

SUBSÍDIOS À REGULAMENTAÇÃO DO REÚSO DA ÁGUA NO BRASIL – UTILIZAÇÃO DE
SUBSIDIES FOR WATER REUSE REGULATION IN BRAZIL – USE OF TREATED

Rafael Kopschitz Xavier Bastos (*)
Asher Kiperstok
Carlos Augusto de Lemos Chernicharo
Lourdinha Florencio
Luis Olinto Monteggia
Marcos von Sperling, Miguel Mansur Aisse
Paula Dias Bevilacqua, Roque Passos Piveli

(*) Engenheiro Civil (UFJF), Especialização em Engenharia de Saúde Pública (ENSP/FIOCRUZ), PhD em Engenharia Sanitária (University of Leeds, UK), Professor Adjunto - Departamento de Engenharia Civil (UFV), Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Civil. 36570-000, Viçosa - MG - rkb@ufv.br.

RESUMO

Este artigo inclui uma breve análise comparativa entre as duas principais referências de critérios de qualidade microbiológica da água para reúso agrícola, urbano e piscicultura, tendo como pano de fundo o conceito de risco à saúde. A partir desse exercício, com base experiência acumulada em vários anos de trabalhos conduzidos na rede cooperativa de pesquisas do PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico), e com o respaldo no estado da arte do conhecimento sobre o tema, no intuito de subsidiar a discussão sobre a regulamentação do reúso da água no Brasil sugerem-se diretrizes de qualidade microbiológica de esgotos sanitários tratados para as referidas modalidades de reúso.

ABSTRACT

This article presents a brief comparative analysis between the two main references of microbiological quality guidelines for wastewater use in agriculture, urban activities and aquaculture. From such an exercise, based on the experience gathered from several years of research conducted by PROSAB research network (Brazilian Research Programme on Basic Sanitation), and on the state of the art review of the topic, guidelines of microbiological wastewater quality for the mentioned reuse categories are suggested in order to subsidise the discussion on water reuse regulation in Brazil.

INTRODUÇÃO

A água foi por muito tempo considerada como um recurso inesgotável e, talvez por isso, mal gerido.

Por outro lado, cresce a consciência em torno da importância do uso racional, da necessidade de controle de perdas e desperdícios e do reúso da água, incluindo a utilização de esgotos sanitários tratados. Embora esta seja uma prática mais que centenária, apenas recentemente foram-se consolidando as bases técnicas e científicas para o 'reúso controlado', aqui entendido como seguro do ponto de vista sanitário, sustentável do ponto de vista ambiental e viável do ponto de vista de financeiro. Os exemplos em todo o mundo vão desde sistemas rigidamente controlados por diretrizes governamentais, com elevados níveis de planejamento, até as iniciativas espontâneas envolvendo sérios riscos à saúde (BLUMENTHAL et al., 2000; SCOT et al, 2004).

A regulamentação do reúso da água para diversos fins é observada em vários países, os mais distintos em termos de características sócio-econômicas e localização geográfica, a exemplo do EUA, México, Arábia Saudita, Japão, Austrália, Tunísia, Peru, Alemanha, África do Sul, Chipre, Israel, Kwait, China (BLUMENTHAL et al., 2000; USEPA, 2004). No Brasil, em 2005, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos promulgou a Resolução No 54 que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água no Brasil, remetendo para regulamentação complementar os padrões de qualidade e os códigos de boas práticas para as diversas modalidades de reúso: (i) reúso para fins agrícolas e florestais; (ii) reúso para fins urbanos; (iii) reúso para fins ambientais, (iv) reúso para fins industriais, (v) reúso na aquicultura (BRASIL, 2005).

Os esgotos sanitários podem conter os mais variados organismos patogênicos e em concentrações elevadas. Portanto, não restam dúvidas sobre a possibilidade de risco à saúde em práticas de reúso. Entretanto, muita controvérsia perdura na definição do padrão de qualidade de efluentes e, por conseguinte, do grau de tratamento dos esgotos, que garantam a segurança sanitária.

Pretende-se, nesse artigo, contribuir com subsídios à regulamentação do reúso da água no Brasil, valendo-se da experiência acumulada em vários anos de trabalhos conduzidos na rede cooperativa de pesquisas do PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico), a qual congrega diversas universidades brasileiras.

METODOLOGIA

A rigor, dado seu escopo, o trabalho não segue um conjunto de métodos próprios, por exemplo, de

Palavras-chave: efluente não doméstico; toxicidade; sistema público de esgotos; teste de toxicidade refratária.

Keywords: water reuse, health risk, microbiological quality

uma pesquisa experimental, bem como delineamento tradicional que inclua ‘resultados e discussão’ e ‘conclusões’. O artigo é desenvolvido a partir de uma leitura comparativa entre duas das principais referências de critérios de qualidade microbiológica para o reúso da água: as diretrizes da Environmental Protection Agency (USEPA, 2004) e da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006a; WHO, 2006b). Nesse exercício busca-se identificar a fundamentação científica desses dois instrumentos, tendo como pano de fundo o conceito de risco. Na seqüência, com base em resultados de pesquisas conduzidas no âmbito do PROSAB e com respaldo no estado da arte do conhecimento sobre o tema (tratamento de esgotos e utilização de efluentes tratados), sugerem-se diretrizes de qualidade microbiológica de esgotos sanitários tratados para as seguintes modalidades de reúso da água: uso agrícola, usos urbanos e piscicultura.

Critérios de qualidade microbiológica da água para reúso

Atualmente reconhecem-se as seguintes abordagens para o estabelecimento de critérios de qualidade para a utilização de esgotos sanitários (BLUMENTHAL et al., 2000): (i) a ausência de riscos potenciais (perigos), caracterizada pela ausência de organismos indicadores e, ou, patogênicos no efluente; (ii) a medida de risco atribuível à utilização de esgotos dentre uma população exposta; (iii) a estimativa do risco atribuível mediante o emprego de modelos probabilísticos.

A primeira tem sido referida como abordagem do ‘risco nulo’, criticada por sua fragilidade em termos de fundamentação epidemiológica (BLUMENTHAL et al., 2000, CARR et al., 2004) e, inevitavelmente, dá lugar a critérios de qualidade de efluentes bastante rigorosos. Nas duas abordagens seguintes, a medida ou a estimativa do risco são contrapostas ao ‘nível de risco tolerável’. Com a medida do risco buscam-se evidências epidemiológicas de associação entre a prática do reúso e a ocorrência de agravos / doença na população (por exemplo: risco relativo, risco atribuível). Entretanto, essa abordagem apresenta dificuldades práticas, por depender de um eficiente serviço de vigilância epidemiológica e, ou de complexos estudos epidemiológicos.

A estimativa de risco é realizada com a aplicação da metodologia de avaliação quantitativa de risco

microbiológico (AQRM): construído um cenário de exposição (conhecida a concentração de organismos patogênicos no efluente, ou na matriz ambiental onde o efluente é utilizado, e estimada a ingestão de patógenos a cada evento de exposição), pode-se estimar o risco de infecção em base populacional e temporal mediante o emprego de modelos probabilísticos, os quais levam em consideração informações de dose-resposta de um determinado patógeno. Inversamente, estabelecido o ‘risco tolerável’, pode-se estimar a concentração admissível de organismos patogênicos no efluente tratado e, por conseguinte, o grau de tratamento requerido (WHO, 2006a).

