO DO CONAMA

Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes – atual Resolução CONAMA 20/86

Uso	Classe								
	Doces				Salinas		Salobras		
	Espe- cial	1	2	3	4	5	6	7	8
Abastecimento doméstico	X (a)	X (b)	X (c)	X (c)					
Preserv. equil. natural das comun. aquáticas	X								
Proteção das comunidades aquáticas		X	X			X		X	
Recreação de contato primário		X	X			X		X	
Irrigação		X (d)	X (e)	X (f)					
Criação natural e/ou intensiva de espécies (aquicultura)		X	X			X		X	
Dessedentação de animais				X					
Navegação					X	X (g)			X (g)
Harmonia paisagística				X		X			X
Recreação de contato secundário						X			X
Usos menos exigentes				X					

a. sem prévia ou com simples desinfecção;

b. após tratamento simplificado;

c. após tratamento convencional;

d. hortaliças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;

e. hortaliças e plantas frutíferas;

f. culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras

g. navegação comercial

Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes – Propostas Grupo FUNASA

Uso	Classe	Doces				Salinas		Salobras				
		Especial	1	2	3	4	Especial	5	6	Especial	7	8
			(a)	(b)	(c)	(b)		(c)	(c)			
Abastecimento para consumo humano	X (a)	X (a)	X (b)	X (c)		X (c)		X (c)				
Preserv. equil. natural das comun. aquáticas	X					X		X				
Preserv. equil. natural em unidades de conserv.	X					X		X				
Proteção das comunidades aquáticas		X	X				X			X		
Recreação de contato primário		X	X				X			X		
Irrigação		X (d)	X (e)	X (f)								
Criação natural e/ou intensiva de espécies (aquicultura)			X				X			X		
Atividades de pesca artesanal			X									
Dessedentação de animais	X	X (g)	X (h)									
Navegação					X			X				X
Harmonia paisagística					X			X				X
Recreação de contato secundário				X				X				X
Usos menos exigentes					X							

a. após tratamento simplificado;

b. após tratamento convencional;

c. após tratamento avançado

d. parques e jardins, campos de esporte e lazer com os quais o público possa vir a ter contato direto

e. hortaliças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;

f. à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas à exceção das especificadas na classe 2, de culturas arbóreas, cerealíferas, forrageiras;

g. em criação intensiva após tratamento simplificado

h. em criação extensiva

PARÂMETROS DE INTERESSE PARA ESGOTOS SANITÁRIOS (atual Resolução CONAMA 20/86)

A tabela apresenta apenas os parâmetros de interesse direto para o caso de esgotos sanitários

Categoria	Parâmetro	Unidade	Águas doces				Águas salinas		Águas salobras		
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Físicos	Cor	mgPt-Co/l	nível natur.	75	75	-		-	-	-	
	Turbidez	UNT	40	100	100	-		-	-	-	
	Sólidos dissolvidos totais	mg/l	500	500	500	-		-	-	-	
Biológicos	Coliformes totais	org/100ml	1000	5000	20000	-		5000	20000	5000	20000
	Coliformes termotolerantes	org/100ml	200	1000	4000	-		1000	4000	1000	4000
Químicos	DBO ₅	mg/l	3	5	10	-		5	10	5	-
	OD	mg/l	□6	□5	□4	□2		□6	4	□5	□3
	pH	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6 a 9		6,5 a 8,5	a 6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	a 5 a 9
Subst.pot..prejud.	Amônia livre	mgNH ₃ /l	0,02	0,02	-	-		0,4	-	-	-
	Amônia total	mgN/l	-	-	1,0	-		-	-	0,4	-
	Nitrato	mgN/l	10	10	10	-		10	-	-	-
	Nitrito	mgN/l	1,0	1,0	1,0	-		1,0	-	-	-
	Fosfato total	mgP/l	0,025	0,025	0,025	-		-	-	-	-
	Sulfatos	mgSO ₄ /l	250	250	250	-		-	-	-	-
	Sulfetos (H ₂ S não dissoc.)	mgS/l	0,002	0,002	0,3	-		0,002	-	0,002	-
Sulfitos	mgSO ₃ /l	-	-	-	-		-	-	-	-	
	Cloro residual	mgCl/l	0,01	0,01	-	-		0,01	-	-	-

PARÂMETROS DE INTERESSE PARA ESGOTOS SANITÁRIOS (Propostas Grupo FUNASA)

Categoria	Parâmetro	Unidade	Águas doces				Águas salinas		Águas salobras	
			1	2	3	4	5	6	7	8
Físicos	Cor Turbidez Sólidos dissolvidos totais	mgPt-Co/l UNT mg/l								
Biológicos	<i>E. coli</i> ou colif. termotol.	org/100ml	200 (b)	1000 (b)	10.000	-	(b)	?	(b)	?
	Clorofila a (a)	µg/l	10	30	60	-	-	-	-	-
	Densid. de cianobactérias	células/mL	20000	100.000	1.000.000	-	-	-	-	-
Químicos	DBO ₅	mg/l	3	5	10	-	5	10	5	-
	OD	mg/l	□6	□5	□4	□2	□6	□4	□5	□3
	pH	-								
Subst.potenc..prejud.	Amônia livre	mgNH ₃ /l								
	Amônia total	mgN/l								
	Nitrato	mgN/l	10	10	10	-	10	-	-	-
	Nitrito	mgN/l	1,0	1,0	1,0	-	1,0	-	-	-
	Nitrogênio total (a)	mgN/l	1,0	1,2	1,8	-	-	-	-	-
	Fósforo total (a)	mgP/l	0,06	0,10	0,15	-	-	-	-	-
Sulfatos	mgSO ₄ /l									
Sulfetos (H ₂ S não dissoc.)	mgS/l									
Sulfitos	mgSO ₃ /l									
	Cloro residual	mgCl/l								

a. Duas propostas: (i) valor incluído nos padrões, permitindo flexibilização caso o corpo d'água não seja sensível a problemas de eutrofização ou (ii) incluir apenas caso o corpo d'água seja sensível a eutrofização. A segunda proposta resolve os problemas de incompatibilidade entre N total e nitratos (cujo valor, de 10 mg/l, é superior ao valor proposto para N total). Os valores foram propostos pela Sandra Azevedo, e não foram ainda discutidos pelo grupo.

b. Para recreação de contato primário, observar a legislação vigente para balneabilidade

Valores não preenchidos: não foram ainda analisados

Valores em vermelho: novos parâmetros, , ou valores alterados, comparados com a atual Resolução CONAMA 20/86

- (valores com o símbolo " - "): não há valor limite

Tabela 8 – Critérios e padrões microbiológicos para frutas e hortaliças

Grupo de Alimentos	Microrganismo	Tolerância Amostra	Tolerância para Amostra Representativa			
			n	c	m	M
1 – FRUTAS, PRODUTOS DE FRUTAS e SIMILARES						
a) frescas, "in natura", inteiras, selecionadas ou não	Coliformes a 45°C/g	5 x 10 ²	5	2	2 x 10 ²	2 x 10 ³
	<i>Salmonella sp</i> /25 g	ausente	5	0	ausente	-
b) frescas, "in natura", preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto	Coliformes a 45°C/g	10 ²	5	2	10 ²	5 x 10 ²
	<i>Salmonella sp</i> /25 g	ausente	5	0	ausente	-
2 – HORTALIÇAS, LEGUMES E SIMILARES, INCLUINDO COGUMELOS (FUNGOS COMESTÍVEIS)						
a) frescas, "in natura", inteiras, selecionadas ou não, com exceção de cogumelos	Coliformes a 45°C/g	10 ³	5	2	10 ³	5 x 10 ³
	<i>Salmonella sp</i> /25 g	ausente	5	0	ausente	-
b) frescas, "in natura", preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, com exceção de cogumelos	Coliformes a 45°C/g	5 x 10	5	2	10	10 ²
	<i>Salmonella sp</i> /g	ausente	5	0	ausente	-
c) cogumelos (fungos comestíveis) "in natura"	Coliformes a 45°C/g	5 x 10 ²	5	2	5 x 10 ²	2 x 10 ³
	Estaf. Coag. positiva/g	5 x 10 ²	5	2	5 x 10 ²	10 ³
	<i>Salmonella sp</i> /25 g		5	0		

ausente - ausente -

3 – RAÍZES, TUBÉRCULOS E SIMILARES

a) frescas, "in natura", preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas)	Coliformes a 45°C/g	5 x 10 ²	5	2	10 ²	10 ³
sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto	<i>Salmonella sp</i> /25 g	ausente	5	0	ausente	-

Fonte: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1999).

