

Ministério da Saúde
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
Escola Nacional de Saúde Pública

“Análise e Discussão dos Conceitos e Legislação Sobre Reuso de Águas Residuárias”

por

Marcos Roberto Muffareg

*Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de Mestre em Ciências
na área de Saúde Pública*

Orientador: Prof Dr. Odir Clécio da Cruz Roque

Rio de Janeiro, Abril/2003

FICHA CATALOGRÁFICA

Catálogo na fonte
Centro de Informação Científica e Tecnológica
Biblioteca Lincoln de Freitas Filho

M949a Muffareg, Marcos Roberto
Análise e discussão dos conceitos e legislação sobre
reuso de águas residuárias./ Marcos Roberto Muffareg. Rio
de Janeiro : s.n., 2003.
72p., tab

Orientador: Roque, Odir Clécio da Cruz
Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Nacional
de Saúde Pública.

1.Tratamento de Águas Residuárias 2.Águas
Residuárias - legislação 3.Redes de Esgoto

CDD - 20.ed. – 628.3

DEDICATÓRIA

**Dedico essa obra ao meu pai,
Jorge David Muffareg
(*in memoriam*)**

AGRADECIMENTOS

- A Fundação Oswaldo Cruz, através da Escola Nacional de Saúde Pública – ENSP pela oportunidade.
- Ao meu amigo e orientador Prof. Dr. Odir Clécio da Cruz Roque pela sua magnitude enquanto ser humano e por incorporar de forma irretocável a semântica ORIENTAR.
- A todos os professores da ENSP pela dedicação em repassar os conhecimentos necessários para o embasamento deste trabalho, e em especial ao Prof. Aldo Pacheco Ferreira pelo apoio irrestrito.
- Ao Dr. Guilherme Franco Netto pelo apoio, incentivo e compreensão da importância da capacitação técnica e científica.
- A todos os meus companheiros de trabalho e amigos da Divisão de Engenharia de Saúde Pública - DIESP, FUNASA-RJ, que me apoiaram e colaboraram para a realização deste trabalho.
- Ao companheiro Engº Sadi Coutinho Filho pelo apoio que me possibilitou superar as dificuldades institucionais.
- Ao meu grande mestre Carlos Virgílio Napoleão de Miranda.
- Ao Engº Johnny Ferreira dos Santos pelo vasto e importante material gentilmente cedido.
- Aos meus colegas de turma Ernesto, João, Márcio, Tatsuo e em especial aos meus grandes amigos Lúcio Henrique Bandeira e Francisco de Assis Quintieri, elos de uma corrente de companheirismo e ajuda mútua.
- Aos funcionários do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental pelo apoio.
- A minha amiga Maria Márcia Badaró Bandeira pela dedicação e carinho com que realizou a revisão ortográfica.
- A todos os meus familiares, em especial a minha mãe Núbia, que compreenderam os momentos da minha ausência.
- A minha esposa Vera e minha filha Rachel pelo carinho, paciência e incentivos inesgotáveis, força motriz para a conclusão deste trabalho.
- A todos que de forma direta ou indireta colaboraram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Apesar da água ser considerada um recurso natural renovável, a mudança dos ecossistemas, a dinâmica das cidades, a demanda aumentada e diversificada desse recurso mineral nos alerta para sua eminente escassez como fonte de manutenção da vida, seja nas atividades produtivas, agropastoris e até mesmo para o abastecimento público.

No Brasil, antes de abordarmos a questão do reuso de água, é importante nos darmos conta do enorme déficit de cobertura de sistemas de esgotos sanitários, com o devido tratamento, adequado aos corpos receptores. Esse déficit além contribuir para a deterioração dos nossos corpos hídricos, interferir na saúde pública, vem cada vez mais, devido ao alto custo no tratamento da água para abastecimento, se transformando em um fator econômico de extrema relevância.

Essa demanda por água tem levado os diversos países a se preocupar além da proteção dos seus mananciais a aprofundar estudos sobre reuso das águas servidas. Em todo o mundo, atualmente, estão sendo desenvolvidos vários estudos e revisando várias normas, diretrizes e legislações referentes a reuso de águas residuárias.

Pretende-se com esse trabalho, discutir o conceito do reuso de águas, apresentar algumas experiências exitosas pelo mundo e levantar normas e legislações existentes no Brasil e em vários países, a fim de contribuir na construção de um pensar integrado sobre o reuso, que por fim vá ao encontro dos esforços existentes para construção de uma legislação específica sobre o reuso de águas residuárias.

Palavras – Chave: Reuso de águas residuárias; Tratamento de esgotos sanitários; Legislação sobre reuso

ABSTRACT

Despite the water be consider a renewable natural resource, the ecosystem change, the dynamics of the cities, the demand increased and diversified of this mineral resort alert us for its eminent scarcity as spring of life maintenance, be in the productive activities, cattle maintenance and to even for the public supplying.

In Brazil, before of developing the subject of water reuse, it is important to take into account the huge sanitary sewers systems cover deficit, with the suitable handling, appropriate to the water bodies receivers. This deficit not only contributes for the water courses deterioration, but also interferes in the public health, and comes even more, due to the high cost in the treating water system for public supplying, being transformed in an economic factor of extreme relevance.

This water demand has lead several countries to be concerned, beyond its water reserve protection, to implement studies about reuse of wastewater. In the world, at present, are being developed many studies, norms, directives and legislation aiming the wastewater reuse.

It's intended with this dissertation, discuss the concept of the water reuse, present some successful experiences around the world and raise norms and existing legislation in Brazil and in several countries, in order to contribute in the construction of an integrated think about the reuse, that finally goes of meeting to the existing efforts for construction of an specific legislation about the wastewater reuse.

Key words: Wastewater Reuse; Treatment of Sanitary Sewers; Legislation of Reuse

ÍNDICE DE FIGURAS		PÁG
Figura 01	Remoção de Coliformes Fecais nas Lagoas de Estabilização de San Juan	27
Figura 02	Projeto Aqüicultura de San Juan - Qualidade Sanitária dos Peixes	28

ÍNDICE DE QUADROS		PÁG
Quadro 01	Cobertura com Sistemas Públicos de Abastecimento de Água	06
Quadro 02	Coberturas com Sistemas Públicos de Esgotamento Sanitário	07

ÍNDICE DE TABELAS		PÁG
Tabela 01	Principais Características Físicas dos Esgotos Domésticos	10
Tabela 02	Principais Características Químicas dos Esgotos Domésticos	11
Tabela 03	Principais Características Quantitativas Químicas e Físicas dos Esgotos Domésticos	12
Tabela 04	Principais Características Biológicas dos Esgotos Domésticos	13
Tabela 05	Microrganismos presentes nos Esgotos Domésticos	13
Tabela 06	Parâmetros Médios de Qualidade de Água Industrial	20
Tabela 07	Produção do Feijão Panamito	29
Tabela 08	Evolução Histórica da Legislação sobre reuso de águas residuárias	31
Tabela 09	Critérios de Qualidade para Irrigação com Águas Residuárias Tratadas	36
Tabela 10	Diretrizes da OMS para Utilização de Águas Residuárias Tratadas na Agricultura	62
Tabela 11	Diretrizes Revisadas de Microbiologia Recomendadas para Utilização de Águas Residuárias na Agricultura	64

ÍNDICE GERAL DE ASSUNTOS	PÁG
FICHA CATALOGRÁFICA	i
DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE QUADROS	vii
ÍNDICE DE TABELAS	viii
ÍNDICE GERAL DE ASSUNTOS	ix
1 – INTRODUÇÃO	01
2 – OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO	04
2.1 – Objetivos Gerais	04
2.2 – Objetivos Específicos	04
3 – REVISÃO DE LITERATURA: ASPECTOS METODOLÓGICOS	05
3.1 – Demanda por Sistemas e Tratamento de Esgotos	05
3.2 – Principais Características dos Esgotos	10
3.3 – Conceituação de Reuso de Água	14
3.4 – Experiências de Reuso de Águas Residuárias	18
3.5 – Normas e Legislações Existentes pelo Mundo	30
3.6 – Legislação existente no Brasil	49
4 – RESULTADOS	61
4.1 – Novas Tendências	61
5 – CONCLUSÃO	68
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

1 - INTRODUÇÃO

O reuso da água para fins não potáveis foi impulsionado em todo mundo nas últimas décadas, devido a crescente dificuldade de atendimento da demanda de água para os centros urbanos e algumas localidades no meio rural, pela escassez cada vez maior de mananciais próximos e/ou de qualidade adequada para abastecimento após tratamento convencional. Com a política do reuso, importantes volumes de água potável são poupados, usando-se água de qualidade inferior, geralmente efluentes secundários pós-tratados, para atendimento das finalidades que podem prescindir da potabilidade.

As imagens mais comuns associadas ao reuso da água são normalmente àquelas ligadas ao abastecimento doméstico, industrial e agrícola. O reuso da água, entretanto, afeta outras utilizações do recurso hídrico, como a da diluição dos despejos nos cursos d'água receptores, o uso de mananciais para abastecimento, a navegação, as atividades recreacionais, a pesca, e mesmo a geração de energia elétrica. Torna-se assim recomendável que o reuso da água seja abordado sob a ótica do uso múltiplo dos recursos hídricos.