Portanto, uma decisão fundamental e inerente ao processo de AQRM é a definição do que seja risco tolerável. Entretanto, essa metodologia nem sempre é de fácil aplicação, dada a complexidade da exposição em diferentes práticas de reúso, tais como a irrigação de parques e jardins, limpeza de logradouros, reúso de água para descarga de vasos sanitários. Não obstante, essa ferramenta tem sido incorporada aos estudos dos possíveis impactos na saúde pública decorrentes do reúso e, de forma conjunta aos estudos epidemiológicos clássicos, tem proporcionado novas possibilidades de identificação e, ou, estimativa do risco atribuível a essa prática (BLUMENTHAL et al., 2000; PETERSON e ASHBOLT, 2002; MARA et al, 2007).

Por exemplo, Mara et al (2007), estimaram riscos de infecções em diferentes cenários de exposição via irrigação restrita e irrestrita, demonstrando que a irrigação com esgoto bruto ou apenas parcialmente tratado poderia implicar riscos relativamente elevados, principalmente para infecções virais, mas que a irrigação com efluentes contendo $\leq 10^3$ *E.coli* por 100 mL resultaria em riscos nos mesmos patamares ou inferiores àquele admitido nos EUA para o consumo de água².

Critérios de qualidade microbiológica da água para reúso agrícola

Em 1918, o Departamento de Saúde Pública do Estado da Califórnia (EUA), emitia primeira regulamentação que se tem conhecimento, onde o cultivo de vegetais consumidos crus foi proibido. Em 1933, tais cultivos foram permitidos, desde que com “efluentes filtrados ou suficientemente oxidados e desinfetados”. Em 1968, os padrões da Califórnia adquirem um formato mais

¹ Hunter e Fewtrell (2001) sugerem que um risco é aceitável quando: (i) está abaixo de um limite definido arbitrariamente; (ii) está abaixo de um nível já tolerado; (iii) está abaixo de uma fração do total da carga de doença na comunidade; (iv) o custo de redução do risco excederia o valor economizado; (v) o custo de oportunidade da prevenção do risco seria mais bem gasto em outras ações de promoção da saúde pública; (vii) os profissionais de saúde dizem que é aceitável; (viii) o público em geral diz que é aceitável (ou não diz que é inaceitável).

² Nos EUA admite-se um risco anual de infecção de 10^{-4} (um caso anual de infecção dentre 10.000 pessoas consumindo 2 L por dia de água) para os diversos organismos patogênicos transmissíveis via abastecimento de água para consumo humano (HAAS et al., 1999).

detalhado e quase definitivo, constituindo a base para as atuais diretrizes da USEPA (Tabela 1) (CROOK, 1978; USEPA, 2004).

Para a irrigação irrestrita, ou a irrigação por aspersão em qualquer situação, exige-se um padrão de qualidade de efluentes semelhante ao padrão de potabilidade da água (ausência de coliformes e organismos patogênicos, turbidez ≤ 2 uT e cloro residual ≥ 1 mg L⁻¹). Depreende-se que a

ausência de coliformes asseguraria a ausência de bactérias patogênicas e que a inclusão da turbidez e cloro residual prestam-se ao papel complementar da indicação da remoção de protozoários por filtração e da inativação de vírus. Para a irrigação restrita exige-se também a desinfecção, a garantia de cloro residual ≥ 1 mg L⁻¹, mas um padrão bacteriológico ≤ 200 CTer por 100 por mL, o que pressupõe a tolerância à presença de patógenos em alguma densidade.

Tabela 1: diretrizes da USEPA para o uso agrícola de esgotos sanitários

Tipo de irrigação e cultura	Processo de tratamento	Qualidade do efluente
Culturas alimentícias não processadas comercialmente Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura, incluindo culturas a serem consumidas cruas	Secundário + filtração + desinfecção	pH 6 a 9 DBO ≤ 10 mg L ⁻¹ . Turbidez ≤ 2 uT ⁽¹⁾ CRT ≥ 1 mg L ⁻¹ . ⁽²⁾ CTer ND ⁽³⁾ Organismos patogênicos ND
Culturas alimentícias processadas comercialmente Irrigação superficial de pomares e vinhedos Silvicultura e irrigação de áreas com acesso restrito ao público	Secundário + desinfecção	pH 6 a 9 DBO ≤ 30 mg L ⁻¹ . SST ≤ 30 mg L ⁻¹ CRT ≥ 1 mg L ⁻¹ CTer ≤ 200 por 100 mL ⁽⁴⁾
Culturas não alimentícias Pastagens para rebanhos de leite ⁽⁵⁾ , forrageiras, cereais, fibras e grãos	Secundário + desinfecção ⁽²⁾	pH 6 a 9 DBO ≤ 30 mg L ⁻¹ . SST ≤ 30 mg L ⁻¹ CRT ≥ 1 mg L ⁻¹ . CTer ≤ 200 por 100 mL ⁽⁴⁾

(1) Turbidez pré-desinfecção, média diária; nenhuma amostra > 5 uT (ou 5 mgL SST L-1). (2) CRT: cloro residual total após tempo de contato mínimo de trinta minutos; residuais ou tempos de contato mais elevados podem ser necessários para a garantia de inativação de vírus e parasitas. (3) CTer: coliformes termotolerantes; ND: não detectável; média móvel de sete dias; nenhuma amostra > 14 CTer por 100 mL. (4) Média móvel de sete dias; nenhuma amostra > 800 CTer por 100 mL; lagoas de estabilização podem alcançar o critério de qualidade sem a necessidade de desinfecção. (5) O consumo das culturas irrigadas não deve ser permitido antes de 15 após a irrigação; desinfecção mais rigorosa (≤ 14 CTer por 100 mL) se o período de 15 dias não for observado

Fonte: adaptado de USEPA (2004)

Em 1973 a OMS publicou suas primeiras diretrizes sobre o uso de águas residuais em irrigação e piscicultura, constantemente atualizadas (WHO, 1989; WHO, 2006a; WHO, 2006b). Ao longo do contínuo processo de revisão, foram sendo incorporadas ferramentas de avaliação de risco (incluindo a AQRM e os conceitos de ‘risco tolerável’

e de ‘carga de doença tolerável’).

Na formulação das mais recentes diretrizes da OMS, o “parâmetro de projeto” (maior risco tolerável de infecção ou carga tolerável de doença) foi assumido como o associado à exposição a rotavírus (10^3 pppa ou 10^6 DALYs pppa)³, assumindo que a remoção

ESGOTOS SANITÁRIOS TRATADOS PARA FINS AGRÍCOLAS, URBANOS E PISCICULTURA WASTEWATER IN AGRICULTURE, URBAN ACTIVITIES AND AQUACULTURE

correspondente e necessária deste patógeno, garantiria suficiente proteção contra infecções bacterianas e por protozoários. O risco tolerável de infecção constitui, assim, 'parâmetro de projeto' para a estimativa da qualidade da água e, portanto, do grau de tratamento do esgoto (WHO, 2006a).