Autor: Marcos von Sperling

Universidade federal de Minas Gerais

e-Mail: marcos@desa.ufmg.br

Fone: (31) 32381935

Planilha dos elementos químicos relacionados à revisão da Resolução CONAMA nº 20/86 e o tipo e grau de remoção no tratamento de água

Elemento químico	Limite nas águas		Referência	Tratamento (% remoção)		Método de análise	Referência	
	Naturais	Tratada		Convencional	Avançado			
Arsênio	-	Águas superficiais, até 0,002 mg/l, em águas subterrâneas pode exceder a 0,1 mg/l	< 0,01 mg/l - Portaria 1469	Standard Methods	Uso de sulfato férrico ou sulfato de alumínio, com abrandamento por cal (70% no limite até 0,5 mg/l)	Osmose reversa -100% ou troca iônica-100%	Absorção atômica	Canadian Guidelines
Bário	-	-	< 0,7 mg/l - Portaria 1469	-	Abrandamento por cal-90% (SM)	Osmose reversa acima de 90% e troca iônica 98% até o limite de 7mg/l (CG)	Absorção atômica	Standard Methods e Canadian Guidelines
Boro	-	Acima de 0,5 mg/l em águas superficiais	< 1,0 mg/l	Guia OMS	-	Troca iônica 100%	Espectrometria de massa	Canadian Guidelines e Di Bernardo
Cádmio	-	-	< 0,005 mg/l - Portaria 1469	-	Abrandamento por cal 98% no pH de 8,5 a 11 até o limite de 0,03 mg/l. Coagulação por sulfato férrico 90% em pH acima de 8.	Troca iônica 99% e osmose reversa 90%	Absorção atômica	Canadian Guidelines
Cianeto	-	Abaixo de 0,01mg/l em águas superficiais	<0,07 mg/l- Portaria 1469	CG	Oxidação por cloro 90%	Ozonização -100%, troca iônica e osmose reversa acima de 90%.	Eletrométrico seletivo, colorimetria até 0,02mg/l e Absorção atômica até 0,0005mg/l	Standard Methods e Canadian Guidelines
Chumbo	-	-	<0,01 mg/l - Portaria 1469	-	abrandamento por cal 70% com pH acima de 8	Osmose reversa (70 a 100%), troca iônica usando resina positiva	Espectrometria por absorção atômica, limite de identificação até 0,001mg/l	Standard Methods e Canadian Guidelines
Cobalto	-	<0,1 mg/l p/água de irrigação FAO/ONU	-	Standard Methods	?	?	Espectrometria por absorção atômica por chama.	Standard Methods
Cobre	-	Abaixo de 0,005 mg/l	< 2,0mg/l portaria 1469 e < 4,0 mg/l - e GUIA OMS	Guia OMS	Tratamento convencional completo-50%	Abrandamento, osmose reversa e destilação	Absorção atômica no limite 0,001mg/l e espectrometria de massa	Canadian Guidelines
Cromo trivalente	-	existe na água natural e pouco encontrado em redes de água potável- 0,1 mg/l água de irrigação FAO/ONU-	-	Standard methods	Coagulação por sulfato de alumínio 90% no pH de 7,5 a 8,5, usando coagulação com sulfato férrico - 90% no pH de 6,5 a 9,3 até o limite de 0,15mg/l. Abrandamento 90% em pH acima de 10,5 (Obs 1)	Troca iônica e osmose reversa	Absorção atômica e Método colorimétrico	Canadian Guidelines
Cromo hexavalente	-	?	<0,05 mg/l Portaria 1469 e <0,16 mg/l e GUIA OMS	Guia OMS	Sulfato férrico 95% no pH de 7 a 9.	Troca iônica e osmose reversa	Método colorimétrico	Di Bernardo
Estanho	-	0,0001 mg/l em águas superficiais e até 0,1 mg/l águas	Não existe restrição ao consumo – GUIA OMS	Guia OMS	-	-	Absorção atômica	Standard Methods

	subterrâneas (Standard Methods)-						
Fluoretos	< 10 mg/l em águas subterrâneas.	< 1,5mg/l – Portaria 1469	Guia OMS	-	Troca iônica - 70% ou osmose-reversa - 70%	Eletrométrico ou colorimétrico	Standard Methods
Lítio	<0,003 mg/l águas superficiais, <0,1 mg/l águas subterrâneas e limite 2,5 mg/l águas de irrigação - FAO/ONU - Standard Methods	?	Standard Methods	Não existe informação sobre tipo de tratamento indicado	Não existe informação sobre tipo de tratamento indicado	Método de fotometria chama	Standard Methods
Níquel	<0,002 mg/l –águas superficiais e <0,1mg/l águas subterrânea	<0,02 mg/l -critério sanitário devido a problemas para sensibilidade pessoal (GUIA OMS), 0,1 mg/l MCL - água potável EPA/USA	Standard Methods	Tratamento convencional completo - 50%	?	Espectrometria por absorção atômica	Standard Methods
Fosfato	0,01 a 1,0 mg/l águas subterrâneas, em condições usuais não causa problemas tóxicos.	-	www.lafacu.com/universidades	-	-	Colorimétrico	Standard Methods
Mercurio	0,001 mg/l - Águas superficiais e 0,0005 a 0,001 mg/l - Águas subterrâneas naturais (Standard Methods)	0,001 mg/l água potável (GUIA OMS) e Portaria 1496 e 0,002 mg/l água potável EPA/USA	Standard Methods e Guia OMS	Coagulação por sulfato férrico 97% pH 8 para mercúrio inorgânico e 40% para mercúrio orgânico. Abrandamento 80% no pH de 10,7 a 11,4, para mercúrio inorgânico	Carvão ativado 95% para mercúrio orgânico e inorgânico, troca iônica 98% e osmose reversa 80%.	Absorção atômica	Canadian Guidelines
Nitrato	Águas subterrâneas	Até 45mg/l	Canadian Guidelines	Não tem	Troca iônica 70% ou Osmose Reversa 50%	Método colorimétrico ou cromatografia	Standard Methods e Canadian Guidelines
Nitrito	Pouco encontrado em águas naturais	Até 3,2 mg/l	Canadian Guidelines	Oxidação transformando nitrito em nitrato seguida por tratamento avançado para remoção do nitrato	Troca iônica 70% ou Osmose reversa	Método colorimétrico	Guia OMS
Prata	Não existe águas superficiais < 0,0003 mg/l, águas subterrâneas < 0,0001 mg/l.	0,00023 mg/l água potável EPA(USA) - Standard Methods Sem critério sanitário para presença na água potável -GUIA OMS	Standard Methods e Guia OMS	completo e abrandamento- 50 %	Carvão ativado-25%, troca iônica 95%	Absorção atômica	Standard Methods e Di Bernardo
Selênio	não existe em águas superficiais, < 0,0002 mg/l, águas subterrâneas < 0,0001 mg/l	0,005 mg/l água potável MCL e 0,002 mg/l águas de irrigação EPA(USA) - Standard Methods- 0,01 mg/l presença na água potável GUIA OMS	Standard Methods e Guia OMS	Coagulação com sulfato férrico 85% redução no pH de 5,5 e abrandamento, 45% de remoção com pH 11,5	Troca iônica 97% com limite de 0,1mg/l	Absorção atômica	Standard Methods e Canadian Guidelines
Urânio	0,14 mg/l limite urânio natural na água potável (GUIA OMS)	< 0,02 mg/l (Canadian Guidelines)	Canadian Guidelines e Guia OMS	Completo 25% e abrandamento por cal 50%	Troca iônica 90%	Espectrometria de massa	Standard Methods
Vanádio	Águas superficiais <0,0009 e águas subterrâneas <0,1 mg/l e águas irrigação <0,1 mg/l EPA (USA) - Standard Methods	?	Standard Methods	-	-	Absorção atômica	Standard Methods

Obs: Não se deve fazer pré cloração em águas com presença de cromo trivalente, sob o risco do mesmo se tornar cromo hexavalente que é tóxico.

REFERÊNCIAS:

Standard Methods(SM)-

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*.20. ed. Washington: American Public Health Association,1998.

Guia OMS.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DA SAÚDE. *Guia para la calidad Del água potable*. V.1.Washington: OPAS,1985.136 p[Publ. Cient. 481].

Canadian Guideline.

DEPARTMENT OF NATIONAL HEALTH AND WELFARE. *Guidelines For Canadian Drinking Water Quality*, 6. ed. Ottawa: 1996,90 p

DI BERNARD

DI BERNARD, LUIZ. *Métodos e Técnicas de tratamento de água*. V. I e II.Rio de Janeiro: ABES, 1993.

Portaria 1469

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Norma de Qualidade da Água para consumo humano*. Brasília: FUNASA, 2000. [Portaria GM nº1469 de 29/12/2000].