São muitas as formas e configurações de reuso da água. A seleção de uma determinada alternativa deve considerar seus efeitos locais e sobre as regiões vizinhas, em cenários atual e estimado para o futuro. Os impactos sociais, ambientais e econômicos, positivos e negativos do reuso planejado, devem ser criteriosamente avaliados para que a proposta se aproxime da *ótima* na exploração do recurso hídrico.

A forma de reuso pode ocasionar importantes alterações na qualidade e na quantidade das águas, bem como na morfologia dos corpos d'água devido a mudanças no regime de transporte da descarga sólida nestes cursos.

A transposição do recurso hídrico entre bacias hidrográficas pode às vezes gerar conflitos entre as necessidades dos usuários das bacias afetadas, trazendo para a bacia importadora, como a da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), por exemplo, a necessidade de captar mananciais adequados cada vez mais distantes do pólo consumidor (ABES, 1992).

Por outro lado, a bacia exportadora do recurso hídrico tem sua oferta para consumo local diminuída, com eventuais prejuízos para manutenção de sua qualidade de

vida. O reuso das águas surge como forma de minimizar, ou mesmo evitar, estes conflitos.

Um programa de reuso da água não pode prescindir de informações confiáveis a respeito das características quantitativas e qualitativas do recurso hídrico, alvo do estudo, tanto o superficial como o subterrâneo. Devem ser avaliadas as demandas de água, as cargas poluidoras afluentes aos cursos d'água e a autodepuração que eles possam promover (ABES, 1992).

As variáveis qualitativas e quantitativas significativas devem ser selecionadas e monitoradas com uma frequência e duração satisfatórias. A confiabilidade destas informações aumenta com a extensão das séries históricas de dados, fato importante a considerar no dimensionamento e na operação das redes de monitoramento (ABES, 1992).

A água pura é mercadoria rara. E o desperdício é a prática comum. De toda a água do planeta, apenas seis por cento servem ao consumo humano. Estima-se que no século XXI a água será produto escasso em diversos países, pelo aumento do consumo doméstico, na agricultura e na indústria (Jornal O GLOBO, 08 de maio de 1992, pg 16).

Dentre os principais fatores que afetam o reuso da água, além da qualidade e da quantidade para os diversos fins, estão as normas e a legislação adequadas de reuso, ainda não discutidos no Brasil até o momento. Faz-se necessário fomentar uma ampla discussão sobre reuso no nosso país que contemple as finalidades, propostas de redução de tarifas, lugares prioritários, estudos e locais onde programas estejam em andamento.

Para concretizar e alavancar, principalmente em cidades e municípios brasileiros programas com essas finalidades, essa dissertação levanta os dados de necessidade de água para o consumo humano disponíveis em alguns países do chamado mundo desenvolvido, comparando esses resultados com dados brasileiros, evidenciando que, apesar de existir percentual significativo de água em terras brasileiras, existem necessidades localizadas de economia de água nas principais cidades brasileiras. Aborda, também, a demanda por tratamento dos esgotos domésticos e industriais, reconhecendo os investimentos recentes em saneamento e chamando atenção para o desafio que o enorme déficit atual irá desafiar técnicos e gestores do setor.

Por outro lado ao se reconhecer esta necessidade, verifica-se que há esforços em estados como São Paulo, Espírito Santo, Rio Grande do Sul, Ceará, Rio Grande do

Norte, Pernambuco, dentre outros, de reutilização e reciclagem de água pela própria qualidade da água de captação, que já não oferece condições de tratamento por processos convencionais. Pode-se citar o exemplo do Rio Guandu, responsável pelo abastecimento de nove milhões de pessoas no Grande Rio de Janeiro que está sob forte ameaça de transformar-se dentro de cinco anos a semelhança do Tietê, rio que percorre o estado de São Paulo e chegou a um nível tão alto de poluição que sua água não pode ser mais tratada. A previsão de técnicos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Estado do Rio de Janeiro (CEDAE), é de que, se nada for feito para baixar os níveis de poluição e degradação do Rio Paraíba do Sul, contribuinte fundamental do rio Guandu, dentro de cinco anos se tornará inviável a captação de água para consumo humano (Jornal O GLOBO, 12 de janeiro de 2003, pg 32).

Apesar dos exemplos acima citados não há normas e legislação ou mesmo propostas que incentivem processos de reuso ou reciclagem sendo este um dos objetivos deste trabalho.

Seguindo uma metodologia que primeiramente levanta as demandas por tratamentos de esgotos e caracteriza os efluentes sanitários, esta dissertação procura, em um segundo momento, apresentar uma conceituação atual sobre reuso e as principais normas e legislações já em andamento em alguns países levantados e ainda apontar uma proposta para discussão do caso brasileiro.

2 – OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

2.1- Objetivos Gerais:

Os objetivos gerais deste trabalho consistem em levantar as demandas de água para consumo humano e tratamento de esgotos sanitários no Brasil, apresentar o conceito de reuso de águas residuárias e conhecer as diversas experiências exitosas pelo mundo, de forma a contribuir para o incremento do pensar e de mudança de paradigmas sobre o reuso de águas.

2.2- Objetivos Específicos:

Os objetivos específicos desse trabalho serão, a partir do conhecimento das demandas de cobertura por sistemas de esgotamento sanitário, da conceituação de reuso, da legislação levantada em diversos países, contribuir para o incremento de subsídios na construção de uma legislação própria e adequada reuso dos efluentes, para a realidade brasileira.

3 - REVISÃO DA LITERATURA: ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1 – Demanda por Sistemas e Tratamento de Esgotos

Na Região da América Latina e Caribe, 49% da população tem serviço de esgotamento sanitário, coletando-se diariamente 40 milhões de metros cúbicos de águas residuárias que se vertem nos rios, lagos e mares. A previsão para o ano 2.000 seria a de se estar recolhendo cerca de 100 milhões de metros cúbicos de deságües que agravariam ainda mais a contaminação. Desse volume coletado pelos sistemas de esgotamento sanitário, menos de 10% recebem tratamento prévio antes de ser descarregado a um corpo receptor de água superficial ou antes de seu uso para a rega direta de produtos agrícolas.

Estima-se que nessa Região existem 215 cidades costeiras com mais de 100.000 habitantes; 76 destas conformam uma população de 58 milhões de habitantes, localizada ao longo da costa marinha ou de estuários. A descarga dessas águas residuárias sem nenhum tratamento contaminam as praias de uso recreacional e os produtos hidrobiológicos que crescem nas áreas circunvizinhas.

A disposição de águas residuárias, sem tratamento prévio, nas águas superficiais afeta seu uso posterior. Muitos dos rios e lagos utilizados como fontes de abastecimento de água têm altos níveis de contaminação microbiológica; 16 rios da América superam os 1.000 coliformes fecais/100ml e o nível de risco a que está exposta a população é alto se considerarmos que menos de 50% dos serviços de abastecimento de água produz água desinfectada.

Essas mesmas águas superficiais são utilizadas para a rega de cultivos agrícolas para consumo humano, o que aumenta os fatores de risco para a saúde da população. As situações endêmicas de diarreias, parasitos, febre tifóide e salmoneloses que imperam desde o Rio Grande até o Cone Sul, não são mais do que reflexo dessa situação crítica, a que veio se somar a cólera, nesta época (OPS/CEPIS, 1996).

Estes dados não são diferentes no Brasil. De acordo com o Censo 2.000 - IBGE, o país apresenta hoje um total de 44,7 milhões de domicílios particulares permanentes. Desse total, 37,3 milhões estão nas cidades e 7,4 milhões na área rural. Em termos de

moradores desses domicílios permanentes, o Censo 2.000 constata uma população brasileira de 168,3 milhões. Desse total, 137 milhões moram nas cidades e 31,3 milhões vivem no meio rural.

O Censo, de 2.000, Quadro 1, revela que os sistemas públicos de abastecimento de água cobrem 89,4% dos domicílios urbanos brasileiros, equivalente a 89,1% da população urbana. Embora tenha havido um progresso marcante em relação a 1.970, quando a cobertura era de apenas 45%, existem ainda 14,9 milhões de brasileiros em centros urbanos sem acesso a esse serviço.

No meio rural, onde residem aproximadamente 31,3 milhões de brasileiros ou 18,6% da população, a situação é mais grave, uma vez que 25,8 milhões, ou seja, 82,4% da população rural, não têm acesso aos sistemas públicos, embora deva se considerar, que uma parcela dessa população esteja dispersa no meio rural, dispondo de soluções individuais de abastecimento. No que se refere ao número de domicílios ligados a rede geral, os contrastes entre áreas urbanas e rurais tornam-se ainda mais evidentes pois contrapõem coberturas de 89,4% em áreas urbanas contra 17,6% nas rurais.