A Figura 1 e a Tabela 2 sintetizam as atuais diretrizes da OMS para a irrigação com esgotos sanitários (WHO, 2006a), associando a remoção de patógenos com outras medidas de proteção à saúde e considerando uma meta de carga de doenças de doenças tolerável $\leq 10^6$ DALYs (pppa).

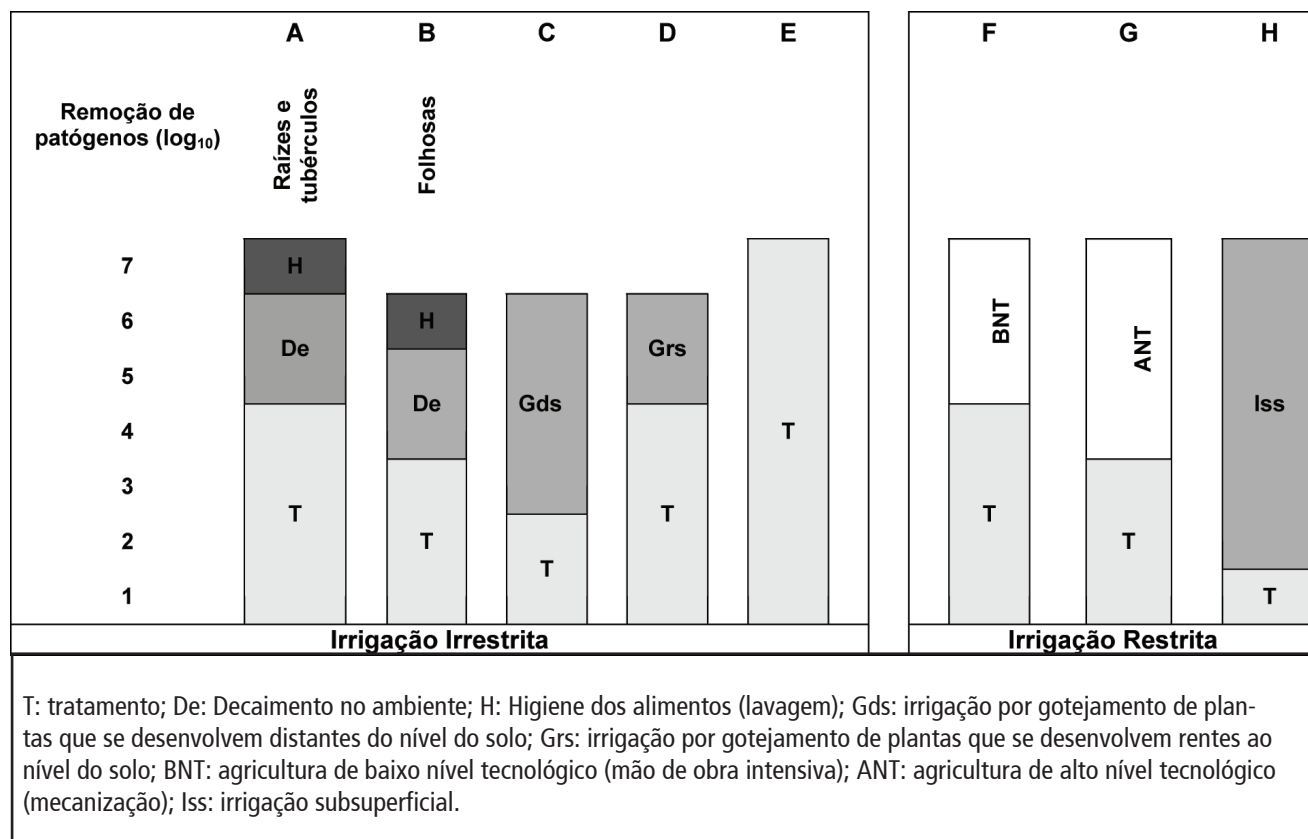


Figura 1 - Exemplos de combinação de medidas de proteção à saúde para uma carga de doenças tolerável $\leq 10^{-6}$ DALYs pppa

Fonte: Adaptado de WHO (2006a)

³ DALYs pppa (por pessoa por ano) – Disability Adjusted Life Years ou 'Anos de Vida Ajustados para a Incapacidade', permitindo estimar a 'carga de doença' em uma população. Esse indicador envolve a transformação de uma 'incapacidade vivenciada' (por exemplo, três dias com diarreia ou óbito devido à diarreia) em 'anos de vida saudáveis perdidos'. De forma simplificada, DALY pode ser calculado a partir da expressão $DALY = N \cdot D \cdot S$, onde: N = número de pessoas afetadas (obtido a partir de registros médicos, estudos epidemiológicos, sistemas de notificação de agravos ou estimativas feitas utilizando modelos de dose-reposta); D = duração média do efeito adverso (no caso de doença, obtido a partir de consulta a especialistas, dados hospitalares ou de estudos epidemiológicos; no caso de óbito, avalia-se a média de anos perdidos devido ao grave tendo-se como referência, por exemplo, a expectativa de vida da população); S = peso atribuído à gravidade do efeito de interesse (variando de 0 a 1, sendo que 0 significa o indivíduo saudável e 1 óbito). A carga de doença estimada para diarreias leves (por exemplo, mortalidade de 1×10^{-3}) com o risco anual de doença de 10^{-3} (ou risco para toda a vida de 1 em 10 pessoas) é de 1 μ DALY por pessoa por ano (10^6 DALYs pppa). Este é o valor assumido pela OMS como carga de doença tolerável, tanto para o consumo de água quanto para a exposição à utilização de esgotos sanitários na agricultura e piscicultura, a qual representa um elevado nível de proteção à saúde. Uma vez definido o valor da carga de doença tolerável, este pode ser convertido em termos de risco tolerável anual de doença: $Risco\ tolerável\ de\ doença\ (por\ pessoa\ por\ ano) = DALYs\ tolerável\ (por\ pessoa\ por\ ano) / DALYs\ (por\ caso\ de\ doença)$. O risco tolerável de doença pode ser ainda convertido em risco tolerável de infecção (pppa) conhecendo-se ou estimando-se a proporção de infecção : doença: $Risco\ tolerável\ de\ infecção\ ppa = Risco\ de\ doença / razão\ doença : infecção$ (BASTOS e BEVILACQUA, 2006; WHO, 2006a)

Tabela 2: diretrizes da OMS para o uso agrícola de esgotos sanitários

Categoria irrigação	Opção ⁽¹⁾	Tratamento de esgotos e remoção de patógenos (\log_{10}) ⁽²⁾	Qualidade do efluente	
			E.coli por 100 mL ⁽³⁾	Ovos de helmintos / L
Irrestrita	A	4	≤ 103	≤ 1 (4) ⁽⁵⁾
	B	3	≤ 104	
	C	2	≤ 105	
	D	4	≤ 103	
	E	6 ou 7	$\leq 10^1$ ou 10^0	
Restrita	F	4	≤ 104	
	G	3	≤ 105	
	H	< 1	≤ 106	