Autor: Luiz Gomes Ferreira Júnior

Fundação Nacional de Saúde

Coordenação Regional de Saúde do Rio Janeiro

E-mail: usanebsj@alternativa.com.br

ANEXOS

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE HORTALIÇAS IRRIGADAS COM ESGOTOS SANITÁRIOS

Rafael K. X. Bastos (*)

Engenheiro Civil (UFJF), Especialização em Engenharia de Saúde Pública
(ENSP/FIOCRUZ), Ph.D. em Engenharia Sanitária (University of Leeds),
Professor Adjunto - Departamento de Engenharia Civil,
Universidade Federal de Viçosa (UFV), Chefe da Divisão de Água e Esgotos da UFV
Júlio César I. Neves

Universidade Federal de Viçosa-MG, Brasil

Paula D. Bevilacqua

Universidade Federal de Viçosa-MG, Brasil

Carolina V. Silva

Universidade Federal de Viçosa-MG, Brasil

Geisla R.M. Carvalho

Universidade Federal de Viçosa-MG, Brasil

(*) Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Civil, 36571-000, Viçosa - MG. Fone/Fax: (0XX31) 3899-2356. e-mail: rkxb@ufv.br

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido na unidade experimental de tratamento e utilização agrícola de águas residuárias da Universidade Federal de Viçosa, situada no bairro Viçosa, na cidade de Viçosa, Estado de Minas Gerais, Brasil. Os efluentes de três lagoas de estabilização em escala piloto foram utilizados para a irrigação de alfaces. A qualidade bacteriológica dos efluentes das três lagoas em série foi de: $2,1 \times 10^5$ *E.coli*/100mL, $2,9 \times 10^3$ *E.coli*/100mL e $1,6 \times 10^1$ *E.coli*/100mL (média geométrica) *Salmonellae sp.*, ovos de helmintos e cistos de protozoários, apresentaram-se em baixas densidades e, ou, de forma errática no esgoto bruto e no efluente do reator, mas estiveram sistematicamente ausentes já no efluente da primeira lagoa. Alfaces irrigadas com os referidos efluentes, revelaram densidades bacterianas da ordem de, respectivamente, $3,3 \times 10^3$ *E.coli*/g, $2,8 \times 10^2$ *E.coli*/g e não detectáveis à 3,0. A irrigação com o efluente da terceira lagoa resultou em alfaces de qualidade bacteriológica similar à do controle (alfaces irrigadas com água), superior à de alfaces regularmente comercializadas na feira livre local e plenamente aceitável pelos critérios da legislação brasileira; a irrigação com o efluente da segunda lagoa, com qualidade bacteriológica ligeiramente inferior à preconizada pela OMS para a irrigação irrestrita, resultou em alfaces de qualidade bem próxima à aceitável. Os resultados sugerem a plena possibilidade de produção de hortaliças de acordo com os padrões sanitários nacionais e internacionais e, em termos de riscos potenciais de saúde, contribuem para corroborar as recomendações da OMS para irrigação irrestrita.

Palavras Chave: Águas residuárias; irrigação; contaminação de hortaliças.

INTRODUÇÃO

Um dos aspectos mais relevantes da utilização de esgotos com fins produtivos, o de saúde pública, constitui ainda objeto de controvérsias no seio da comunidade técnico-científica internacional, persistindo polêmicas em relação aos riscos admissíveis e, por conseguinte, quanto à qualidade dos efluentes, necessária e suficiente para a garantia da proteção à saúde. O consenso vai somente até o reconhecimento de que a irrigação com águas residuárias sem tratamento apresenta riscos reais de transmissão de doenças e que qualquer prática de irrigação com esgotos envolve algum risco de saúde pública. Entretanto, persistem polêmicas quanto aos níveis de riscos admissíveis e, por conseguinte, quanto ao grau de tratamento e a qualidade dos efluentes necessários e suficientes para a garantia da segurança sanitária (ROSE et al., 1989; ASANO et al., 1992; HESPANHOL & PROST, 1993)

De um lado, encontram-se as normas e padrões que preconizam a utilização de efluentes para a irrigação irrestrita com qualidade microbiológica próxima dos padrões de potabilidade de água, ou seja, a, a virtual ausência de indicadores e patogênicos, incluindo vírus e protozoários (ASANO, et al., 1992; USEPA, 1992). Em geral estão baseados nos primeiros critérios da Califórnia (1969) e encontram-se justificados na teoria que se convencionou chamar de “risco nulo” (SHUVAL, 1987).

Os critérios sugeridos pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 1989), foram desenvolvidos a partir de modelos teóricos e evidências epidemiológicas, além das informações disponíveis sobre a eficiência de remoção de patógenos, principalmente por meio de lagoas de estabilização. Com base nesta abordagem, os riscos de transmissão de doenças associados à irrigação com esgotos sanitários foram assim categorizados, de acordo com os respectivos agentes etiológicos: (i) alto risco - helmintos; (ii) médio - bactérias e protozoários; (iii) baixo - vírus. Por conseguinte, as recomendações da OMS restringiram-se à sugestão de padrões bacteriológicos e parasitológicos, respectivamente, para irrigação irrestrita, de 10^3 CF/100 mL e 1 ovo de helmintos /L. Em outro extremo, encontram-se abordagens bem mais restritivas, usualmente derivadas de padrões americanos, que estabelecem, para a irrigação irrestrita, a virtual ausência de indicadores e patogênicos, incluindo vírus e protozoários (ASANO, et al., 1992; USEPA, 1992)

Desde sua publicação, ambos têm servido de referência e sido adotados como normas em diversos países, seja como meras cópias, seja adaptados à particularidades locais (SHUVAL, 1987; HESPANHOL & PROST, 1993; BLUMENTHAL et al, 2000). Salvo exceções, observa-se que a maioria dos países em desenvolvimento tendem a adotar o “padrão OMS”, por vezes, pragmaticamente enfatizando a restrição de cultivos em lugar do estabelecimento de padrões explícitos de qualidade microbiológica. Entretanto, a fácil violação de tais recomendações tem sido apontada como uma fragilidade deste tipo de abordagem. Em contrapartida, países industrializados ou com maior disponibilidade de recursos financeiros tendem a seguir o “padrão Califórnia”, as vezes tornando-o ainda mais exigente, pela inclusão explícita de limites para outros organismos patogênicos (vírus, *Giardia*, etc), ou pela restrição de cultivos aliada à padrões microbiológicos rigorosos. Em algumas normas, o cultivo de hortaliças é expressamente proibido, em qualquer hipótese.

Diversos estudos vêm sendo conduzidos no sentido da avaliação das recomendações da OMS, desde o ponto de vista de riscos potenciais e reais à saúde (AYRES et al., 1992; BASTOS & MARA, 1995; BLUMENTHAL et al, 1992; 1996). O estado da arte do conhecimento sobre os riscos de saúde associados à utilização de esgotos sanitários para irrigação, sugere as seguintes observações em relação às recomendações originais da OMS: (i) validação do padrão bacteriológico (10^3 CF/100 mL) para irrigação irrestrita; (ii) a propriedade do estabelecimento de um padrão parasitológico mais exigente ($\leq 0,1$ ovo de helmintos /L) para a irrigação irrestrita; (iii) a propriedade do estabelecimento de um padrão bacteriológico ($\leq 10^4$ CF/100 mL) para a irrigação restrita; (iii) a confirmação da inexistência de justificativas epidemiológicas para o estabelecimento de um padrão explícito para vírus; (iv) a persistência de dúvidas em relação à necessidade de um padrão explícito para protozoários. (BLUMENTHAL, et al, 2000).

Padrões de qualidade microbiológica de efluentes para irrigação só estarão revestidos de credibilidade definitiva, após exaustivas demonstrações de sua suficiência como medida de proteção da saúde. Torna-se, assim, necessário testar sua validade sob diferentes condições, tais como: clima, culturas irrigadas, métodos de irrigação e qualidade de efluentes. Evidências conclusivas de transmissão de doenças (riscos reais de saúde) apenas podem ser obtidas por meio de complexos estudos epidemiológicos e, assim sendo, a avaliação de riscos potenciais (ex.: qualidade de produtos irrigados) não deixa de representar uma ferramenta valiosa (ROSE, 1986).

Embora os registros sobre utilização agrícola de esgotos sanitários no país sejam escassos, as estatísticas de tratamento de esgotos e informações sobre a qualidade de hortaliças comercializadas em diversas regiões, sugerem que seja esta uma prática disseminada, ao menos de forma indireta. Por outro lado, são ainda mais escassas as informações locais sobre a qualidade sanitária de produtos agrícolas irrigados com esgotos sanitários. Pretende-se, pois, neste projeto, contribuir para a discussão em torno do padrão de qualidade de efluentes para irrigação, necessário e suficiente para a devida proteção à saúde e adequado à realidade nacional.

DESCRIÇÃO DA UNIDADE EXPERIMENTAL

A ETE experimental é constituída por um reator anaeróbio em escala real, pré-fabricado em aço, seguido de uma série de três lagoas de estabilização em escala piloto, pré-fabricadas em fibra de vidro, com TDH de 9,0 dias cada. Os efluentes de cada lagoa foram utilizados como água de irrigação de alfaces, de acordo com o seguinte delineamento experimental: T1- parcelas irrigadas com efluente da primeira lagoa (L1); T2 - parcelas irrigadas com efluente da segunda lagoa (L2); T3- parcelas irrigadas com efluente da terceira lagoa (L3); T4- parcelas irrigadas com água de poço e comprovadamente isenta de contaminação (controle). Cada tratamento (T) recebeu quatro repetições, distribuídas aleatoriamente em quatro blocos (B), perfazendo 16 parcelas de irrigação de $2,88\text{m}^2$ ($1,2 \times 2,4$ m) com 36 plantas cada. A irrigação foi realizada com regadores manuais, simulando, do ponto de vista do contato água de irrigação-planta e do potencial contaminação, o método mais desfavorável - irrigação por aspersão.

COLETA DE AMOSTRAS E ANÁLISES LABORATORIAIS

AMOSTRAS DE HORTALIÇAS.