Quadro 1 – Cobertura com sistemas públicos de abastecimento de água

SITUAÇÃO	DOMICÍLIOS (em 1.000.000 de domicílios)					MORADORES (em 1.000.000 de moradores)				
	TOTAL	ATENDIDOS		NÃO ATENDIDOS		TOTAL	ATENDIDOS		NÃO ATENDIDOS	
		TOTAL	%	TOTAL	%		TOTAL	%	TOTAL	%
URBANO	37,3	33,5	89,8	3,8	10,2	137	122,1	89,1	14,9	10,9
RURAL	7,4	1,3	17,6	6,1	82,4	31,3	5,5	17,6	25,8	82,4
TOTAL	44,7	34,8	77,9	9,9	22,1	168,3	127,6	75,8	40,7	24,2

Fonte: IBGE – CENSO-2.000

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB-2.000 (IBGE), no Brasil, existe a distribuição de água por rede geral em 8.656 distritos, em 5.391 municípios, através de 30,5 milhões de ligações prediais, sendo que 25 milhões dessas ligações possuem medidores. De toda essa água distribuída à população brasileira, a maior parte (75% do volume total) recebeu tratamento convencional. Entre 1.989 e 2.000, as estações de tratamento de água passaram de 2.485 para 4.560 unidades de tratamento convencional e não-convencional.

O Censo 2.000 constatou que dos municípios com menos de 30.000 habitantes, somente 55,6% têm atendimento de serviços de abastecimento de água e dentre aqueles acima de 30.000 chega a 83,7%. A PNSB evidenciou que ainda existem 116 municípios sem nenhum serviço de abastecimento de água por rede geral.

Os índices de cobertura de sistemas de saneamento disponíveis denunciam um quadro sanitário preocupante. No entanto, a abordagem quantitativa, além de insuficiente, não permite considerar deficiências técnicas e operacionais dos sistemas, capazes de comprometer a qualidade dos serviços oferecidos, representando riscos à saúde das populações atendidas.

A coleta e a disposição final de esgotos sanitários também reproduz a desigualdade de acesso aos serviços verificadas em abastecimento de água, e apresenta um quadro ainda mais negativo.

Com relação ao esgotamento sanitário e ainda segundo o Censo 2.000, 36,2 milhões de domicílios urbanos permanentes possuem algum tipo de banheiro ou sanitário e desses, 20,9 milhões estão ligados à rede pública de esgotos. Na área rural, somente 4,8 milhões de domicílios têm algum tipo de banheiro ou sanitário e apenas 246,7 mil estão conectados à rede pública de esgotos. No meio urbano, 5,9 milhões de domicílios e no meio rural, 715 mil usam fossa séptica. O restante dos domicílios brasileiros, cerca de 15 milhões, lança os esgotos em fossa rudimentar, vala, rio, lago, mar ou outros escoadouros. Nas cidades, 1,1 milhão de moradias e no meio rural, 2,6 milhões não possuem nenhum tipo de banheiro ou sanitário. Para o Censo 2.000, somente 31,6% dos municípios, com população menor que 30.000 habitantes, têm atendimento de serviços de esgotamento sanitário. Dentre aqueles com mais de 30.000 habitantes, o atendimento chega a 69,8 %.

Quadro 2 – Cobertura com sistemas públicos de esgotamento sanitário

SITUAÇÃO	DOMICÍLIOS (em 1.000.000 de domicílios)					MORADORES (em 1.000.000 de moradores)				
	TOTAL	ATENDIDOS		NÃO ATENDIDOS		TOTAL	ATENDIDOS		NÃO ATENDIDOS	
		TOTAL	%	TOTAL	%		TOTAL	%	TOTAL	%
URBANO	37,3	19,1	51,2	18,2	48,8	137	73,7	53,8	63,3	46,2
RURAL	7,4	0,34	4,6	7,06	95,4	31,3	0,96	3,1	30,3	96,9
TOTAL	44,7	19,44	43,5	25,2	56,5	168,3	74,7	44,4	93,6	55,6

Fonte: IBGE – Censo – 2.000

Segundo a PNSB, somente 52,2% dos 5.507 municípios brasileiros, em 2.000, eram servidos por algum sistema coletivo de esgotamento sanitário. Atualmente, 47,8% do total de municípios brasileiros não têm coleta de esgoto. Dentre os distritos brasileiros que coletam o esgoto, somente 33,8% fazem o tratamento, enquanto 66,2% não tratam de forma alguma. Do total de distritos que não tratam os esgotos coletados, a grande maioria (84,6%) lançam nos rios. Desta forma, comprometem a qualidade da água para o abastecimento humano, indústria, irrigação e recreação.

Quanto ao número de moradores atendidos pelo esgotamento sanitário, foi identificado que 132,7 milhões de moradores urbanos (96,9% da população urbana) tinham algum tipo de banheiro ou sanitário, sendo que desses, somente 73,7 milhões (53,8% da população urbana) são atendidos por rede geral de esgoto (rede pública, da rua). Na área rural, a situação é mais grave, pois só 19,5 milhões de moradores (64,7% da população rural) possuem algum tipo de banheiro ou sanitário e apenas 962 mil moradores (3,1%) são atendidos por rede geral de esgoto e 2,7 milhões por fossa séptica. O restante da população rural, ou seja, 27,6 milhões de pessoas, usam alternativas inadequadas para esgotamento sanitário, como fossa rudimentar, vala, rio, mar, lago e outros escoadouros.

Esta situação geral do país reflete-se, indiscutivelmente, na saúde da população que padece por doenças causadas pela ausência de saneamento, tornando-se ineficazes as ações de saúde, principalmente a nível local (Heller et al, 1997).

Além disso, mesmo em municípios que tratam seus esgotos dentro deste pequeno percentual, atendem apenas a uma parte da população; muitas vezes as eficiências deixam a desejar e, problemas de operação e manutenção são constantes (Barros et al., 1995).

No Brasil, quando não há uma solução coletiva, a opção geralmente passa pela utilização do tanque séptico com sumidouro e, em grande parte, lançamentos dos efluentes sobre o solo (Roque, 1997).

Apesar da larga experiência com a utilização de tanques sépticos, as condições operacionais conforme já citado, são usualmente deficientes, devido à falta de análise dos projetos e de acompanhamento da execução e da operação dos mesmos (Andrade Neto, 1997). Em consequência, embora muito aplicado e teoricamente uma solução sanitariamente satisfatória (FUNASA, 1999), a maioria apresenta problemas de

funcionamento e não cumprem as suas finalidades de tratamento e disposição correta de esgotos (Chernicharo, 1997).

Por outro lado, cerca de 80% das águas de abastecimento utilizadas por uma população, retornam na forma de esgotos, que sem tratamento provocam a poluição do solo e contaminação das águas de superfície e subterrâneas, além de diminuir a oferta de água para consumo humano. Portanto urge que se estabeleça nova consciência de não somente tratar os esgotos, mas também, da reutilização das águas tratadas como forma de enfrentar a escassez de água para abastecimento de populações.

Neste sentido, os processos de tratamento bem como os sistemas devem atender as características brasileiras econômico-financeiras, de operação e manutenção onde se constata a necessidade de não somente tratar esgotos, mas a necessidade de conjugar baixos custos de implantação e operação, simplicidade operacional, índices mínimos de mecanização e sustentabilidade do sistema como um todo (Roque, 1997).

Desta forma as seguintes alternativas, dentre outras, devem ser consideradas (Chernicharo, 1997):

- Sistemas individuais de tratamento e disposição de excretas e esgotos.
- Fossa seca, nas suas diversas modalidades.
- Tanque séptico + infiltração no solo.
- Tanque séptico + filtro anaeróbio.
- Tanque séptico + filtro anaeróbio seqüencial (tipo Cynamon, 1986)
- Sistemas coletivos de tratamento de esgotos.
- Lagoas de estabilização.
- Aplicações no solo.
- Reator anaeróbio de manta de lodo

Sob o ponto de vista de custos em geral e eficiências desejáveis, as soluções coletivas apresentadas atendem, em maior ou menor grau, aos principais requisitos que devem ser observados num estudo técnico-econômico de escolha de alternativas (von Sperling, 1995; Lettinga & Handel, 1995; Chernicharo, 1997):

- Baixo custo de implantação;
- Elevada sustentabilidade do sistema, relacionada a pouca dependência de fornecimento de energia, de peças e equipamentos de reposição, etc.
- Simplicidade operacional, de manutenção e de controle;

- Baixos custos operacionais;
- Pouco ou nenhum problema com a disposição do lodo gerado na estação;
- Dependendo da solução, baixos requisitos de área;
- Existência da flexibilidade em relação a expansões futuras e ao aumento da eficiência;
- Possibilidade de aplicação em pequena escala;
- Fluxograma simplificado de tratamento;
- Ausência de problemas que causem transtorno à população vizinha;
- Possibilidade de reuso das águas tratadas;

3.2 - Principais Características dos Esgotos

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9 % de água. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos (Jordão & Pessoa, 1995).

Os esgotos se caracterizam pela utilização a que a água foi submetida. Esses usos, e a forma com que são exercidos, variam com o clima, situação social e econômica, e hábitos da população.