(1) Combinação de medidas de proteção à saúde (ver Figura 1). (A): cultivo de raízes e tubérculos; (B): cultivo de folhosas; (C): irrigação localizada de plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo; (D): irrigação localizada de plantas que se desenvolvem rentes ao nível do solo; (E): qualidade de efluentes alcançável com o emprego de técnicas de tratamento tais como tratamento secundário + coagulação + filtração + desinfecção; qualidade dos efluentes avaliada ainda com o emprego de indicadores complementares (por exemplo, turbidez, SST, cloro residual); (F): agricultura de baixo nível tecnológico e mão de obra intensiva; G: agricultura de alto nível tecnológico e altamente mecanizada; (H): técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógenos (por exemplo, tanques sépticos ou reatores UASB) associada ao emprego de técnicas de irrigação com elevado potencial de minimização da exposição (irrigação subsuperficial). (2) Remoção de vírus que associada a outras medidas de proteção à saúde corresponderia a uma carga de doenças virais tolerável $\leq 10^6$ DALY pppa e riscos menores de infecções bacterianas e por protozoários. (3) Qualidade do efluente (média geométrica durante o período de irrigação) correspondente à remoção de patógenos indicada em (2). (4) No caso de exposição de crianças (15 anos) recomenda-se um padrão e, ou, medidas complementares mais exigentes: $\leq 0,1$ ovo por L, utilização de equipamentos de proteção individual, tratamento quimioterápico. No caso da garantia da remoção adicional de $1 \log_{10}$ na higiene dos alimentos pode-se admitir ≤ 10 ovos por L. (5) Média aritmética em pelo menos 90 % do tempo, durante o período de irrigação. A remoção requerida de ovos de helmintos (\log_{10}) depende da concentração presente no esgoto bruto. Com o emprego de lagoas de estabilização, o tempo de detenção hidráulica pode ser utilizado como indicador de remoção de helmintos. No caso da utilização de técnicas de tratamento mais complexas (opção E), o emprego de outros indicadores (por exemplo, turbidez ≤ 2 uT) pode dispensar a verificação do padrão ovos helmintos. No caso de irrigação localizada, em que não haja contato da água com as plantas e na ausência de riscos para os agricultores (por exemplo, opção H) o padrão ovos de helmintos poderia ser dispensável.

Fonte: Adaptado de WHO (2006a)

Os exercícios de avaliação de risco sugerem que para alcançar uma meta de carga de doenças virais (rotavírus) $\leq 10^{-6}$ DALY pppa, deve-se garantir uma redução de $6 - 7 \log_{10}$ deste patógeno para as situações mais desfavoráveis: irrigação de culturas ingeridas cruas e que se desenvolvem rente ao solo e de raízes e tubérculos (irrigação irrestrita, risco do consumidor e risco do trabalhador / ocupacional).

Tais níveis de proteção podem ser alcançados por meio de técnicas adequadas de tratamento de esgotos, combinadas ou complementadas com a remoção adicional por decaimento natural no ambiente e, ou, com medidas outras de proteção à saúde, tais como: técnicas de irrigação que minimizem o contato esgoto-planta ou a exposição humana, uso de equipamentos de proteção individual, higiene dos alimentos. Para a irrigação restrita (risco do trabalhador / ocupacional), sugere-se que para alcançar uma meta de carga de doenças virais (rotavírus) $\leq 10^{-6}$ DALY pppa, deve-se garantir uma redução de $4 \log_{10}$ em termos de *E.coli*. No que diz respeito aos riscos associados a doenças helmínticas, o padrão de qualidade de efluentes permanece baseado nas evidências epidemiológicas disponíveis (BLUMENTHAL et al, 2000) ao se reconhecer a insuficiência de informações para a aplicação da metodologia de AQRM e estimativa de DALYs (WHO, 2006a)

Em geral, observa-se que os países em desenvolvimento tendem a adotar o 'padrão OMS' (mais flexível), às vezes, pragmaticamente, enfatizando a restrição de cultivos ao invés do estabelecimento de padrões explícitos de qualidade microbiológica. Entretanto, a fácil violação destas 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', por vezes tornando-o ainda mais exigente, por exemplo, pela adoção de restrição de cultivos aliada a padrões microbiológicos rigorosos. Em algumas normas, o cultivo de hortaliças é expressamente proibido. As notórias exceções a essa tendência são França e Portugal, cujas normas são nitidamente baseadas nas diretrizes da OMS (BLUMENTHAL et al, 2000; MARECOS DO MONTE, 2007).

Critérios de qualidade microbiológica da água para reúso na piscicultura

Em um dos poucos estudos epidemiológicos conhecidos, risco em excesso de doenças diarreicas

foi identificado em crianças com exposição intensa à piscicultura com a utilização de excretas – associado com o consumo de peixes e, principalmente, com o contato com a água do tanque de piscicultura ($3,9 \times 10^4$ CTer / 100 mL).

Simulações (AQRM) de intensa exposição (ingestão de 10 - 100 mL por dia de água de tanques de piscicultura durante 300 dias por ano) indicaram que a meta de carga de doenças $\leq 10^{-6}$ DALY pppa é alcançável com a utilização de efluentes com $10^3 - 10^4$ *E.coli* por 100 mL (WHO, 2006b). Portanto, a OMS sugere o seguinte padrão de qualidade da água: (i) proteção da saúde do trabalhador e do público com acesso às áreas de piscicultura $\leq 10^3$ *E.coli* por 100 mL no tanque de piscicultura ou $\leq 10^4$ *E.coli* por 100 mL no afluente ao tanque; (ii) proteção dos consumidores $\leq 10^4$ *E.coli* por 100 mL no tanque de piscicultura ou $\leq 10^5$ *E.coli* por 100 mL no afluente ao tanque (WHO, 2006b). Os helmintos de maior interesse no caso de uso de esgotos sanitários em piscicultura são os trematóides, mas não se pode ignorar a possibilidade de transmissão de nematóides humanos no caso do contato com a água e de manipulação ou consumo de peixes.

Nesse caso, ao se reconhecer a insuficiência de informações para a aplicação da metodologia de AQRM e estimativa de DALYs, as diretrizes da OMS apontam para a minimização ou ausência de riscos potenciais, sugerindo os seguintes padrões de qualidade da água: ausência de ovos de trematóides e ≤ 1 ovo nematóides / L (WHO, 2006b).

Critérios de qualidade microbiológica da água para reúso urbano

A USEPA (2004), considera as categorias de reúso urbano restrito e irrestrito, de acordo com grau de restrição de acesso ao público (controle da exposição) e, conseqüentemente, com distintas exigências de tratamento e de padrão de qualidade de efluentes (Tabela 3). As exigências de remoção de matéria orgânica (DBO) e sólidos (SST), dependendo do tipo de uso, são justificadas em termos de inconvenientes estéticos (aparência, maus odores), disponibilidade de nutrientes para o crescimento microbiano e comprometimento da desinfecção.

Os coliformes servem de indicadores da eficiência de desinfecção e a turbidez, como indicador estético e indicador auxiliar da remoção de patógenos. As diretrizes da OMS pouco se dedicam aos usos urbanos, referindo-se apenas à irrigação de parques e jardins, para o que sugere um padrão de ≤ 200 CTer por 100 mL (WHO, 1989).