Amostras compostas por tratamento - folhas de alfaces retiradas aleatoriamente de cada pé - foram coletadas em 12 eventos de amostragem mais próximos da época de colheita. Para efeito de comparação, alfaces comercializadas na feira livre de Viçosa foram regularmente analisadas durante o período do experimento

Subamostras de 25 g eram diluídas por enxaguadura (agitação manual) em 225 mL de água destilada esterilizada, a partir do que eram preparadas séries de diluição para a análise de coliformes, utilizando o método cromogênico (Colilert[®] e, ou, Fluorocult[®]). A pesquisa de *Salmonella* obedeceu ao seguinte protocolo: pré-enriquecimento, enriquecimento seletivo, plaqueamento diferencial, confirmação de colônias típicas em testes bioquímicos e testes sorológicos somático e flagelar polivalente (VANDERZANT & SPLITTSTOESSER, 1992, ICMSF, 1974). Para a análise parasitológica, eram realizadas duas lavagens: a primeira por enxaguadura em 500 mL de água destilada e na segunda, cada folha era esfregada com um pincel chato nº 16 em um recipiente de vidro com 500 mL de água destilada. As águas de lavagem eram deixadas em repouso em cálice cônico por 24 horas, após filtragem em gaze de oito dobras. O sedimento obtido era então analisado ao microscópio por exame direto após centrifugação-flotação em sulfato de zinco. (OLIVEIRA & GERMANO, 1992).

AMOSTRAS DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS.

Essencialmente, as análises bacteriológicas seguiram as prescrições do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1999). A pesquisa de coliformes foi realizada utilizando o método cromogênico (Colilert[®] e, ou, Fluorocult[®]). A pesquisa de *Salmonella* seguiu basicamente o protocolo descrito para a análise de hortaliças. As análises parasitológicas foram realizadas com o emprego do método de Bailenger modificado (AYRES & MARA, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os resultados resumidos do monitoramento bacteriológico do esgoto sanitário e das hortaliças irrigadas com os efluentes das lagoas de estabilização, ambos expressos em termos de médias geométricas correspondentes ao período de irrigação.

Tabela 1 :Qualidade bacteriológica das águas residuárias e das alfaces irrigadas

Esgoto (org./100 mL) *								
EB	RA		L1		L2		L3	
CT	E.coli	CT	E.coli	CT	E.coli	CT	E.coli	CT
9,4x10 ⁷	1,7x10 ⁷	9,9x10 ⁶	6,9x10 ⁵	2,1x10 ⁵	3,2x10 ⁴	2,9x10 ³	1,2x10 ³	1,6x10 ¹
Alfaces (org./g) **								
Controle (1)			L1 (2)		L2 (2)		L3 (2)	
CT	E.coli	CT	E.coli	CT	E.coli	CT	E.coli	CT
>1,4x10 ²	ND-4,4	>1,3x10 ⁴	43,3x10 ³	>4,4x10 ³	2,8x10 ²	>1,4x10 ²	ND-3,0	

EB: esgoto bruto; RA: efluente do reator anaeróbio; Li: efluentes da série de lagoas; CT: coliformes totais; *média geométrica de 12 amostras; **média geométrica ou intervalo mínimo-máximo de 12 amostras compostas nas repetições de cada tratamento. (1) parcelas irrigadas com água; (2) parcelas irrigadas com os efluentes das lagoas.

No esgoto bruto e no efluente do reator, *Salmonella sp* e parasitas (ovos de *Ascaris*, *Ancylostoma*, cistos de *Giardia* e *Entamoeba*) foram, respectivamente, consistente e eventualmente detectados. Já no efluente da lagoa 1 e nas alfaces irrigadas com os efluentes da três lagoas, *Salmonella sp* e parasitas estiveram sistematicamente ausentes.

O sistema de lagoas de estabilização demonstrou um excelente desempenho de remoção bacteriana (99,9998%), o que pode ser creditado às suas próprias características — profundidade relativamente reduzida (h=0,90), intensa produção de algas e elevação significativa do pH e OD. Em cerca de 18 dias de TDH, o sistema já produz um efluente final próximo ao recomendado para a irrigação irrestrita. Com 9,0 dias de TDH, ovos de helmintos foram removidos à níveis não detectáveis.

Na Tabela 2, apresentam-se os resultados do monitoramento de alfaces comercializadas na feira livre de Viçosa.

Tabela 4: Qualidade microbiológica de alfaces comercializadas na feira livre de Viçosa.

Data	CT*	E.coli*	Salmonellae sp	Parasitologia
				Nº de ovos
20.08	7,7 x 10 ²	ND	(-)	
27.08	>2,2 x 10 ²	7,4 x 10 ¹	(-)	
01.09	>2,2 x 10 ²	9,0 x 10 ¹	(-)	
08.09	>2,2 x 10 ³	8,2 x 10 ¹	(-)	
15.09	>2,2 x 10 ²	9,0 x 10 ¹	(-)	
22.09	>2,2 x 10 ²	8,1 x 10 ¹	(+)	
29.09	>2,2 x 10 ²	7,4 x 10 ¹	(-)	
13.10	NR	NR	NR	<i>Enterobius vermiculares</i> (2)
20.10	>1,6 x 10 ²	1,6 x 10 ¹	(-)	
24.10	NR	NR	NR	<i>Enterobius vermiculares</i> (1)
27.10	>1,6 x 10 ²	3,2 x 10 ¹	(-)	

* org/g

A fim de auxiliar a discussão, inclui-se, sinteticamente, a legislação brasileira sobre padrão microbiológico de hortaliças, recente mente atualizado (ANVISA, 2001) (Tabela 3).

Tabela 3: Padrão microbiológico brasileiro para hortaliças

Grupo	Microrganismo	Tolerância para Amostra Representativa				
		para amostra indicativa		para amostra representativa		
		n	c	m	M	
I	<i>Salmonella sp</i> / 25 g	ausência	5	0	ausência	-
II	Coliformes a 45°C/g	10 ²	5	2	10	10 ²
	<i>Salmonella sp</i> / 25 g	ausência	5	0	ausência	-

I: frescas, "in natura", inteiras, selecionadas ou não; II: frescas, "in natura", preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto; n: n^o de amostras a serem colhidas aleatoriamente de um mesmo lote e analisadas individualmente; c: n^o máximo aceitável de unidades de amostras com contagem entre os limites de m e M; m: limite que em um plano de três classes separa o lote aceitável do lote com; M: limite que em um plano de duas classes separa o produto aceitável do inaceitável; em um plano de três classes, M separa o lote com qualidade intermediária aceitável do lote inaceitável; valores maiores que M são inaceitáveis

Na tabela acima, amostra indicativa seria uma amostra composta por um número de unidades amostrais inferior ao estabelecido em plano amostral e amostra representativa seria aquela constituída por um determinado número de unidades amostrais estabelecido de acordo com o plano amostral. Para hortaliças é estabelecido um número mínimo de cinco "unidades amostrais", dentre as quais duas poderiam apresentar densidades de coliformes termotolerantes entre 10 –10² org./100mL, sendo 10² org./100mL o limite máximo em qualquer unidade do lote.

- BLUMENTHAL, U.J.; PEASEY, A.; RUIZ-PALACIOS, G.; MARA, D.D. Guidelines for wastewater reuse un agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence *WELL Study, Task No 68*, Part I. WELL, 2000, London.
- CASTRO DE ESPARZA, M.L., SAÉNZ, R.F. *Evaluacion de riesgos para la salud por el uso de aguas residuales en agricultura, vol. 1, Aspectos microbiologicos*. CEPIS, 1990, Lima, Peru.
- HESPANHOL, H.; PROST, A. M.E. WHO guidelines and national standards for reuse and water quality. . *Water Resarch*, **26** (6), 863-86, 1993.
- INTERNATIONAL COMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOOD. *Microorganisms in Food, 2. Sampling for microbiological analysis: principles and especific applications*. University of Toronto Press, 1974, Toronto.
- INTERNATIONAL COMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOOD. *Microorganisms in Food, 2. Sampling for microbiological analysis: principles and especific applications*. 2nd ed. University of Toronto Press, 1986, Toronto.
- OLIVEIRA, C.A. F. & GERMANO, P.M. Estudo da ocorrência de enteroparasitas na região metropolitana de São Paulo – SP, Brasil II. Pesquisa de helmintos. *Revista de Saúde Pública*, **26** (4), 283 – 289, 1992.
- ROSE, J.B. Microbiological aspects of wastewater reuse for irrigation. *CRC Crit. Rev. Environ. Control*, **16**, 231-256, 1986.
- ROSE, J.B.; DE LEON, R.; GERBA, C.P. Giardia and virus monitoring of sewage effluent in the State of Arizona . *Water Science and Technology*, **21** (3), 43-47, 1989.
- SHUVAL, H.I... Wastewater reuse for irrigation : evolution of health standards. *Water Quality Bulletin*, **12** (2), 69-83+90, 1987.
- VANDERZANT, C. & SPLITTSTOESSER, D.F.(eds). *Compendium of methods for microbiology examination of foods*, 3rd ed. APHA, 1992, Washington D.C.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Guidelines for water reuse . Technical Report EPA/625/R-92/004*. USEPA , 1992, Washington, D.C.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Health guidelines for use of wastewater in agriculture and acquaculture. *Technical Report Series. 778*. WHO, 1989, Geneva.