De forma a se ter parâmetros de qualidade, as tabelas 1 e 2 apresentam as principais características físicas e químicas dos esgotos domésticos, a tabela 3 os valores quantitativos, as tabelas 4 e 5 as características biológicas.

Tabela 1 – Principais características físicas dos esgotos domésticos

Parâmetro	Descrição
Temperatura	Ligeiramente superior à da água de abastecimento - Variação conforme as estações do ano (mais estável que a temperatura do ar) - Influência na atividade microbiana - Influência na solubilidade dos gases - Influência na viscosidade do líquido
Cor	- Esgoto fresco: ligeiramente cinza - Esgoto Séptico: cinza escuro ou preto
Odor	- Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável - Esgoto séptico: odor fétido (desagradável), devido ao gás sulfídrico e a outros produtos da decomposição - Despejos Industriais: odores característicos
Turbidez	- Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão - Esgotos mais frescos ou mais concentrados geralmente maior turbidez

Fonte: von Sperling, 1995; adaptado de Qasim, 1985

Tabela 2 – Principais características químicas dos esgotos domésticos

Parâmetro	Descrição
SÓLIDOS TOTAIS	Orgânicos e inorgânicos: suspensos e dissolvidos; sedimentáveis
Em suspensão	- Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que não são filtráveis (não dissolvidos)
- Fixos	- Componentes minerais, não incineráveis, inertes, dos sólidos em suspensão
- Voláteis	- Componentes orgânicos dos sólidos em suspensão.
Dissolvidos	- Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que são filtráveis. Normalmente considerados com dimensão inferior a 10^{-3}
- Fixos	- Componentes minerais dos sólidos dissolvidos.
- Voláteis	- Componentes orgânicos dos sólidos dissolvidos.
Sedimentáveis	- Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em 1 hora no cone Imhoff. Indicação aproximada da sedimentação em um tanque de decantação
MATÉRIA ORGÂNICA	Mistura heterogênea de diversos compostos orgânicos. Principais componentes: proteínas carboidratos e lipídios
<i>Determinação Indireta</i>	
DBO ₅	- Demanda Bioquímica de Oxigênio. Medida a 5 dias, 20° C. está associada à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. É uma medida do oxigênio consumido após 5 dias pelos microrganismos na estabilização bioquímica da matéria orgânica.
DQO	- Demanda Química de Oxigênio. Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea. Utiliza fortes agentes oxidantes em condições ácidas.
DBO última	- Demanda Última de Oxigênio. Representa o consumo total de oxigênio, ao final de vários dias, requerido pelos microorganismos para a estabilização bioquímica da matéria orgânica.
Determinação direta	
COT	- Carbono Orgânico Total. É uma medida direta da matéria orgânica carbonácea. É determinado através da conversão do carbono orgânico a gás carbônico.
NITROGÊNIO TOTAL	O nitrogênio total inclui o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um nutriente indispensável para o desenvolvimento dos microrganismos no tratamento biológico. O nitrogênio orgânico e a amônia compreendem o denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK)
Nitrogênio orgânico	- Nitrogênio na forma de proteínas, aminoácidos e uréia
Amônia	- Produzida como primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico
Nitrito	- Estágio intermediário da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto
Nitrato	- Produto final da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto
FÓSFORO	- O fósforo total existe na forma orgânica e inorgânica. É um nutriente indispensável no tratamento biológico
Fósforo orgânico	- Combinado à matéria orgânica.
Fósforo inorgânico	- Ortofosfato e polifosfatos.
pH	Indicador das características ácidas ou básicas do esgoto. Uma solução é neutra em pH 7. Os processos de oxidação biológica normalmente tendem a reduzir o pH.
ALCALINIDADE	Indicador da capacidade tampão do meio (resistência às variações do pH). Devido à presença de bicarbonato, carbonato e íon hidroxila (OH).
CLORETOS	Provenientes da água de abastecimento e dos dejetos humanos
ÓLEOS E GRAXAS	Fração da matéria orgânica solúvel em hexanos. Nos esgotos domésticos, as fontes são óleos e gorduras utilizados nas comidas

Fonte: von Sperling, 1995; adaptado de Arceivala, 1981; Qasim, 1985; Metcalf & Eddy, 1991

Tabela 3 – Principais características quantitativas químicas e físicas dos esgotos domésticos

Parâmetro	Contribuição per capita (g/hab.d)		- Concentração		
	Faixa	Típico	Unidade	Faixa	Típico
SÓLIDOS TOTAIS	120 – 220	180	mg/l	700 – 1350	1100
Em suspensão	35 – 70	60	mg/l	200 – 450	400
- Fixos	7 – 14	10	mg/l	40 – 100	80
- Voláteis	25 – 60	50	mg/l	165 – 350	320
Dissolvidos	85 – 150	120	mg/l	500 – 900	700
- Fixos	50 – 90	70	mg/l	300 – 550	400
- Voláteis	35 – 60	50	mg/l	200 – 350	300
Sedimentáveis	-	-	ml/l	10 - 20	15
MATÉRIA ORGÂNICA					
<i>Determinação Indireta</i>					
DBO ₅					
DQO	40 – 60	50	mg/l	200 – 500	350
DBO última	80 – 130	100	mg/l	400 – 800	700
Determinação direta	60 – 90	75	mg/l	350 – 600	500
COT	30 – 60	45	mg/l	170 – 350	250
NITROGÊNIO TOTAL	60 – 112,0	8,0	mgN/l	35 – 70	50
Nitrogênio orgânico	2,5 – 5,0	3,5	mgN/l	15 – 30	20
Amônia	3,5 – 7,0	4,5	mgNH ₃ -N/l	20 – 40	30
Nitrito	=0	=0	mgNO ₂ -N/l	=0	=0
Nitrato	0,0 – 0,5	=0	mgNO ₃ -N/l	0 – 2	=0
FÓSFORO	1,0 – 4,5	2,5	mgP/l	5 – 25	14
Fósforo orgânico	0,3 – 1,5	0,8	mgP/l	2 – 8	4
Fósforo inorgânico	0,7 – 3,0	1,7	mgP/l	4 – 17	10
PH	-	-	-	6,7 – 7,5	7,0
ALCALINIDADE	20 – 30	25	mgCaCO ₃ /l	110 – 170	140
CLORETOS	4 – 8	6	mg/l	20 – 50	35
ÓLEOS E GRAXAS	10 – 30	20	mg/l	55 – 170	110

Fonte: von Sperling, 1995; adaptado de Arceivala, 1981, Pessoa & Jordão, 1982; Qasim, 1985; Metcalf & Eddy, 1991

Tabela 4 – Principais características biológicas dos esgotos domésticos

Microorganismo	Descrição
Bactérias	<ul style="list-style-type: none"> - Organismos protistas unicelulares - Apresentam-se em várias formas e tamanhos - São os principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. - Algumas bactérias são patogênicas causando principalmente doenças intestinais
Fungos	<ul style="list-style-type: none"> - Organismos aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos, heterotróficos. - Também de grande importância na decomposição da matéria orgânica. - Podem crescer em condições de baixo PH.
Protozoários	<ul style="list-style-type: none"> - Organismos unicelulares sem parede celular. - A maioria é aeróbia ou facultativa - Alimentam-se de bactérias, algas e outros microorganismos - São essenciais no tratamento biológico para a manutenção de um equilíbrio entre os diversos grupos. - Alguns são patogênicos
Vírus	<ul style="list-style-type: none"> - Organismos parasitas, formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça protéica. - Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto
Helmintos	<ul style="list-style-type: none"> - Animais superiores - Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças.

Fonte: Silva & Mara, 1979; Tchobanoglous & Schroeder, 1985; Metcalf & Eddy, 1991

Tabela 5 – Microrganismos presentes nos esgotos domésticos brutos

Microorganismos	Contribuição per capita (org/hab.d)	Concentração (org/100ml)
Bactérias totais	$10^{12} - 10^{13}$	$10^9 - 10^{10}$
Coliformes totais	$10^9 - 10^{12}$	$10^6 - 10^9$
Coliformes fecais	$10^8 - 10^{11}$	$10^5 - 10^8$
Estreptococos fecais	$10^8 - 10^9$	$10^5 - 10^6$
Cistos de protozoários	$<10^6$	$<10^3$
Ovos de helmintos	$<10^6$	$<10^3$
Vírus	$10^5 - 10^7$	$10^2 - 10^4$

Adaptado parcialmente de Arceivala, 1981

Podemos comentar que a introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta, indiretamente, no consumo de oxigênio dissolvido. Tal se deve aos processos de estabilização da matéria orgânica realizadas pelas bactérias decompositoras as quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para a sua respiração.

O decréscimo da concentração do oxigênio dissolvido e a presença de N e P no corpo d'água natural tem diversas implicações do ponto de vista ambiental, constituindo-se em um dos principais problemas de poluição das águas em nosso meio (Mendonça, 2000). Sob o ponto de vista da contaminação, um corpo d'água receptor do lançamento de esgotos pode incorporar toda uma ampla gama de agentes transmissores

de doenças. Este fato não gera um impacto à biota do corpo d'água em si, mas afeta alguns dos usos preponderantes a ele destinados, tais como abastecimento d'água potável, balneabilidade, reutilização da água para diversos fins (von Sperling, 1996).