Tabela 3: diretrizes da USEPA para usos urbanos de esgotos sanitários

Tipo de irrigação e cultura	Processo de tratamento	Qualidade do efluente
Usos urbanos irrestritos irrigação (campos de esporte, parques, jardins e cemitérios, etc) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso irrestrito ao público, descarga de toaletes, combate a incêndios, lavagem de veículos, limpeza de ruas e outros usos com exposição similar	Secundário + filtração + desinfecção (1)	pH 6 a 9 DBO \leq 10 mg L ⁻¹ . Turbidez \leq 2 uT ⁽²⁾ CRT \geq 1 mg L ⁻¹ . ⁽³⁾ CTer ND ⁽⁴⁾ Organismos patogênicos ND
Usos urbanos restritos irrigação (parques, canteiros de rodovias, etc.) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso controlado ou restrito ao público, abatimento de poeira em estradas vicinais, usos na construção (compactação do solo, abatimento de poeira, preparação de argamassa e concreto, etc.)	Secundário + desinfecção (1)	pH 6 a 9 DBO \leq 30 mg L ⁻¹ . SST \leq 30 mg L ⁻¹ CRT \geq 1 mg L ⁻¹ . ⁽³⁾ CTer \leq 200 por 100 mL ⁽⁵⁾

(1) O efluente tratado deve apresentar aparência e odores não objetáveis. (2) Turbidez pré-desinfecção, média diária; nenhuma amostra > 5 uT (ou 5 mg/L SST L-1). (3) CRT: cloro residual total após tempo de contato mínimo de trinta minutos; residuais ou tempos de contato mais elevados podem ser necessários para a garantia de inativação de vírus e parasitas; em sistemas de distribuição CRT \geq 0,5 mg L-1 para prevenir o desprendimento de odores e a formação de biofilmes. (4) CTer: coliformes termotolerantes; ND: não detectável; média móvel de sete dias; nenhuma amostra > 14 CTer por 100 mL; em situações de maior controle da exposição admite-se tratamento secundário + desinfecção e CTer < 14 por 100 mL. (5) Média móvel de sete dias; nenhuma amostra > 800 CTer por 100 mL; lagoas de estabilização podem alcançar o critério de qualidade sem a necessidade de desinfecção; desinfecção mais rigorosa (< 14 CTer por 100 mL) em situações de menor controle da exposição.
Fonte: Adaptado de USEPA (2004)

Diretrizes do PROSAB para reúso para fins agrícolas, urbanos e piscicultura.

Com base em resultados de pesquisas conduzidas no âmbito do PROSAB e no estado da arte do conhecimento sobre o tema, apresentam-se a seguir sugestões de critérios de qualidade microbiológica para a utilização de esgotos sanitários para as seguintes modalidades de reúso da água: uso agrícola, usos urbanos e piscicultura (Tabelas 4, 5 e 6).

Os critérios sugeridos para o reúso agrícola (Tabela 4) encontram consistência com os estudos de avaliação de risco e com as evidências epidemiológicas que fundamentam as diretrizes da OMS (WHO, 2006a). Os critérios para irrigação irrestrita têm por objetivo a proteção da saúde dos consumidores, dos trabalhadores e do público com acesso ou vizinho a áreas onde a irrigação é praticada. O padrão genérico $\leq 10^3$ CTer por 100mL

para a irrigação irrestrita apresenta margem de segurança (mais restritivo) se comparado com as diretrizes da OMS. Bastos et al (2007), demonstraram que a irrigação de hortaliças que crescem rente ao solo (alface e rúcula) com efluentes com esse padrão de qualidade (efluentes de lagoas de estabilização) resultou em produtos aceitáveis para consumo, de acordo com os critérios da legislação brasileira para a qualidade microbiológica de alimentos (BRASIL, 2001).

O mesmo foi verificado quando da irrigação de hortaliças que crescem distanciadadas do solo (pimentão e couve) com efluentes contendo em torno de 10^4 E.coli por 100 mL; daí a flexibilização assumida para o caso de irrigação irrestrita por gotejamento de culturas que se desenvolvem distantes do nível do solo, a qual também apresenta margem de segurança se comparada com as diretrizes da OMS.

Tabela 4: diretrizes do PROSAB para o uso agrícola de esgotos sanitários (1)

Categoria	CTer / 100mL (4)	ovos helmintos / L (5)	Observações
Irrigação irrestrita(2)	$\leq 1 \times 10^3$	≤ 1	$\leq 1 \times 10^4$ CTer / 100mL no caso de irrigação por gotejamento de culturas que se desenvolvem distantes do nível do solo ou técnicas hidropônicas em que o contato com a parte comestível da planta seja minimizado
Irrigação restrita(3)	$\leq 1 \times 10^4$	≤ 1	$\leq 1 \times 10^5$ CTer / 100mL no caso da existência de barreiras adicionais de proteção ao trabalhador (6) É facultado o uso de efluentes (primários e secundários) de técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógenos, desde que associado à irrigação subsuperficial(7)

(1) O padrão de qualidade de efluentes expresso apenas em termos de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos aplicam-se ao emprego de sistemas de tratamento por lagoas e por disposição no solo. Admite-se que nesses sistemas a remoção de (oo)cistos de protozoários é indicada pela remoção de ovos de helmintos. No caso de filtração terciária a turbidez deve ser utilizada como parâmetro indicador da remoção de protozoários. Para a irrigação irrestrita recomenda-se um padrão de turbidez ≤ 5 uT. Além disso, em sistemas que incluam a desinfecção deve-se recorrer aos parâmetros de controle da desinfecção (residual desinfetante e tempo de contato) necessários ao alcance do padrão estipulado para coliformes termotolerantes e para a remoção efetiva de vírus. (2) Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura, ou cultivo hidropônico, inclusive culturas alimentícias consumidas cruas. (3) Irrigação superficial ou por aspersão ou cultivo hidropônico de qualquer cultura não ingerida crua, inclui culturas alimentícias e não alimentícias, forrageiras, pastagens e árvores. (4) Coliformes termotolerantes: média geométrica durante o período de irrigação, alternativa e preferencialmente pode-se determinar E.coli. (5) Nematóides intestinais humanos: média aritmética durante o período de irrigação (6) Barreiras adicionais de proteção encontradas em agricultura de elevado nível tecnológico, incluindo o emprego de irrigação localizada e equipamentos de proteção individual. Exclui-se desta nota a irrigação de pastagens e forrageiras destinadas à alimentação animal. (7) Neste caso não se aplicam os limites estipulados de coliformes e ovos de helmintos, sendo a qualidade do efluente uma consequência das técnicas de tratamento empregadas.

Ainda do trabalho de Bastos et al (2007), a aplicação de modelos de AQRM, com o emprego de dados nacionais de consumo de hortaliças, revelaram riscos estimados de acordo com o risco tolerável assumido pela OMS (10^{-3} pppa ou 10^{-6} DALYs pppa). A inclusão de técnicas hidropônicas na categoria de irrigação irrestrita encontra respaldo e margem de segurança em estudos conduzidos por Keller e colaboradores: o cultivo hidropônico de alfaces com efluentes contendo $>10^3$ E.coli por 100 mL resultou em qualidade aceitável para consumo das hortaliças, de acordo com os critérios

da legislação sanitária brasileira (BRASIL, 2001) (MELO et al, 2006).