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA PARA A IRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS

Rafael K.X. Bastos

Universidade Federal de Viçosa

Departamento de Engenharia Civil

e-mail: rkxb@mail.ufv.br

1. INTRODUÇÃO

Via de regra, os recursos hídricos prestam-se a múltiplos usos, tais como a geração de energia, a irrigação, a criação de animais, o abastecimento para consumo humano e fins industriais, a recreação e a pesca, a composição e harmonia paisagística e até mesmo a recepção de efluentes domésticos e industriais, desde que de forma controlada.

A cada uso corresponde uma certa demanda de água, em quantidade e qualidade necessárias e suficientes.

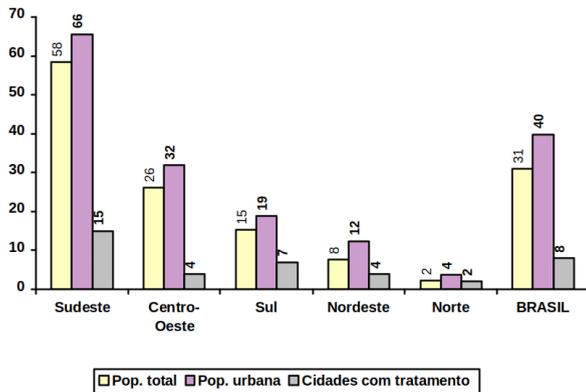
O conceito de qualidade da água é um conceito relativo, associado com os usos desejados de uma determinada fonte. Uma mesma água pode ser considerada “boa” para um determinado fim (por exemplo, para utilização industrial) e “ruim” para outro (por exemplo, para o consumo humano). Da mesma forma, o conceito de poluição deve ser entendido como perda de qualidade de água, ou seja, alterações em suas características que comprometam um ou mais usos do manancial, dados ou desejados (von Sperling, 1993).

Entretanto, a concentração demográfica, a expansão industrial, as atividades agropecuárias, enfim, o uso e a ocupação do solo na bacia hidrográfica de um manancial podem introduzir na água substâncias em “excesso” ou indesejáveis, comprometendo diversos usos. De forma análoga, a captação de água para suprir uma demanda específica pode comprometer

a oferta de água para outros fins. Portanto, o desequilíbrio entre a oferta e a demanda de água, ou entre as funções de um recurso hídrico como manancial de abastecimento e corpo receptor, podem fazer dos usos múltiplos usos conflitantes.

A agricultura irrigada é, de longe, a atividade que mais consome água no mundo: estima-se que a irrigação responda por 80% do consumo de água, enquanto os usos industrial e humano correspondem a 10-12% e 8-10%, respectivamente. No Brasil, o consumo de água para irrigação corresponde à cerca de 60% do consumo total (Pereira Jr., 1998).

Quanto à deterioração da qualidade da água, basta citar as estatísticas disponíveis sobre a realidade do tratamento de esgotos sanitários no país: apenas cerca de 10% dos municípios brasileiros dispõem de estações de tratamento de esgotos (ETE's) e somente cerca de 15% de todo o volume de esgotos coletados no país recebe algum tratamento (Figura 1) (Heller & Araújo, 1997).



Fonte: Heller (1999).

Figura 1 – Cobertura do esgotamento sanitário no país. População abastecida (%).

Tais números, *per se*, revelam uma realidade preocupante em termos de impactos ambientais e de saúde pública.

À respeito, vários estudos sobre a qualidade de águas de irrigação ou de hortaliças comercializadas em diversas regiões do país, confirmam a prática disseminada de irrigação com águas contaminadas com esgotos sanitários (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 – Qualidade bacteriológica de águas utilizadas para irrigação de hortaliças

CF/100 ml	<i>E. coli</i> /100 ml	<i>Salmonellae</i> (% amostras positivas)	Referência
$1,0 \times 10^2 - 3,0 \times 10^4$	$4,0 \times 10^2 - 3,0 \times 10^4$	53	Bastos & Perin (1995) ¹
$8,4 \times 10^2 - 1,8 \times 10^4$	$1,2 \times 10^3 - 1,1 \times 10^4$	43	
$4,6 \times 10^2 - 9,9 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3 - 9,9 \times 10^3$	33	
$1,5 \times 10^4 - 1,3 \times 10^5$	-	-	Chagas (1982) ²
$3,6 \times 10^4 - 1,2 \times 10^5$	-	-	Barros <i>et al.</i> (1999) ³
$1,1 \times 10^3 - 3,2 \times 10^4$	-	-	

¹ pesquisa em três águas de irrigação em Viçosa-MG.

² pesquisa em dez águas de irrigação em dois municípios no RN.

³ pesquisa em cinco águas de irrigação em dois municípios na PB.

Tabela 2 – Qualidade microbiológica de hortaliças comercializadas em São Paulo

Protozoários	Alface Lisa	Alface Crespa	Escarola	Agrião

	F	%	F	%	F	%	F	%
<i>Entamoeba</i> sp	4	8,0	7	14,0	5	10,0	13	26,0
<i>Giardia</i> sp	2	4,0	5	10,0	6	12,0	12	24,0
<i>Endolimax</i> sp	2	4,0	3	6,0	0	0,0	17	34,0
<i>Iodamoeba</i> sp	0	0,0	1	2,0	4	8,0	4	8,0
<i>Chilomastix</i> sp	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	4,0
Helmintos								
Ancilostomídeos	8	16,0	7	14,0	12	24,0	17	34,0
<i>Ascaris</i> sp	4	8,0	4	8,0	10	20,0	16	32,0
<i>Trichocephalus</i> sp	2	4,0	2	4,0	0	0,0	3	6,0
<i>Taenia</i> sp	0	0,0	1	2,0	2	4,0	2	4,0
<i>Hymenolepis</i> sp	0	0,0	2	4,0	4	8,0	7	14,0
<i>Strongyloides</i> sp	2	4,0	4	8,0	1	2,0	8	16,0
<i>Toxocara</i> sp	2	4,0	0	0,0	1	2,0	2	4,0
<i>Enterobius</i> sp	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	2,0
<i>Fasciola</i> sp	1	2,0	0	0,0	0	0,0	3	6,0

F = frequência; N = 50 (total de amostras).

Fonte: Oliveira & Germano (1992a,b).

A tênue linha que separa as possibilidades múltiplas do conflito, requer racionalidade no uso da água, o que inclui necessariamente disciplina de uso, preservação da qualidade da água, controle de perdas e desperdícios e reciclagem.

O enorme déficit de tratamento de esgotos no país exigirá um esforço planejado com vistas à superação de um quadro de sérios danos ambientais e riscos de saúde pública. Neste sentido, merece destaque a possibilidade da utilização agrícola de esgotos sanitários, dados seus inegáveis atrativos: economia significativa de fertilizantes, alívio na demanda de água para irrigação e preservação da oferta para outros fins. Aliás, não se trata de advogar o "reuso" agrícola de esgotos sanitários, uma vez que, de fato, constitui uma prática centenária e disseminada mundo afora (Bastos, s.p.).

No Brasil, pouco ou quase nada se tem registrado sobre o reuso direto de esgotos sanitários para irrigação, o que não quer dizer que não ocorra, de forma indiscriminada e sem controle; mas, o reuso indireto é com certeza prática corrente, haja vista a quase inexistência de tratamento de esgotos no país. Na América Latina são vários os exemplos significativos de utilização agrícola de esgotos sanitários, com destaque para o México, Chile e Peru (Leon & Moscoso, 1996). No Peru, o Programa Nacional de Reuso de Águas Residuárias para Irrigação prevê a implantação por etapas de 18.000 ha de área irrigada, entretanto, dos 4.300 ha hoje irrigados, cerca de 70% são utilizados para o cultivo de hortaliças, em sua grande maioria com águas residuárias sem tratamento (Tabela 3).

Tabela 3 – Irrigação com esgotos sanitários no Peru

Cultura	Produtividade (kg/ha)	Área (ha)	Produção (t/ano)	Efluente
Algodão	3.500	200	100	Tratado
Milho	10.500	600	3.700	Tratado/bruto
Cana-de-açúcar	18.000	260	4.700	Bruto
Alfafa	20.000	20	400	Tratado
Hortaliças	40.000	2.900	116.000	bruto

Fonte: Moscoso (1991).

Trata-se, pois, de advogar o reuso controlado, ou seja, otimizado do ponto de vista agrícola e seguro do ponto de vista sanitário. Observados os cuidados necessários e vencidas as resistências de natureza cultural, o reuso apresenta-se como uma solução sanitariamente segura, economicamente viável e ambientalmente sustentável.

2. NORMAS E CRITÉRIOS DE QUALIDADE DE ÁGUAS PARA A IRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS

2.1. Águas superficiais

Na Tabela 4, apresenta-se um resumo do especificado para irrigação na Resolução CONAMA 20/86, a qual enquadra as águas superficiais de acordo com a qualidade da água e respectivos usos possíveis.