É, portanto, de fundamental importância o conhecimento do comportamento dos agentes transmissores de doenças em um corpo d'água, a partir do seu lançamento até os locais de utilização.

3.3 - Conceituação de Reuso de Água

Em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que suporta este conceito: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior” (Revista BIO, 2001).

De uma maneira geral, o reuso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, através de ações planejadas ou não planejadas.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (1973), tem-se:

- **reuso indireto:** ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída;
- **reuso direto:** é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- **reciclagem interna:** é o reuso da água internamente a instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Essa mesma publicação diferencia o reuso indireto intencional do não intencional, estabelecendo que quando o reuso indireto decorre de descargas planejadas a montante, ou a recargas planejadas no aquífero subterrâneo, ele é designado reuso indireto intencional.

Lavrador Filho (1987), referindo-se a obra de Montgomery, afirma que esse autor “associa o reuso planejado à existência de um sistema de tratamento que não atenda as exigências ambientais, mas também aos padrões de qualidade requeridos pelo reuso da água”. Além disso, “os termos planejado e não planejado referem-se ao fato do reuso ser resultante de uma ação consciente, subsequente à descarga do efluente, ou do reuso ser apenas um subproduto não intencional dessa descarga”.

Quanto ao termo reciclagem, é definido como o “reuso interno da água para o uso original, antes de sua descarga em um sistema de tratamento ou outro ponto qualquer de disposição; enquanto o termo reuso é utilizado para designar descargas de efluentes que são subsequentemente utilizados por outros usuários, diferentes do original” (Brega Filho & Mancuso, 2002).

Nessas condições o reuso planejado direto da água para fins potáveis pode ser classificado como reciclagem, desde que os efluentes tratados sejam utilizados novamente pela mesma entidade que os produziu, num circuito fechado .

Cecil (1987) referindo-se a reuso de água na indústria, distingue o termo reuso direto da palavra reciclagem, da seguinte maneira: reuso direto diz respeito a “águas que, tendo sido poluídas pela atividade humana, não tenham sido misturadas com águas naturais; o uso de águas provenientes de outras indústrias ou sistema público é um reuso direto das águas, se estas não tiverem sido misturadas com águas naturais”. Ou seja, para Cecil reciclagem não é sinônimo de reuso e sim um caso especial de reuso: ela recupera os esgotos gerados por um uso, para atender o mesmo uso.

Lavrador Filho (1987), sugere a seguinte terminologia para efeito de uniformização de linguagem:

- **Reuso de Água:** é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas.
- **Reuso indireto não planejado de água:** ocorre quando a água, já utilizada uma ou mais vezes em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Neste caso, o reuso da água é um subproduto não intencional da descarga de montante. Após sua descarga no meio ambiente, o efluente será

diluído e sujeito a processos como autodepuração, sedimentação, dentre outros, além de eventuais misturas com outros despejos advindos de diferentes atividades humanas.

- **Reuso planejado de água:** ocorre quando o reuso é resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. O reuso planejado das águas pressupõe a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água. O reuso planejado também pode ser denominado reuso intencional da água.
- **Reuso indireto planejado de água:** ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos d'água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico.

O reuso indireto planejado da água pressupõe que, além do controle feito a montante, na descarga, e de jusante, na captação, exista também um controle das eventuais novas descargas de efluentes nesse percurso, para garantir que, além das ações naturais do ciclo hidrológico, o efluente tratado esteja sujeito apenas a eventuais misturas com outros efluentes lançados no corpo de água os quais também atendam aos requisitos de qualidade do reuso objetivado.

Neste caso, a descarga do efluente tratado no meio ambiente pode se dar para melhoria de sua qualidade, para armazenamento, para uma modulação de vazões ou até mesmo por motivos psicológicos do usuário localizado a jusante (Brega Filho & Mancuso, 2002).

- **Reuso direto planejado de água:** ocorre quando os efluentes, após convenientemente tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso; sofrendo em seu percurso os tratamentos adicionais e armazenamentos necessários, mas não sendo, em nenhum momento, descarregados no meio ambiente.
- **Reciclagem de água:** é o reuso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição, para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original. É um caso particular do reuso direto.

Westerhoff (1984) classifica reuso de água em duas grandes categorias: potável e não potável. Pela sua praticidade e facilidade, essa classificação, que é apresentada a seguir, foi adotada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), Seção São Paulo, tendo sido amplamente divulgada em sua série “Cadernos de Engenharia Sanitária e Ambiental” em 1.992.

Reuso potável

reuso potável direto: quando o esgoto recuperado, através de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.

reuso potável indireto: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

Reuso não potável:

reuso não potável para fins agrícolas. embora quando se pratica esta modalidade de reuso via de regra haja, como sub produto, recarga do lençol subterrâneo, o objetivo precípua desta prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais, etc, e de plantas não alimentícias tais como pastagens e forrações, além de ser aplicável para dessedentação de animais.

reuso não potável para fins industriais: abrangem os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para utilização em caldeiras etc.

reuso não potável para fins recreacionais: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques e também para enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais etc.

reuso não potável para fins domésticos: são considerados aqui os casos de reuso de água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios.

reuso para manutenção de vazões: a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais

cargas poluidoras a eles carregadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.

Aquacultura ou aquíicultura: consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando a obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados.

Recarga de aquíferos subterrâneos: é a recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo se dar de forma direta através de injeção sob pressão, ou de forma indireta utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

O reuso de água para manutenção de vazões de cursos de água, aquíicultura e recarga de aquíferos são classificações complementares às de Westerhoff e que foram incorporadas neste trabalho.

3.4- Experiências de Reuso de Águas Residuárias

A República da Namíbia vem tratando desde 1968 esgotos exclusivamente domésticos para fins potáveis. Os esgotos industriais são coletados em rede separada e tratados independentemente. Após tratamento, o efluente é encaminhado para a fase de potabilização. Esta estação tem pré-ozonização, coagulação-floculação em primeiro estágio, flotação com ar dissolvido, adsorção em carvão ativado em pó, coagulação-floculação em segundo estágio, sedimentação, filtros rápidos de areia, ozonização, deaeração e reciclagem de ozona, adsorção em carvão ativado granular, cloração ao “breakpoint”, correção de pH com cal e armazenamento da água potável em lençol freático, por longos períodos, de onde é, posteriormente, removida através de poços e introduzida no sistema de abastecimento público (Revista BIO, 2001).

Na cidade japonesa de Fukuoka, com aproximadamente 1,2 milhão de habitantes, diversos setores operam com rede dupla de distribuição de água, uma das quais com esgotos domésticos tratados em nível terciário (lodos ativados, desinfecção com cloro em primeiro estágio, filtração, ozonização, desinfecção com cloro em

segundo estágio), para uso em descarga de banheiros em edifícios residenciais. Esse efluente tratado é também utilizado para outros fins, incluindo irrigação de árvores em áreas urbanas, para lavagem de gases, e alguns usos industriais, tais como resfriamento e desodorização (Hespanhol, 2001).

Em Denver, Colorado-USA, foi construída uma estação de tratamento de demonstração com capacidade de 44 l/s. Esta estação foi planejada para utilizar o efluente de um sistema de esgotos domésticos, tratado em nível secundário como água bruta. Esse sistema de tratamento foi concebido tendo como objetivo o estudo da viabilidade técnica e econômica do reuso potável direto, empregando-se tecnologia de ponta para potabilização de água de má qualidade devido a um uso anterior. Além disso, o projeto foi idealizado para possibilitar o desenvolvimento de metodologias científicas de monitoramento de qualidade de água, baseada nos mais modernos indicadores.

Por ser um projeto bastante avançado, inclui um intensivo programa de amostragem que visa, além dos parâmetros normais de controle, determinar a capacidade de remoção dos chamados elementos traços e também avaliar os efeitos sobre a saúde por meio de estudos crônicos e sub-crônicos em animais, conforme os trabalhos de Lauer (1984).

A Companhia de Saneamento de São Paulo (SABESP), vem lidando com a questão do reuso de uma forma bem profissional, desde quando firmou com a empresa Coats Corrente, em 1998, uma parceria para fornecimento de água industrial oriunda da Estação Experimental de Tratamento de Esgotos (ETE) Jesus Netto.

A ETE de Jesus Netto, inaugurada em 1934, já fez história como a primeira estação de tratamento de esgotos com processo biológico de lodos ativados do Brasil. A decisão de iniciar o reuso foi tomada em função da qualidade do seu efluente. Esse líquido passa por tratamento terciário, através da adição de polímeros e desinfecção com cloro, cujos resultados são monitorados e controlados em seu laboratório de análises devidamente certificado.