Em geral, os critérios sugeridos para a irrigação restrita seguem os princípios das diretrizes das OMS e têm por objetivo a proteção da saúde dos trabalhadores e do público com acesso ou vizinho a áreas onde a irrigação é praticada. O padrão sugerido para a irrigação de pastagens e forrageiras para alimentação animal encontra respaldo e margem de segurança em estudos conduzidos por Bevilacqua et al (2003) e Bevilacqua et al. (2006): o cultivo de forrageira com efluente,

contendo 10^6 E.coli por 100 mL e inoculado com elevadas populações de salmonela, não resultou em risco à saúde de animais alimentados com a forrageira

irrigada ou no comprometimento da qualidade sanitária do leite de caprinos e da carcaça de bovinos no abate.

Tabela 5: diretrizes do PROSAB para uso de esgotos sanitários em piscicultura

Categoria	CTer por100mL ⁽⁵⁾	ovos helmintos / L ⁽⁶⁾
Usos irrestritos(2)	≤ 200	≤ 1
Usos restritos(3)	$\leq 1 \times 10^4$	≤ 1
Uso predial (4)	$\leq 1 \times 10^3$	≤ 1

(1) Coliformes tertolerantes (média geométrica), alternativa e preferencialmente pode-se determinar E.coli. (2) média aritmética.

Com base nos referidos trabalhos os autores concluem que “os resultado permitem, pois, questionar critérios mais exigentes de qualidade de efluentes para irrigação de forrageiras e pastagens para rebanho de leite, a exemplo dos critérios norte-americanos, e sugerir que um padrão de qualidade em torno de 10^4 E.coli por 100 mL estaria revestido da segurança à saúde animal” (BEVILACQUA et al, 2006).

Os critérios sugeridos encontram ainda consistência com o estado da arte do conhecimento sobre remoção de patógenos por meio do tratamento de esgotos e sobre o alcance e limitações do emprego de indicadores para a avaliação da eficiência de remoção de organismos patogênicos (CHERNICHARO et al., 2006, WHO, 2006a). O conhecimento acumulado permite inferir que efluentes de sistemas de tratamento por lagoas contendo $\leq 10^3$ CTer por 100 mL estejam virtualmente livres de bactérias patogênicas e vírus. Estudos de von Sperling et al. (2003), Bastos et al. (2006a) e Bastos et al (2006b), demonstraram o rápido decaimento de Samonella sp. e confirmam a suficiência de tempos de detenção hidráulica de 8 -10 dias para a remoção de ovos de helmintos.

Em sistemas de lagoas a remoção de (oo)cistos de protozoários seria indicada pela remoção de ovos de helmintos. Para outros processos de tratamento não há indicadores microbiológicos aplicáveis para a remoção de parasitas. No caso de filtração terciária a turbidez deve ser utilizada como parâmetro indicador da remoção de protozoários e, por conseguinte de ovos de helmintos.

Reconhece-se aqui que o padrão sugerido de 5 uT carece de melhor fundamentação, tendo-se recorrido

aos valores máximos usualmente incluídos em regulamentações norte-americanas. Em sistemas que incluam a desinfecção deve-se recorrer aos parâmetros de controle da desinfecção (residual desinfetante e tempo de contato) necessários ao alcance do padrão estipulado para coliformes termotolerantes e para a remoção efetiva de vírus.

Os critérios de qualidade sugeridos para o reúso na piscicultura visam à proteção da saúde do consumidor, do trabalhador (inclusive das pessoas envolvidas na comercialização e processamento do produto) e do público com acesso às áreas de piscicultura e também encontram consistência com os estudos de avaliação de risco e com as evidências epidemiológicas que fundamentam as diretrizes da OMS (WHO, 2006b).

A diferença entre a qualidade bacteriológica exigida para o afluente e no tanque de piscicultura refere-se à expectativa de redução de $1 \log_{10}$ no tanque, por decaimento adicional ou efeito de diluição (WHO, 2006b). Em relação à qualidade bacteriológica no tanque de cultivo de peixes, deve-se acrescentar que diversos trabalhos indicam que a penetração de bactérias no músculo dos peixes só ocorre quando sua densidade na água estiver acima de 10^4 - 10^5 organismos por 100 mL, sendo que tais limites estariam associados a mecanismos de defesa natural no organismo dos peixes (WHO, 2006b).

Nesse sentido, Bastos et al (2003) demonstraram que o cultivo de tilápias com efluentes de lagoas de polimento com $\leq 10^3$ E.coli por 100mL resultou em ausência de E.coli no músculo dos peixes. Resultados similares são reportados por Moscoso et al (1992).

Tabela 6: diretrizes do PROSAB para usos urbanos de esgotos sanitários ⁽¹⁾

Categoria	CTer por100mL ⁽⁵⁾	ovos helmintos / L ⁽⁶⁾
Usos irrestritos(2)	≤ 200	≤ 1
Usos restritos(3)	≤ 1 x 10 ⁴	≤ 1
Uso predial (4)	≤ 1 x 10 ³	≤ 1

(1) O padrão de qualidade de efluentes expresso apenas em termos de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos aplicam-se ao emprego de sistemas de tratamento por lagoas. Admite-se que nesses sistemas a remoção de (oo)cistos de protozoários é indicada pela remoção de ovos de helmintos. No caso de filtração terciária a turbidez deve ser utilizada como parâmetro indicador da remoção de protozoários. Para os usos irrestritos recomenda-se um padrão de turbidez ≤ 5 uT. Além disso, em sistemas que incluam a desinfecção deve-se recorrer aos parâmetros de controle da desinfecção (residual desinfetante e tempo de contato) necessários ao alcance do padrão estipulado para coliformes termotolerantes e para a remoção efetiva de vírus. (2) Irrigação (campos de esporte, parques, jardins e cemitérios, etc) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso irrestrito ao público, limpeza de ruas e outros usos com exposição similar. (3) Irrigação (parques, canteiros de rodovias, etc.) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso controlado ou restrito ao público, abatimento de poeira em estradas vicinais, usos na construção (compactação do solo, abatimento de poeira, etc.). (4) Descarga de toaletes.(5) Coliformes tertolerantes (média geométrica), alternativa e preferencialmente pode-se determinar E.coli. (6) Nematóides intestinais humanos; média aritmética

Os critérios sugeridos para os usos restritos e irrestritos têm por objetivo a proteção da saúde dos usuários e transeuntes em áreas e instalações com aplicação de efluentes, trabalhadores em contato direto com a água de reúso, solo, material e instalações onde o esgoto é aplicado ou utilizado. Talvez aqui residam as maiores lacunas de informação em termos de evidências epidemiológicas e exemplos de estimativa de risco com base em modelos de AQRM. O padrão de $\leq 2 \times 10^2$ CTer por 100mL sugerido para usos urbanos irrestritos é baseado em sugestões da OMS para a irrigação de campos de esportes, parques e jardins com acesso irrestrito de público, incluindo a exposição de grupos mais sensíveis como crianças e idosos, embora se admita que tal recomendação carece de melhor fundamentação (WHO, 1989).

Acredita-se que, em uma abordagem conservadora, o critério possa ser coerentemente extrapolado para outros usos com características de exposição similar.