Tabela 4 – Padrões de qualidade de águas para irrigação (Resolução CONAMA 20/86)

Culturas Irrigadas	Critério/Padrão*
Hortalças consumidas cruas, frutas que se desenvolvem rente ao solo e, ou, são ingeridas sem remoção de película.	Águas não devem ser poluídas por fezes humanas.
Outras hortalças e plantas frutíferas.	< 1.000 CF/100 mL
	< 5.000 CT/100 mL
Culturas arbóreas e cerealíferas	< 4.000 CF/100 mL
	< 20.000 CT/100 mL

* em 80% das amostras, mínimo de cinco amostras mensais.

CT = coliformes totais; CF = coliformes fecais.

Na legislação vigente está implícita uma lógica correta, ao estabelecer uma relação direta entre os padrões de exigência e os riscos potenciais de transmissão de doenças. Para a situação mais desfavorável (hortaliças e frutas que se desenvolvem rente ao solo e são ingeridas cruas) exige-se a virtual ausência de bactérias indicadoras de contaminação. Entretanto, verifica-se uma aparente contradição ao se exigir uma qualidade de água similar aos padrões de potabilidade e, ao mesmo tempo, permitir o contato primário (imersão total do corpo) em águas com até 1.000 CF/100 mL. Já na classe seguinte (classe 2), permite-se a irrigação das demais hortalças e plantas frutíferas com água contendo até 1.000 CF/100 mL, o mesmo recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), para a irrigação irrestrita (inclusive de culturas ingeridas cruas) com esgotos sanitários tratados (OMS, 1989); águas de classe 3, com no máximo 4.000 CF/100 mL, poderiam ser utilizadas para irrigar culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

2.2. Utilização agrícola de esgotos sanitários

Em geral, as normas vigentes especificam padrões de qualidade microbiológicos (recorrendo aos organismos indicadores de contaminação, ou mesmo exigindo a identificação de organismos patogênicos) e os tratamentos mínimos requeridos para os efluentes, de acordo com o tipo de cultura a ser irrigada e, por vezes, com o método de irrigação empregado.

Uma distinção básica presente em várias normas, reside na qualidade dos efluentes requerida para o que se convencionou denominar irrigação irrestrita e irrigação restrita. Irrestrita refere-se à irrigação com efluentes de alta qualidade de toda e qualquer cultura, inclusive aquelas consumidas cruas, além de campos esportivos e parques públicos. Irrigação restrita refere-se à utilização de efluentes de pior qualidade, com restrições impostas às culturas a serem irrigadas e aos métodos de irrigação a serem empregados.

Nas Tabelas 5 e 6 são apresentados, respectivamente, os critérios recomendados pela Organização Mundial de Saúde e exemplos de normas vigentes em diversos países.

Tabela 5 - Recomendações da OMS sobre a qualidade microbiológica de águas residuárias empregadas na agricultura

Cultura Irrigada	Nematodos Intestinais*	Coliformes Fecais	Tratamento Requerido
I	□ 1 ovo/litro	□ 1000/100ml	Série de lagoas de estabilização que permitam a obtenção da qualidade indicada ou tratamento equivalente
II	□ 1 ovo/litro	nenhum padrão recomendado	Lagoas de estabilização com 8-10 dias de tempo de detenção ou eliminação equivalente de ovos de helmintos e coliformes fecais
III	não aplicável	não aplicável	Tratamento prévio de acordo com as exigências do método de irrigação; no mínimo sedimentação primária.

I: irrigação de culturas ingeridas cruas, campos de esportes e parques públicos

II: irrigação de cereais, culturas industriais, forrageiras, pastagem e árvores.

III: irrigação localizada das culturas tipo (II) quando agricultores e público em geral não são expostos a riscos.

* Ascaris, Trichuris, Ancilostoma e Necator

Fonte: OMS (1989)

A maioria destas normas estabelece padrões bastante exigentes e parecem estar baseadas nas pioneiras regulamentações do estado da Califórnia, cuja característica de destaque é a exigência de 2,2 coliformes/100ml para irrigação irrestrita. Esta, obviamente, só pode ser atendida através de rigorosos processos de tratamento terciário, incluindo a desinfecção, como, aliás, discriminado em diversas normas. Algumas incluem padrões específicos para patogênicos (inclusive vírus) enquanto outras chegam a ser extremamente rigorosas mesmo para a irrigação restrita ou proíbem expressamente o cultivo de hortaliças (Bastos & Mara, 1993).

Os critérios da OMS sustentam-se, dentre outros argumentos, no entendimento de que a simples presença de um microorganismo patogênico nos efluentes utilizados para irrigação não implica necessariamente na imediata transmissão de doenças, caracterizando apenas um risco potencial. O risco real (na linguagem epidemiológica, risco atribuível) de um indivíduo ser infectado dependeria ainda da combinação de diversos fatores, dentre os quais, a resistência dos organismos patogênicos ao tratamento de esgotos e às condições ambientais, a dose infectiva e patogenicidade dos agentes infecciosos, a suscetibilidade e grau de imunidade do hospedeiro, o grau de exposição humana aos focos de transmissão, além da existência de outras vias concorrentes de transmissão de determinada doença (Mara & Cairncross, 1989; OMS, 1989).

Por outro lado, na tentativa de identificar riscos reais, diversos autores e estudos recorrem à sistematização das principais características dos diversos grupos de agentes etiológicos e suas respectivas doenças, e à busca de evidências concretas de transmissão de doenças através de extensa pesquisa bibliográfica e estudos de caso. A análise conjunta destes dois aspectos permitiu a formulação do seguinte modelo epidemiológico de riscos advindos de reuso com águas residuárias brutas: alto risco: doenças causadas por helmintos; risco médio: bactérias e protozoários; baixo risco: doenças viróticas (Shuval *et al.*, 1986).

O entendimento de que a utilização de esgotos para irrigação envolve riscos de saúde parece ser unânime; a controvérsia reside na definição dos riscos aceitáveis, ou seja, na definição dos padrões de qualidade e graus de tratamento de esgotos que garantam a segurança sanitária. A “absolutização” dos riscos potenciais de saúde decorrentes de reuso de águas residuárias naturalmente leva à formulação de padrões de qualidade de efluentes extremamente exigentes, o que na visão de vários autores expressa o princípio do “risco nulo” (Shuval, 1987).

Os critérios da OMS, sustentados nos argumentos epidemiológicos citados anteriormente, sugerem um padrão parasitológico bastante exigente (□ 1 ovo de helmintos/litro), sendo bem mais permissivos quanto aos limites bacteriológicos: 10^3 CF/100 mL.

De toda sorte, a discrepância entre os padrões vigentes revela a polêmica, ainda presente, em torno da avaliação dos riscos de saúde inerentes à utilização agrícola de esgotos sanitários. Em outras palavras, que padrões microbiológicos seriam aceitáveis para a irrigação de diferentes tipos de cultura, sendo a irrigação de hortaliças um dos pontos de corte mais nítidos (Bastos & Mara, 1993).

2.3. Avaliação da qualidade microbiológica de águas de irrigação – organismos indicadores de contaminação

2.3.1. Águas superficiais

Na avaliação de águas *in natura*, a interpretação básica do emprego de organismos indicadores é o de que sua presença indica poluição de origem fecal e, portanto, o risco de contaminação, ou seja, da presença de organismos patogênicos. Além disso, o emprego de densidades de organismos (número de organismos/100 mL) como indicadores do grau de contaminação de uma água deve guardar uma relação semiquantitativa com a presença de patógenos, de forma a se aferir os riscos potenciais de saúde (Cabelli, 1982) e, neste sentido, o número 1.000 CF/100 mL apresenta uma razão de ser.

Senão vejamos: considerando que o esgoto sanitário bruto contém de 10^7 - 10^8 CF/100 mL (von Sperling, 1995), para que as águas de um corpo receptor mantenham 10^3 CF/100 mL seria necessária uma diluição da ordem de 1:10³; considerando agora que as bactérias patogênicas encontram-se em densidades bem mais reduzidas no esgoto bruto, por exemplo, na ordem de 10^3 *Salmonellae*/100 mL, com tal fator de diluição, estas praticamente “desapareceriam” na água, reduzindo significativamente o risco de exposição do hospedeiro ao contato e,

portanto, da transmissão de doenças. De fato, diversos estudos constataam uma associação entre a presença de *Salmonellae* e densidades de coliformes acima de 1.000 CF/100 mL (Dulong *et al.*, 1950; Moriñigo, 1990; Bastos & Perin, 1995).

Por outro lado, reconhecidamente, o grupo dos coliformes totais inclui espécies de origem não-exclusivamente fecal, podendo ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas (OMS, 1995). Apesar da denominação, o grupo dos coliformes fecais também inclui bactérias de origem não-exclusivamente fecal (Bagley & Seidler, 1977; Seidler, 1977; Duncan & Hazell, 1972) e, principalmente em países de clima tropical, mesmo que originalmente introduzidas na água por poluição fecal, podem adaptar-se ao meio aquático (Lopes-Torrez, 1977). Por isto, a tendência atual é de se referir ao grupo como coliformes termotolerantes (OMS, 1995; Cerqueira, 1999).