O contrato de fornecimento de água industrial, com volume mínimo mensal de 45.000 m³ foi assinado em 1998 e o valor estipulado à época foi de R\$ 0,46 por metro

cúbico. Uma rede em ferro fundido, com diâmetro variando entre 200mm e 150mm e 800m de extensão, foi implantada para abastecer esta empresa, garantindo continuidade, volume e qualidade requeridas em seu processo industrial de lavagem, tingimento e mercerização de fios e outros processos de apoio. Atualmente o consumo médio mensal desta indústria é de 50.000 m³. O ganho em termos de custo também foi expressivo pois o preço da água potável para grandes consumidores industriais (acima de 50 m³ por mês) era de R\$ 5,84 o m³.

Como parâmetros médios para águas industriais , podemos citar a tabela 6:

Tabela 6 – Parâmetros Médios de Qualidade de Água Industrial

Parâmetros (mg/L)	Qualidade da água Industrial	Padrão da água Industrial (**)
Alcalinidade	57,18	100
Cloreto	65,8	80 (70*)
Condutividade (uS/cm)	403,61	250 (500*)
Cor (UC)	9,08	10
DQO	12,76	20
Fosfato Total	0,44	1
Nitrogênio amoniacal	10,06	<1
NMP Coli fecal (org/100mL)	0	0
NMP Coli total (org/100mL)	1,75	2
Óleo e graxas	3,48	0,1
PH	6,05	>6,7
Sólidos dissolvidos totais	406,81	250 (300*)
Sólidos suspensos totais	7,54	5
Sulfatos	18,93	50 (30*)
Turbidez (NTU)	0,72	1

(*) Limites requeridos pela indústria

(**) Padrão Água Industrial – Guidelines for Water Reuse Camp Dresser & Mckee Inc

Devido a suas características de receber esgoto predominantemente doméstico, capacidade de tratamento limitada, existência de Interceptor do Tamanduateí - Sistema Barueri e proximidade de Pólo Industrial com clientes em potencial, essa ETE teve suas instalações adaptadas para funcionar como uma Unidade de Tratamento de Água Industrial.

Outra alteração feita foi a desativação da fase sólida, onde as estruturas do digestor anaeróbio de lodo foram reformadas para reservatório de água de reuso, com capacidade aproximada de 1.000 m³, possibilitando execução de manutenção preventiva em suas Unidades sem interrupção no fornecimento de água aos clientes.

Para o reuso, são utilizadas atualmente Unidades da ETE Jesus Netto que tratam o esgoto através de dois processos paralelos:

a) Processo biológico aeróbio de lodos ativados, com capacidade máxima de tratamento de 30 l/s.

b) Processo biológico combinado de reator anaeróbio de fluxo ascendente e filtros biológicos com capacidade máxima de tratamento de 30 l/s.

Com a combinação destes dois processos, foi possível aumentar a vazão média para 40 l/s de água de reuso, que pode ser disponibilizada de forma direta (pipe-to-pipe), através de rede para outros clientes do Pólo Industrial do Ipiranga, próximos da Estação, ou através de abastecimento por carro-tanque, utilizando sempre contratos específicos de fornecimento de água industrial.

Está sendo implantado também um sistema de filtração pressurizado com capacidade de 200 m³/h, que conta com 4 filtros granulares de antracito e areia e 4 filtros de cartuchos construídos em aço inox com controle automático de vazão, pressão e retrolavagem. Esse sistema deverá garantir o atendimento de padrões internacionais físicos e biológicos de qualidade para água de reuso, possibilitando diversificar suas aplicações em processos que não exijam o uso de água potável.

A Sabesp e as prefeituras de Barueri e Carapicuíba assinaram no contrato para fornecimento de água de reuso para fins não-potáveis, como lavagem de ruas, pátios, logradouros e veículos, combate a incêndios, irrigação de áreas verdes e desobstrução de redes coletoras de esgotos e galerias de águas pluviais. O fornecimento é de 2 milhões de litros de água por mês para Barueri, e 1 milhão de litros para Carapicuíba.

O primeiro contrato entre a Empresa e a administração pública foi assinado com a prefeitura de São Caetano do Sul, em 2001, para fornecimento de 1 milhão de litros de água por mês. Este volume é retirado na Estação de Tratamento de Esgotos do ABC.

Outro subproduto que pode sair da ETE Barueri é a geração de energia elétrica a partir do biogás (gás de esgoto). O poder calorífico do gás de esgoto é cerca de 60% do gás natural. Por dia, o processamento de 22 mil metros cúbicos de biogás vai gerar 2,6 mil Kw de energia, que será consumida pela própria Sabesp.

O projeto será assessorado pelo Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo e pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa. Dependendo do resultado que for obtido em Barueri, outras estações de tratamento de esgoto da Grande São Paulo também poderão produzir energia.

Das cinco grandes plantas de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo, quatro delas geram biogás. A Sabesp também avalia possíveis aplicações agrícolas para o lodo resultante do processo. Estudos já foram desenvolvidos em Franca e no Vale do Ribeira . (Revista BIO, 2002).

Diversos pesquisadores brasileiros, que integram o Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (Prosab) estão realizando estudos para utilização do efluente das estações de tratamento de esgoto na irrigação. Duas experiências, nas cidades de Recife (PE) e Natal (RN), sob supervisão dos professores Mario Kato e Cícero Onofre de Andrade Neto estão dando excelentes resultados com culturas de milho e acerola, em Pernambuco, e flores e forragem para o gado, no Rio Grande do Norte.

Na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), o programa é desenvolvido em três etapas: tratamento de efluentes por processo anaeróbio controlado; pós-tratamento; e uso produtivo do efluente tratado. Segundo Andrade Neto, depois de passar pelas etapas de tratamento o esgoto irriga plantações de flores e capim-elefante para alimentação de gado, através de técnica de hidroponia. O pesquisador destaca “que a água resultante do tratamento já contém nutrientes, é boa para produzir, poupa água potável e deixa de poluir”.

Em Pernambuco a experiência está sendo feita com a utilização dos efluentes da ETE Mangueira, operada pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), composta de elevatória de esgoto bruto, grade e caixa de areia, reator UASB com 800 m³ com 8 células (tempo de detenção hidráulica de 8 horas) e uma lagoa de polimento (TDH 3,5 dias).

A experiência está sendo feita. através de um convênio tripartite entre a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a Compesa e a URB-Recife, Empresa de Urbanização de Recife, órgão da Prefeitura de Recife, para o monitoramento da estação. Ao lado da ETE estão feitos estudos de utilização do efluente final na irrigação de plantações, em solo, de milho e acerola. (Revista BIO, 2002).

A Universidade Federal do Ceará vem desenvolvendo várias pesquisas sobre o tema de reuso de águas residuárias . Essas pesquisas originaram uma publicação sobre reuso, cujo organizador, Professor Suetônio Mota é autor de uma das primeiras pesquisas sobre reuso realizadas no Brasil nos idos de 1980. Entusiasta pelo tema ele acredita que o reuso de águas é uma prática que deve ser incentivada, principalmente em regiões semi-áridas como o Nordeste do Brasil, onde há carência de água até para o consumo humano.

Foram apresentados oito trabalhos nessa publicação, resultados das pesquisas que integram dissertações de mestrado de alunos do curso de pós-graduação, dentre as quais destacamos:

a) APLICAÇÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO EM IRRIGAÇÃO – Suetônio Mota

O trabalho estuda a aplicação de efluentes de estações de tratamento de esgoto doméstico em irrigação. São apresentados resultados de experiência realizada em Fortaleza, Ceará, onde se efetuou a irrigação de pequenas áreas plantadas com sorgo, utilizando o esgoto proveniente de um hospital (com características de esgoto doméstico), previamente tratado pelo processo de filtro biológico. O trabalho conclui recomendando esta prática, principalmente, porque: é uma forma de re-utilização do líquido em regiões carentes de água, proporciona benefícios econômicos e sociais, significa tratamento adicional para efluentes de estações de tratamento de esgotos domésticos e constitui-se medida de controle da poluição das águas.

b) REUSO PLANEJADO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS EM IRRIGAÇÃO: UMA ALTERNATIVA PARA O ESTADO DO CEARÁ – Francisco César Lima Bezerra.

Este trabalho destaca a importância e a necessidade do reuso planejado de águas residuárias, observando padrões de qualidade requeridos para a irrigação de culturas

arbóreas, cerealíferas e forrageiras, tendo como finalidade principal o melhoramento da qualidade ambiental, na forma de recuperação de nutrientes para culturas agrícolas e a preservação dos recursos hídricos.

O autor destaca que as lagoas de estabilização, seguidas de irrigação com os seus efluentes, constituem uma solução barata, e com grande eficiência adotadas em regiões semelhantes, minimizando ou até suprimindo os impactos negativos. Ressalta, ainda, que a medida que as águas residuárias se infiltram no solo, a matéria orgânica é retida, evitando o deslocamento para o ecossistema aquático dos metais e sais dissolvidos, e recuperando os nutrientes.

O trabalho apresenta os resultados de pesquisa realizada com a aplicação de esgoto tratado em três culturas : sorgo, algodão e capim elefante, comparando-se os desempenhos das mesmas com relação à irrigação com água.

c) PERSPECTIVA DO USO DAS LAGOAS DE MATURAÇÃO NA PISCICULTURA – Maria do Socorro Ribeiro Hortegal Filha

O estudo teve como objetivo avaliar o desempenho do sistema de lagoas de estabilização do Distrito Industrial de Maracanaú, Ceará, tratando esgoto doméstico e industrial, fazer o levantamento da ictiofauna presente nas lagoas de maturação e observar o crescimento de formas juvenis de tilápia do Nilo (*oreochromis niloticus*) estocados em quatro tanques-rede nas lagoas de maturação secundária e terciária.