O padrão de $\leq 10^4$ CTer por 100mL para usos urbanos restritos é assumido como coerente com o padrão mais exigente recomendado pela OMS para a irrigação restrita, assumindo para as duas situações características similares de exposição. O padrão de $\leq 10^3$ CTer por 100 mL para uso em descarga de toaletes encontra respaldo e margem de segurança em estudos de avaliação de risco disponíveis na literatura (REF) e em trabalhos conduzidos

no PROSAB: (i) Ornelas et al (2005), investigando a qualidade microbiológica de selos hídricos de vasos sanitários em prédios públicos encontraram densidades médias de coliformes termotolerantes entre $10-10^4$ organismos por 100 mL; (ii) Cohim et al (2006), avaliando a geração de bioaerossóis durante a descarga de vasos sanitários com água contendo 106 CTer por 100 mL não encontraram organismos indicadores a 1,0 m de altura (50 cm acima do vaso); (iii) Cohim e Kiperstok (2007), utilizando a metodologia AQRM para um cenário de exposição de utilização de águas cinzas para descarga de toaletes ($\approx 10^3$ E.coli por 100 mL), estimaram riscos para infecções virais de $7,1 \times 10^{-4}$ ($< 1 \mu$ DALY pppa).

Esses estudos indicam que: (i) a densidade de coliforme termotolerantes usualmente encontrada em vasos sanitários de prédios é superior aos valores indicados em legislações para reúso de vários países, sugerindo que as mesmas possam ser excessivamente restritivas; (ii) a utilização de águas de reúso com qualidade equivalente à usualmente encontrada em selos hídricos dos vasos não deve introduzir riscos em excesso em relação aos que os usuários já estejam eventualmente expostos; (iii) limites de 10^3 CTer por 100 mL são freqüentemente estabelecidos em regulamentações de qualidade da água para recreação de contato primário, inclusive a brasileira; (iv) o reúso em descarga de toaletes apresenta exposição menos

intensa à que ocorre em usos recreativos de contato primário e, portanto, é possível sugerir, com boa margem de segurança, o mesmo padrão de qualidade de água (e, por que não também para outros usos urbanos apesar de se ter adiantado um critério mais restritivo?).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os critérios sugeridos limitam-se a aspectos de proteção à saúde. Julga-se que, em geral, não seja necessário estabelecer limites para parâmetros tais como DBO, DQO e SST, sendo as concentrações efluentes uma consequência das técnicas de tratamento compatíveis com a qualidade microbiológica estipulada. Todavia, há que se considerar a necessária atenção para as devidas especificidades em cada modalidade de reúso, tais como: risco à saúde relacionado a substâncias químicas, impactos no solo associados à salinidade e sodicidade da água de irrigação, entupimento de sistemas de irrigação devido às características físicas, químicas e biológicas dos efluentes, toxicidade da amônia aos peixes, aspectos estéticos e de geração de odores no caso de reúso urbano e predial, etc (BASTOS e BEVILACQUA, 2006). Entende-se, entretanto, que grande parte desses aspectos possam ser objeto de recomendações de boas práticas aplicáveis a cada tipo de uso da água e não necessariamente do estabelecimento de padrões.

Assugestões apresentadas têm por objetivo fomentar a discussão em torno de padrões adequados à realidade brasileira e, nesse sentido, é importante registrar que na formulação de marcos regulatórios para o reúso da água, o problema deve ser considerado em suas várias dimensões: de saúde pública, ambiental, econômica e financeira, social e cultural. A questão cultural, deve ser adequadamente dimensionada, pois pode determinar a aceitação ou rejeição pública do reúso, mas isso não deve servir de argumento para o estabelecimento de padrões excessivamente restritivos ou à mera proibição de algumas práticas, por exemplo, do cultivo de produtos comestíveis. O rigor desejado pode não ser sustentável do ponto de vista de custo (de tratamento de esgotos) x benefício (ganhos adicionais em proteção à saúde) (FATTAL et al, 2004). Por sua vez, a mera proibição de práticas de reúso pode se revelar inócua, cabendo reconhecer que o reúso indireto, inclusive para a irrigação de produtos comestíveis é uma realidade no país, tendo em vista as baixas estatísticas de tratamento de esgotos.

Por fim, cabe ressaltar que os critérios sugeridos são permeados pelo pressuposto de proteção à saúde baseado em carga de doença tolerável de 10^6 DALYs pppa, assumido pela OMS na formulação das diretrizes de qualidade da água para consumo humano (WHO, 2004) e para reúso. Entretanto, na visão de alguns autores

este é um valor conservador se comparado à incidência global de doenças diarreicas (MARA, 2007).

Enfim, a boa discussão sobre a definição de critérios de qualidade microbiológica da água para reúso deve tomar como referência evidências epidemiológicas, estudos de avaliação de risco e não pode fugir à seguinte questão: o que é 'risco tolerável' no contexto da realidade brasileira?

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho é resultado da experiência e da contribuição de vários pesquisadores reunidos no Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), financiado pela FINEP / CNPq e CEF.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos *Diário Oficial da União, Brasília*. 10/01/01. Disponível em <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>> Acesso em 05 abr. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução No 54, de 28 de Novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. *Diário Oficial da União, Brasília*. 09/03/06. Disponível em <<http://www.cnrh-srh.gov.br/>> Acesso em: 10 mar. 2006.

BASTOS, R.K.X.; FREITAS, A.S.; SALARO, A.L.; LANNA, E.A.T.; BEVILACQUA, P.D. Avaliação da produção de tilápia do Nilo com efluente de lagoa de estabilização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, Joinville-SC, 2003. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2003 (CD-ROM).

BASTOS, R.K.X.; BEVILACQUA, P. D. Normas e critérios de qualidade para reúso da água. In: FLORÊNCIO, L.; BASTOS, R.K.X.; AISSE, M.M. (Org.). *Tratamento e utilização de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro: ABES, 2006, p. 17-62 (Projeto PROSAB).

BASTOS, R.K.X.; BEVILACQUA, P.D.; SILVA, C.A.B.; ANDRADE, R.C.; CHAGAS, R.C. Removal of helminth eggs in polishing pond. A case study in southeast Brazil. In: IWA SPECIALIST GROUP CONFERENCE ON WASTE STABILIZATION PONDS. ADVANCES IN POND TECHNOLOGY AND MANAGEMENT, 7,