Dentre os CF, normalmente presentes em esgotos sanitários, predomina a *E. coli*, bactéria de origem exclusivamente fecal, sendo por isso utilizada com mais propriedade como indicadora de contaminação de águas naturais (Hofstra & Held, 1988; Cerqueira, 1999; Bastos *et al.*, 2000). Não obstante, pelo fato de que a presença de coliformes termotolerantes, na maioria das vezes e principalmente quando em densidades elevadas, guarda uma relação direta com a presença de *E. coli* seu emprego como indicador de contaminação de águas *in natura* ainda é aceitável (OMS, 1995).

Pelo exposto, depreende-se que a legislação existente demanda revisões e atualizações: coliformes totais podem ver-se desprovidos de maior significado sanitário; os padrões vigentes soam por demais rigorosos, tanto em relação aos valores máximos permitidos, quanto às culturas a serem irrigadas; poder-se-ia pensar em 10^3 CF/100 mL, ou preferencialmente *E. coli*, para a irrigação de hortaliças em geral.

2.3.2. Utilização agrícola de esgotos sanitários

Partindo do pressuposto de que a irrigação com esgotos brutos é de todo desaconselhável, o emprego dos organismos indicadores de contaminação na avaliação dos riscos de saúde associados a irrigação com esgotos tratados, deve estar baseada no seguinte entendimento: a ausência dos indicadores deve expressar a ausência dos patogênicos, ou seja, sua remoção através dos processos de tratamento. Além disso, a seleção dos organismos indicadores da qualidade necessária e suficiente dos efluentes, encontra-se estritamente associada à definição dos padrões de qualidade aceitáveis, ou seja, à definição dos níveis de riscos aceitáveis.

Reconhecidamente, os processos convencionais de tratamento não são suficientes para atender os critérios da OMS e muito menos os padrões mais exigentes. Além disso, os coliformes não se prestam como indicadores plenos da remoção da ampla variedade de patógenos através dos processo de tratamento de esgotos. Desta forma, a recusa das “evidências epidemiológicas” apresentadas pela OMS, implica necessariamente não só na adoção de tratamentos rigorosos, como também no monitoramento dos efluentes para os mais diversos organismos patogênicos, incluindo vírus, protozoários e helmintos, pois neste caso, a utilização de organismos indicadores de contaminação torna-se extremamente limitada (Bastos, 1993).

Por outro lado, os padrões da OMS são perfeitamente possíveis de serem atendidos com o emprego de lagoas de estabilização. Diversos estudos comprovam que efluentes de lagoas contendo 10^3 CF/100 mL encontram-se virtualmente isentos de bactérias patogênicas e vírus; por sua vez, o padrão 1 ovo de helmintos/L é entendido como um indicador da remoção dos demais organismos sedimentáveis (OMS, 1989), muito embora haja alguma controvérsia neste sentido. De qualquer maneira, em se tratando de irrigação de hortaliças, uma vez satisfeito o padrão exigido de 1.000 CF/100 mL. O padrão parasitológico estaria automaticamente atendido (Bastos, s.p.).

3. PADRÕES DE QUALIDADE MICROBIOLÓGICOS DE HORTALIÇAS

Nas Tabelas 7 e 8 encontram-se as recomendações internacionais e a normatização nacional de padrões microbiológicos de hortaliças.

Tabela 7 – Critérios de qualidade microbiológica para hortaliças

Organismo	Tamanho Amostra (Unid.)	da nº de Amostras		entre	Limites Padrão (org/g)
		Mínimo	Máximo		
Mínimo	Máximo				

E. coli	5	2	10	10 ³
Coliformes fecais	5	2	10 ²	10 ⁴
Salmonella	10	0	0	0

Fonte: ICMSF (1986).

Embora os coliformes fecais (CF) constem como indicadores de contaminação de hortaliças, *E. coli* é reconhecidamente o indicador mais preciso da qualidade microbiológica destes produtos (ICMSF, 1986; Splitsoesser, 1980; Hofstra & Veld, 1988). Em linhas gerais, observadas as particularidades das normas apresentadas, pode-se dizer que 10³ CF/g, ou preferivelmente *E. coli*, associado à ausência de Salmonella, seja o ponto de corte para aceitabilidade de hortaliças para consumo humano.

4. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE HORTALIÇAS IRRIGADAS

O entendimento básico para o emprego de organismos indicadores de contaminação deve ser o de que a presença dos indicadores em uma certa densidade, e não sua mera presença, deve guardar uma relação semi-quantitativa com a presença de organismos patogênicos. Neste sentido, diversos estudos sugerem a maior probabilidade de detecção de salmonela em hortaliças quando da presença de coliformes fecais e, principalmente *E. coli*, em

densidades superiores a 10^3 org./g (Castro de Esparza & Sáenz, 1990; Bastos, 1992), substanciando, assim, os padrões de qualidade citados.

Outros estudos sugerem que existe uma certa correspondência entre a densidade de *E. coli*/100 mL na água de irrigação e na densidade resultante destes organismos/g de hortaliças irrigadas, muito embora tal afirmativa seja de difícil generalização (Bastos, 1992; Barros *et al.*, 1999).

Neste sentido, vários outros trabalhos confirmam que a irrigação com efluentes de acordo com os critérios bacteriológicos recomendados pela OMS ($< 10^3$ CF/100 mL) resultam em hortaliças de qualidade aceitável. Por exemplo, Bastos & Mara (1995), avaliaram a qualidade microbiológica de alfaces e rabanetes irrigados com efluentes de lagoas de estabilização, os quais apresentaram uma qualidade ligeiramente inferior à recomendada: $1,7 - 5,0 \times 10^3$ *E. coli*/100 ml e $0,1 - 0,3$ *Salmonella* sp/100 ml. Um resumo dos resultados é apresentado na Figura 2.

Os níveis de contaminação resultantes encontraram-se dentro da faixa qualificada como aceitável pelos critérios internacionais de classificação de qualidade microbiológica de alimentos (ICMSF, 1986). É de ressaltar que não se detectou a presença de *Salmonella*.

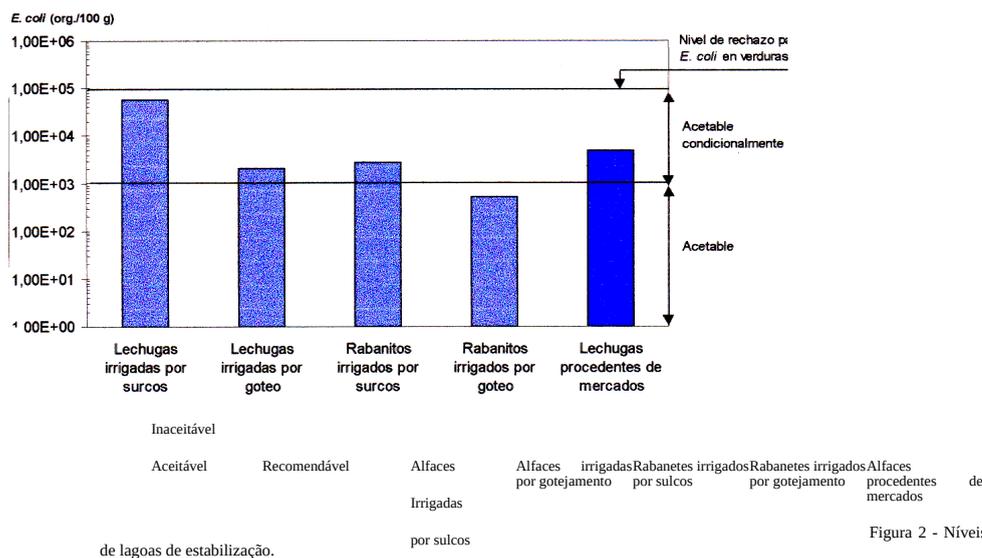


Figura 2 - Níveis de contaminação de hortaliças irrigadas com efluentes

De maneira análoga, Castro de Esparza & Sáenz (1990) sugerem que para que não se encontre *Salmonellae* em verduras irrigadas com águas residuárias, o limite de CF deve ser de 10^4 org./100 ml.

No que diz respeito ao padrão parasitológico recomendado pela OMS, Ayres *et al.* (1992) e Stott *et al.* (1996) realizaram uma série de estudos sobre a contaminação de alfaces irrigadas com águas residuárias de diversas qualidades. Pode-se observar (Tabela 9) que não se chegou a detectar ovos de helmintos em alfaces irrigadas com águas de acordo com o

padrão recomendado (≤ 1 ovo de helminto/litro).

Tabela 9 - Níveis de contaminação de hortaliças irrigadas com diferentes qualidades de água

Água de Irrigação (n ^o ovos/litro)	Qualidade das Alfaces (n ^o ovos/planta)
Água inoculada: 500 <i>A. galli</i>	22,0
Água inoculada: 50 <i>A. galli</i>	1,0-2,0
Água inoculada: 10 <i>A. galli</i>	0,2-0,1
Água inoculada: <1 <i>A. galli</i>	0,1-0,3
Água residuária bruta: > 100: <i>A. lumbricooides</i>	50
Efluente de lagoa anaeróbica: 14-18 <i>A. lumbricooides</i>	0,5
Efluente de lagoa facultativa: <1 <i>A. lumbricooides</i>	0

Fonte: Ayres *et al.* (1992) e Stot *et al.* (1996).