Os exemplares estocados nos tanques-rede triplicaram de peso ao final do experimento, o que mostra que estas lagoas apresentam condições adequadas para o cultivo de tilápia do Nilo em cativeiro. As suas condições sanitárias, em termos de coliformes fecais, também apresentaram-se dentro dos padrões exigidos para alimentos.

d) ASPECTOS SANITÁRIOS DO REUSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA – Carlos Adriano da Cruz Neve

Este estudo teve como objetivos mostrar a importância do reuso de efluentes em regiões com problemas de escassez hídrica e se há a possibilidade do aproveitamento desta água na irrigação de culturas ingeridas crua, através do estudo de alguns

microorganismos provavelmente presentes, após a irrigação com o esgoto tratado, nas partes comestíveis de tais culturas e comparando-se tais valores com os padrões de qualidade – de efluente usado em sistemas de irrigação e culturas alimentícias-existent no Brasil e fora dele, completado com uma revisão de bibliografia.

O objetivo principal foi fazer o estudo dos impactos do reuso de água na irrigação dessas hortaliças, sob o ponto de vista de tais aspectos microbiológicos.

No Rio Grande do Sul a Companhia Riograndense de Saneamento (Corsan) está investindo R\$ 1,3 milhão na construção de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) em Dom de Pedrito, Município na fronteira com o Uruguai, cujo efluente será destinado à irrigação de lavouras de arroz, todos os anos, no período entre 15 de outubro a 15 de abril. O fornecimento será dado em compensação, durante 20 anos, ao antigo e proprietário que cedeu a área para a implantação das lagoas de estabilização.

A iniciativa pode ser uma das soluções para os conflitos pela utilização da água entre agricultores e para abastecimento público nessa região.

Segundo o Departamento de Esgotos da Corsan, lagoas em série se enquadram como a forma ideal de tratamento devido às características do corpo receptor dos efluentes, no caso o Rio Santa Maria, que é um manancial de planície em toda a sua extensão e cujo volume principal de água é utilizado para irrigação de arroz. Em outros anos quando ocorreram estiagens, o Rio Santa Maria se transformou em pequenos lagos, levando à sua quase exaustão e comprometendo o abastecimento de água de cidades a jusante, como Rosário do Sul .

Ao ser estudado o local da futura ETE pelos técnicos da Corsan, o primeiro proprietário contatado já demonstrou interesse em realizar uma parceria com a empresa visando à utilização do efluente resultante do tratamento dos esgotos para irrigação de arroz. A remuneração da cedência da área à Corsan se efetiva mediante a descarga contínua da terceira lagoa da série, ou seja, a lagoa de maturação, no período entre 15 de outubro a 15 de abril às lavouras de arroz. Na “entressafra”, entre 15 de abril e 15 de outubro, o efluente será lançado no Rio Santa Maria onde, via de regra, o volume de água é considerável no inverno.

A ETE será composta por três lagoas em série, sendo a primeira anaeróbia, de formato semi-pistonado, medindo 106 metros de comprimento e um espelho d'água variando entre 3 e 3,5 metros de profundidade. A segunda lagoa, apresenta características pistonadas mais acentuadas do que a primeira, tem uma largura média de 90 metros e 600 metros de comprimento, e uma profundidade média entre 1,5m e 2 metros. A terceira lagoa tem 72 metros de largura por 650 metros de comprimento e uma profundidade entre 1 m e 1,5 metro. O projeto prevê uma vazão média do efluente de 105 litros por segundo.

A Corsan está implantado uma câmara de bombeamento junto à descarga da terceira lagoa na divisa da área do proprietário. Nesta câmara existirá uma estrutura física denominada “desviadora de fluxo” operada pela companhia. Nela também haverá uma segunda câmara destinada ao bombeamento que será operada pelo proprietário da área. Daí em diante todas as providências necessárias à irrigação serão custeadas pelo agricultor, inclusive os custos de energia elétrica, condutos, taipas e curvas de nível praticadas nessa atividade.

Sobre a utilização da água proveniente de um efluente de esgotos domésticos numa cultura a ser consumida por seres humanos, técnicos da Corsan afirmam que esse processo é demorado desde o princípio até o final, numa seqüência de etapas de assepsia, o que o torna seguro.

O processo de tratamento, com lâminas escoantes sujeitas ao intensivo regime de insolação – característica do verão, época do seu cultivo - e a ação ultravioleta, garante, segundo os técnicos, alto poder de desinfecção, completado pelo período de secagem, o beneficiamento do produto a altas temperaturas e o cozimento final pelo consumidor. (Revista BIO-2001).

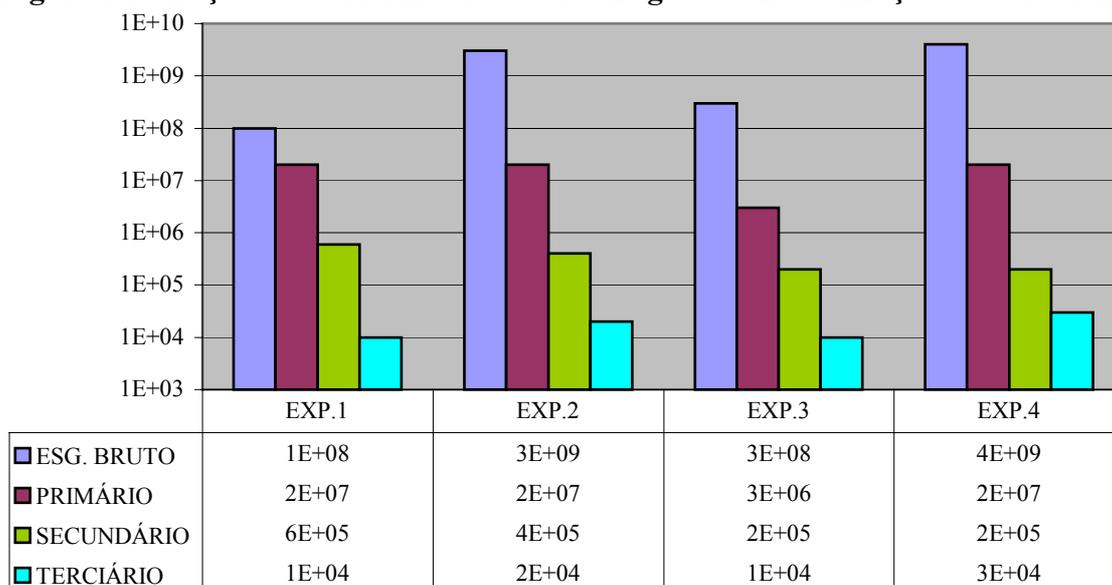
Considerando o rápido crescimento das atividades aquícolas no mundo, o Centro Panamericano de Engenharia e Ciências do Ambiente (CEPIS) levou a cabo um projeto de aquícultura utilizando efluentes tratados de lagoas de estabilização localizadas em San Juan, Lima, Peru. Nos países com grande tradição piscícola estão se incorporando as águas residuárias aos tanques de cultivo sem nenhum tratamento prévio. É o caso de Calcutá na Índia, onde existem mais de 10.000 ha de tanques alimentados com águas brutas, o que ocasionam um alto risco sanitário que ainda não foi avaliado. Em contrapartida os países desenvolvidos estão usando a criação de peixes como uma forma

de melhorar a remoção de matéria orgânica, sem que haja preocupação com a qualidade do produto já que não se destina ao consumo humano direto.

Com os auspícios do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD e a Agência Alemã de Cooperação Técnica (GTZ), se realizaram quatro cultivos experimentais de forma contínua durante dois anos nas épocas de calor e frio próprias do clima de Lima. Mais de 60 parâmetros físicos, químicos e biológicos foram avaliados diária ou semanalmente. Entre os parâmetros sanitários se incluíram : bactérias totais, coliformes totais e fecais, *Salmonella*, Clostridium sulfito redutor, bacteriófagos de *Escherichia coli* , enteroparasitos, poliovírus, vírus da hepatite B, metais pesados e pesticidas. Também se avaliou a concentração bacteriana na água dos tanques de cultivo em relação a resistência dos peixes para impedir o ingresso de bactérias no músculo.

O sistema de tratamento permitiu reduzir os níveis de DBO total até a faixa de 112 a 68 mg/l. A alta produção de algas se situou entre os 1.573 a 718 mg/l de clorofila A, de acordo com o clima. A amônia total flutuou entre 2,62 e 0,45 mg/l, valores toleráveis para a tilápia do Nilo. A remoção de coliformes fecais no processo de tratamento confirmou que o sistema é capaz de reduzi-los até 5 logaritmos e permite um efluente com níveis de 10^4 . Devido aos tanques piscícolas trabalharem em série, se espera reduzir a concentração de coliformes a um logaritmo e obter um nível de 10^3 recomendado pela OMS (Figura 1).