- Bangkok, Thailand, 2006. *Proceedings...* Bangkok: IWA, AIT, 2006a. (CD-ROM).
- BASTOS, R.K.X.; BEVILACQUA, P.D.; SILVA, C.A.B.; RIOS, E.N.; ANDRADE, R.C.; OLIVEIRA, R.B. *E. coli* and salmonella removal in polishing ponds. A case study in southeast Brazil. In: IWA SPECIALIST GROUP CONFERENCE ON WASTE STABILIZATION PONDS. ADVANCES IN POND TECHNOLOGY AND MANAGEMENT, 7, Bangkok, Thailand, 2006. *Proceedings...* Bangkok: IWA, AIT, 2006b. (CD-ROM).
- BASTOS, R.K.X.; BEVILACQUA, P.D.; SILVA, C.A.B.; SILVA, C.V. Wastewater irrigation of salad crops: further evidence for the evaluation of the WHO guidelines. In: IWA CONFERENCE ON WASTEWATER RECLAMATION AND REUSE FOR SUSTAINABILITY, 6, 2007, Antwerp-Belgium. *Proceedings...* Antwerp: International Water Association, 2007. (CD-ROM).
- BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X.; PINTO, P. S. A.; TAKARABE, J. M.; BANDEIRA, M. L. MÂNCIO, A. B. Avaliação da qualidade sanitária de bovinos alimentados com forrageira irrigada com esgotos sanitários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, Joinville-SC, 2003. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES (CD ROM).
- BEVILACQUA, P.D.; BASTOS, R.K.X.; LANNA, E.A.T. Uso de esgotos tratados para produção animal. In: FLORÊNCIO, L.; BASTOS, R.K.X.; AISSE, M. M. (Org.). *Tratamento e utilização de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro: ABES, 2006, p. 275-330 (Projeto PROSAB).
- BLUMENTHAL, U. J.; PEASEY, A.; RUIZ-PALACIOS, G.; MARA, D.D. Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence. London: WELL, 2000 (WELL Study, Task No 68). Disponível em <<http://www.lboro.ac.uk/well>> Acesso em: 22 jan. 2008.
- CARR, R.M., BLUMENTHAL, U. J. MARA, D.D. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture: developing realistic guidelines. In: SCOT, C.A.; FARUQUI, N.I.; RASHID-SALY, L. (ed.) *Wastewater use in irrigated agriculture: coordinating the livelihood and environmental realities*. Wallingford: CAB International, IWMI, IDRC, 2004.
- CHERNICHARO, C.A.L.; FLORÊNCIO, L.; BASTOS, R.K.X.; PIVELI, R.P.; VON SPERLING, M.; MONTEGGIA, L.O. Tratamento de esgotos e produção de efluentes adequados a diversas modalidades de reúso da água. In: FLORÊNCIO, L.; BASTOS, R.K.X.; AISSE, M. M. (Org.). *Tratamento e utilização de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro: ABES, 2006, p. 63-110 (Projeto PROSAB).
- COHIM, E.; KIPERSTOK, A.; BÓRTOLI, E. Avaliação de risco à saúde humana do reúso de águas residuárias tratadas em descargas de vaso sanitário: a rota dos aerossóis. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30, Punta del Este, Uruguay, 2006. *Anais...* Montevideo: AIDIS, 2006. (CD-ROM).
- COHIM, E.; KIPERSTOK, A. Avaliação de risco microbiológico para definição de qualidade de reúso: águas cinzas para descarga em vasos sanitários. In: WORKSHOP USO E REÚSO DE AGUAS RESIDUÁRIAS E SALINAS, 2. Viçosa-MG, 2007. *Anais...* Viçosa: UFV, 2007 (CD ROM).
- CROOK, J. Health aspects of water reuse in California. *Journal of the Environmental Engineering Division, ASCE*, v.104 (EE4), pp. 601-610, 1978.
- FATTAL B., LAMPERT, Y. SHUVAL, H. I. A fresh look at microbial guidelines for wastewater irrigation in agriculture: a risk-assessment and cost-effectiveness approach. In: Scot, C.A.; Faruqui, N.I. and Rashid-Saly, L. (ed.). *Wastewater use in irrigated agriculture: coordinating the livelihood and environmental realities*. Wallingford: CAB International, IWMI, IDRC, 2004.
- HAAS, C. N, ROSE, J., GERBA, C. P. *Quantitative microbial risk assessment*. New York: John Wiley & Sons, 1999. 449p.
- HUNTER P. R.; FEWTRELL, L. Acceptable risk. In: FEWTRELL, L; BARTRAM J. (ed.) *Water quality guidelines, standards and health: assessment of risk and risk management for water related infectious disease*. pp. 207-227. Geneva: WHO, 2001.
- MARA D. D. How to transpose the 2006 WHO guidelines into national standards. In: IWA CONFERENCE ON WASTEWATER RECLAMATION AND REUSE FOR SUSTAINABILITY, 6, 2007, Antwerp-Belgium. *Proceedings...* Antwerp: International Water Association, 2007. (CD-ROM)
- MARA D. D. , SLEIGH P. A.; BLUMENTHAL U. J.; CARR RM Health risks in wastewater irrigation: comparing estimates from quantitative microbial risk analyses and epidemiological studies. *Journal of Water and Health*, v.5, n. 1. pp 39-50, 2007.
- MARECOS DO MONTE, M. H. F. Guidelines for good practice of wastewater reuse for irrigation: Portuguese standard NP 4434. In: ZAIDI, M. K. (ed) *Wastewater*

SUBSÍDIOS À REGULAMENTAÇÃO DO REÚSO DA ÁGUA NO BRASIL – UTILIZAÇÃO DE ESGOTOS SANITÁRIOS TRATADOS PARA FINS AGRÍCOLAS, URBANOS E PISCICULTURA
SUBSIDIES FOR WATER REUSE REGULATION IN BRAZIL – USE OF TREATED WASTEWATER IN AGRICULTURE, URBAN ACTIVITIES AND AQUACULTURE

reuse - risk assessment, decision-making and environmental security. Heidelberg: Springer, pp. 253-265, 2007.

MELO, H. N. S.; ANDRADE NETO, C. O.; ABUJAMRA, R. C. P.; KELLER, R.; LAPOLLI, F. R. Utilização de esgotos tratados em hidroponia. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M (coord). *Tratamento e utilização de esgotos sanitários.* Rio de Janeiro: ABES, , 2006a. p. 239-274

MOSCOSO, J. C.; NAVA, H.; FLÓREZ, A. M. *Reuso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan. Sección III. Acuicultura.* Lima, Peru: CEPIS, 1992.

ORNELAS, P; KIPERSTOK, A. ; CRUZ, C. S.; MONTEGGIA, L .O.; COHIM, E. Qualidade d'água em vasos sanitários: uma contribuição ao debate sobre os critérios de qualidade d'água para reúso não potável. In: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, Campo Grande, MS, 2003. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2003b.(CD-ROM).

PETTERSON, S. A.; ASHBOLT, N.J. WHO *Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture: microbial risk assessment section, 2002. 36p.* Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/mrareview.pdf>. Acesso em 23 ago. 2007.

SCOT, C.A.; FARUQUI, N.I.; RASHID-SALY, L. (ed.) *Wastewater use in irrigated agriculture: coordinating the livelihood and environmental realities.* Wallingford: CAB International, IWMI, IDRC, 2004

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Guidelines for water reuse.* 2nd ed. Washington DC: USEPA, 2004. (Report No. EPA/625/R-04/108). Disponível em: <<http://www.epa.gov/ord/NRMRL/pubs/625r04108/625r04108.pdf>> . Acesso em 23 ago. 2005.

von SPERLING, M., BASTOS, R. K. X., KATO, M. T. Removal of *E.coli* and helminth eggs in UASB- polishing ponds systems. *Water Science and Technology*, v. 51 n.12, pp.91-98, 2005.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Health guidelines for use of wastewater in agriculture and aquaculture.* Geneva: WHO, 1989 (Technical Report Series, 778). Disponível em <http://www.who.int/trs/WHO_TRS_778.pdf> Acesso em 13. dez. 2006.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 2: Wastewater use in agriculture.* Geneva: WHO. 2006a. 213p. Disponível em <www.who.int/water_sanitation_health/wastewater> Acesso em 12. fev.2008.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 3: Wastewater and excreta use in aquaculture.* Geneva: WHO. 2006b. 149p. Disponível em <www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/> Acesso em 12. fev.2008.