Do exposto, poder-se-ia inferir que 10^3 *E. coli*/100 mL apresenta-se como um bom indicador da qualidade de águas de irrigação de hortaliças (sejam águas superficiais ou efluentes tratados em lagoas de estabilização) e, conseqüentemente, da garantia da qualidade microbiológica dos produtos irrigados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, R.M.; STOTT, R.; MARA, D.D.; LEE, D.L. Wastewater reuse in agriculture and the risk of intestinal nematode infection. *Parasitology Today*, v.8, n.1, p.32-35, 1992.
- BAGLEY, S.T. & SEIDLER, R.J. Significance of faecal coliform-positive *Klebsiella*. *Applied Microbiology*, v.33, n.5, p.1141-1148, 1977.
- BARROS, A.J.M.; CEBALLOS, B.S.O.; KÖNING, A.; GHEYI, H.R. Avaliação sanitária e físico-química das águas para irrigação de hortaliças no agreste e brejos paraibanos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.2, p.217-221, 1999.
- BASTOS, R.K.X. *Avaliação da qualidade microbiológica das águas residuárias com vistas à sua utilização na agricultura – Organismos indicadores de contaminação*. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DESINFECÇÃO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO E RESIDUÁRIAS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO, 1993, Belo Horizonte-MG. *Anais...* Belo Horizonte-MG: ABES/UFMG, 1993. p.173-83.
- BASTOS, R.K.X. *Bacteriological aspects of drip and furrow irrigation with treated wastewater*. England, UK: University of Leeds, 1992. Thesis (Ph.D.) – University of Leeds, 1992.
- BASTOS, R.K.X. *Evaluación de riesgos de salud por el uso de aguas residuales en la agricultura. Las directrices sanitarias de la OMS*. Hoje de Divulgación Técnica. Lima-Peru: CEPIS/OMS (submetido para publicação).
- BASTOS, R.K.X. *Utilização agrícola de esgotos sanitários*. Viçosa-MG: UFV, [s.p.], 120p.
- BASTOS, R.K.X. & MARA, D.D. Avaliação dos critérios e padrões de qualidade microbiológica de esgotos sanitários tendo em vista sua utilização na agricultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17, Natal-RN, 1993. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, Tomo 1, v.2, 1993. p.422-439.
- BASTOS, R.K.X. & MARA, D.D. *The practice of discontinuing wastewater irrigation as an additional safety factor in reducing potential health risks*. 3rd IAWQ International Specialist Conference. Waste Stabilization Ponds. Technology y Applications. João Pessoa, Brazil, 1995.
- BASTOS, R.K.X.; NASCIMENTO, I.E.; CARVALHO, G.M.; SILVA, C.V. Coliformes como indicadores da qualidade da água: alcance e limitações. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 25., Porto Alegre, Dezembro de 2000. (trabalho submetido para apresentação).

- BASTOS, R.K.X. & PERIN, C. Qualidade de águas superficiais para irrigação. Uma avaliação dos padrões vigentes e do emprego de organismos indicadores de contaminação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 18, 1995. Salvador-BA. *Anais...* Rio de Janeiro-RJ: ABES, 1995 (em disquete).
- BRASIL. Consulta Pública nº 5, de 21 de outubro de 1999, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Regulamento técnico – princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos*. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 28 de outubro de 1999, p.42-53.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. *Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília-DF, p.11-35, 1986.
- CABELLI, V.J. Microbial indicator system for assessing water quality. *Antonie Van Leeuwenhoek*, v.48, p.613-617, 1982.
- CARRILLO, M.; ESTRADA, E.; HAZEN, T.C. Survival and enumeration of the faecal indicators *Bifidobacterium adolescentis* and *Escherichia coli* in a tropical rain forest wastehed. *Applied and Environmental Microbiology*, v.50, n.9, p.468-476, 1985.
- CASTRO DE ESPARZA, M.L. & SÁENZ, R.F. *Evaluación de los riesgos para la salud por el uso de aguas residuales en agricultura*. Lima: CEPIS, v.1, Aspectos microbiológicos, 1990. 97p.
- CERQUEIRA, D.A.; BRITO, L.L.A.; GALINARI, P.C.; AMARAL, G.C.M. Perfis de ocorrências de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* em diferentes amostras de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABESA, 1999a, p.1251-1257 (CD room).
- CERQUEIRA, D.A. & SÁ HORTA, M.C. Coliformes fecais não existem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABESA, 1999b, p.1239-1244 (CD room).
- CHAGAS, S.D. *Bactérias indicadoras de poluição fecal em águas de irrigação de hortas que abastecem o Município de Natal-RN*. Natal: Centro de Ciências da Saúde/UFRGN, 1982. 52p.
- DUNCAN, W.D. & RAZELL, W.E. *Klebsiella* biotypes among coliforms isolated from forest environments and farm produce. *Applied Microbiology*, v.24, n.6, p.933-938, 1972.
- DUNLOP, S.G.; TWEDT, R.M.; WANG, L.W.L. *Salmonella* in irrigation water. v.23, n.9, p.1118-1121, 1950.
- HELLER, L. Quadro sanitário brasileiro: conseqüências ambientais, epidemiológicas e sociais. *Ação Ambiental*, ano II, n.6, jun./jul., p.8-9, 1999.
- HELLER, L. & ARAÚJO, S.F.D. Estatísticas sobre cobertura populacional de saneamento no Brasil: Uma leitura crítica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 18, Foz do Iguaçu-SC, setembro de 1997. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 1997.
- HOFSTRA, H. & HUISIN'T VELD, J.H.D. Methods for the detection and isolation of *Escherichia coli* including pathogenic strains. *Journal of Applied Bacteriological Symposium Supplement*, p.197S-212S, 1988.
- ICMSF. International Commission on Microbiological Specifications for Foods. *Microorganisms in foods 2. Sampling for microbiological analysis: principles and specific applications*. 2.ed., Toronto: University of Toronto Press, 1986.
- LEÓN, G.S. & MOSCOSO, J.C. *Curso de tratamiento y uso de aguas residuales*. Lima-Peru: CEPIS/OPS, 1996. 151p.
- LOPEZ-TORREZ, A.J.; HAZEN, T.C.; TORANZOS, G.A. Distribution in situ, survival and activity of *Klebsiella pneumoniae* and *Escherichia coli* in a tropical rainforest watershed. *Current Microbiology*, v.15, p.213-218, 1987.
- MARA, D.D. & CAIRNCROSS, S. *Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture*. Geneva: World Health Organization, 1989. 187p.
- MORIÑIGO, A.M.; CORNAX, R.; MUÑOZ, A.M.; ROMERO, P.; BARREGO, J.J. Relationships between *Salmonella spp* and indicator microorganisms in polluted natural waters. *Water Research*, v.24, n.1, p.117-120, 1990.
- OLIVEIRA, C.A.F. & GERMANO, P.M. Estudo da ocorrência de enteroparasitas em hortaliças comercializadas na região metropolitana de São Paulo-SP, Brasil. I. Pesquisa de helmintos. *Rev. Saúde Pública*, v.26, n.4, p.283-289, 1992a.
- OLIVEIRA, C.A.F. & GERMANO, P.M. Estudo da ocorrência de enteroparasitas em hortaliças comercializadas na região metropolitana de São Paulo-SP, Brasil. II. Pesquisa de helmintos. *Rev. Saúde Pública*, v.26, n.5, p.332-335, 1992b.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Guías para la calidad del agua potable*. Vol. 1, Recomendaciones. 2.ed., Geneva: OMS, 1995. 195p.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD-OMS. *Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura*. Ginebra: OMS, 1989. 90p. (Serie Informes Tecnicos, 778).
- PEREIRA JÚNIOR, J.S.P. Por que gerir os recursos hídricos? *Agroanalysis*, v.18, n.3, p.14-16, 1998.
- SANTIAGO-MERCADO, J. & HAZEN, T.C. Comparison of four membrane filter methods for faecal coliform enumeration in tropical waters. *Applied and Environmental Microbiology*, v.53, n.12, p.2922-2928, 1987.
- SHUVAL, H.I.; ADIN, A.; FATTAL, B.; RAWITZ, E.; YEKUTIEL, P. *Wastewater irrigation in developing countries: Health effects and technical solutions*. Washington, DC: The World Bank, 1986 (Technical Paper, 51).
- SHUVAL, H.I. Wastewater reuse for irrigation: evolution of the health standards. *Water Quality Bulletin*, v.12, n.2, p.b69-83+90, 1987.
- SPLITTSOESSER, D.F. & MUNDT, J.O. *Fruits and vegetables*. In: Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Washington, DC: American Public Health Association Incorporation, 1976.

STOTT, R.; AYRES, R.M.; LEE, D.L.; MARA, D.D. *An experimental evaluation of potentials risks to human health from parasitic nematodes in wastewater treated waste stabilization ponds and used for crop irrigation*. Leeds, UK: University of Leeds, 1996 (Research Monographs in Tropical Public Health Engineering, n.6).

von SPERLING, E. *Considerações sobre a saúde de ambientes aquáticos*. Engenharia Sanitária e Ambiental, Encarte da Revista BIO, ano II, n.3,p.53-56, 1993.

von SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1995. 240p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.1).