Figura 1 Remoção de Coliformes Fecais nas Lagoas de Estabilização de San Juan



Nas condições de Lima, pode-se obter 4.400kg/ha de tilápia com um peso médio de 250g ao final do verão, sem adicionar alimentos artificiais. O crescimento é muito reduzido durante o período de inverno porque a temperatura cai a 17° C. Nos criadouros convencionais da Amazônia, só é possível obter esse nível de produção se for adicionado alimentos concentrados. A abundante biomassa de algas, favorecidas pelas águas residuárias tratadas, permite substituir o alimento artificial e portanto reduzir os custos de produção.

A qualidade dos peixes foi avaliada de acordo com uma classificação restrita proposta por Buras (1987), que estabelece como “muito bons” os peixes com menos de 10 bactérias por grama de músculo, são aceitáveis aqueles com 10 a 50 bactérias, e são rejeitados os peixes com mais de 50 bactérias. É importante esclarecer que o pescado comercializado nos mercados, normalmente apresenta maior carga bacteriana no músculo que os mencionados na classificação. Em três experiências se alcançou uma classificação de “muito bons” para 100% dos peixes (Figura 2). Só no terceiro experimento se rejeitou 6% dos peixes, situação motivada por um incremento deliberado do nível de coliformes fecais que ultrapassou 10^5 no efluente. Isto permitiu estabelecer um limite de qualidade do efluente que deve ser utilizado na criação de tilápias; ultrapassado o limite, o sistema imunológico da tilápia se debilita e as bactérias ingressam no músculo. Também pode-se observar a capacidade de autodepuração desses peixes, sempre que se reduzia o nível de coliformes por um período de 30 dias. Isto significa que em caso de uma eventual sobrecarga no sistema de tratamento, a qualidade sanitária dos peixes afetados pode ser recuperada.

Figura 2 – Projeto Aqüicultura de San Juan - Qualidade Sanitária dos Peixes



Fonte: Buras, 1987

Os resultados obtidos permitiu elaborar um modelo computadorizado para dimensionar criações comerciais em zonas tropicais e subtropicais. As temperaturas elevadas das zonas tropicais permitem reduzir o tempo de criação a sete meses, obtendo-se até três colheitas ao ano. Com o programa, fica fácil calcular, por exemplo, que para conseguir uma produção de 60 toneladas anuais se requer 19 ha em locais com climas subtropicais, já nos climas tropicais só se necessita de 9 ha, situação que também reduz o custo de produção (OPS/CEPIS, 1996).

Em 1991 o Ministério de Agricultura do Peru iniciou o Projeto Nacional de Irrigação com Águas Servidas Tratadas, com o qual pretende ampliar a fronteira agrícola da costa com 18.000 ha irrigadas com 20m³ de deságües produzidos nas principais cidades da costa peruana.

O CEPIS ofereceu assistência técnica para avaliar o grau de substituição dos fertilizantes pelo aporte de nutrientes das águas servidas tratadas. Foram avaliadas diferentes doses de adição, desde um experimento somente com águas residuárias até níveis de adição de fertilizantes que normalmente se aplicam nos cultivos. Foram ensaiados diferentes cultivos comerciais como feijão, brócolis, couve, milho etc.

**Tabela 7 Produção do Feijão “PANAMITO”
(irrigado com efluente de 1000CF/100ml)**

DOSES (Kg/ha)			RENDIMENTO (Kg/ha)
N	P	K	
0	0	0	1,361
50	50	50	1,203
80	80	80	1,297
50	80	80	1,342

Fonte: Cepis, 1991

Tal como observa na Tabela 7 os resultados obtidos com o feijão “panamito”, os cultivos avaliados mostraram rendimentos de produção muito similares em todos os tratamentos, incluindo o teste sem fertilização. Se demonstrou que as águas residuárias aportam os nutrientes requeridos pelos cultivos, o que permite economizar os custos de fertilização, que muitas vezes representam mais de 50% do custo de produção. As pesquisas em Israel mencionam que certos cultivos de frutas e grãos podem ser afetados por altos níveis de nitrogênio existentes nas águas residuárias tratadas, já que somente

favorece o desenvolvimento vegetativo da planta. Portanto, seus sistemas de tratamento estão orientados a melhorar a remoção desse nutriente. Entretanto, essa alta concentração de nitrogênio é favorável aos cultivos de pasto, onde é conveniente propiciar o crescimento vegetativo da planta (OPS/CEPIS, 1996).

Todos os dados citados são interessantes e apontam para uma diversidade bastante favorável para a reutilização da água. No caso, necessita-se estabelecer enfim critérios e normas, especialmente em países como o Brasil. A dissertação não tem portanto o interesse de propor normas, mas sim contribuir na análise dos conceitos e discussão das normas levantadas, de países que já aplicaram e aplicam reuso de águas como mostrado a seguir.

3.5 – Normas e Legislações existentes pelo Mundo

A diversidade encontrada nas legislações dos diversos países, com diferentes enfoques se explica pela necessidade dessas serem adaptadas às suas particularidades ambientais e culturais. Alguns países, como no norte europeu, tem recursos hídricos abundantes, neles a questão do reuso, não passa pela provisão extra de água, mas têm uma importância fundamental no aspecto da proteção dos recursos hídricos e preservação ambiental. Já em outros países, como no sul Europeu, regiões dos Estados Unidos e da América do Sul, os recursos hídricos adicionais, oriundos do reuso de águas servidas, são de grande importância para agricultura, aquíicultura, etc.

A evolução das regras do reuso de águas residuárias não pode ser entendida completamente sem fazer uma revisão histórica destes padrões desde 1918. Naquela época a febre de legislar sobre reuso águas residuárias já havia começado. Um resumo desta evolução pode ser achado na tabela 8

Tabela 8 Evolução histórica da Legislação sobre reuso de águas residuárias

ANO	FATOS E CRITÉRIOS DE QUALIDADE
1918	Departamento de Saúde Pública do Estado da Califórnia estabelece os “Primeiros Regulamentos para utilização de esgotos com propósito de irrigação na Califórnia”
1952	Primeiras regras editadas por Israel
1973	WHO 100 CF/100ml. em 80% das amostras
1978	Critério sobre reuso de águas residuárias do Estado da Califórnia : 2,2 CT/100ml
1978	Israel: 12 CF/100ml em 80% das amostras: 2,2 CT/100ml em 50% das amostras
1983	Relatório do Banco Mundial
1983	Estado da Flórida: nenhuma detecção de <i>E.coli</i> em 100ml
1984	Estado do Arizona: padrões para vírus (1 vírus/40 L) e <i>Giardia</i> (1 cist/40 L)
1985	Relatório de Feachen et al,1983
1985	Relatório de Engelberg (IRCWD,1985)
1989	Recomendações da OMS para reuso de águas residuárias: 1000 CF/100ml, < 1 ovo de nematóide/L
1990	Estado do Texas: 75 CF/100ml.
1991	França: Recomendações sanitárias baseadas nas da OMS
1992	Guia da USEPA para reuso de águas: Nenhuma detecção de CF em 100ml (7 d em média, não mais de 14 CF/100ml em qualquer amostra

Fonte: Salgot & Angelakis, 2001

Por muitos anos os regulamentos do Estado da Califórnia eram a única referência legal válida para recuperação, reuso e reciclagem de águas residuárias. Este fato, fez com que qualquer técnico de qualquer lugar do mundo assumisse esses conceitos ali introduzidos como a verdade, axiomático e indiscutível. Foi declarado até mesmo, que estes padrões foram copiados e recopiados até que fossem reconhecidos oficialmente.

Durante as décadas de 70 e 80 houve uma considerável evolução. Os diferentes estados no E.U.A. e várias agências internacionais, como o Banco Mundial e a OMS (Organização Mundial de Saúde) iniciaram um processo de extrema atividade na produção de legislação. Depois da publicação das recomendações da USEPA em 1992, uma pequena evolução foi feita na Europa que, como já foi descrito, há pouco movimento legislativo para recuperação e reuso de águas residuárias.

Conforme comentado, a Califórnia foi o único estado que teve regulamentação específica durante anos, e por isso, é considerado o que reúne uma melhor abordagem para muitos técnicos e cientistas.

Muito diferente da realidade atual onde diferentes entidades supranacionais discutem a possibilidade de implementar novos conceitos ou sugerir modificações, a OMS (Organização Mundial de Saúde, 1989) e o Banco Mundial patrocinaram vários estudos sobre o tema, além do USEPA que também executou vários estudos e comparou as leis estatais existentes e recomendações emitidas à época (USEPA, 1992).

Atualmente os regulamentos da Califórnia e de Israel estão sofrendo uma revisão. Paralelamente, um comitê de especialistas foi criado para uma revisão inicial das diretrizes da OMS (Organização Mundial de Saúde), e vários estudos estão em desenvolvimento para estabelecer diretrizes ou regulamentos em vários países e na Europa.

A seguir iremos analisar as diversas normas, legislações e recomendações existentes pelos diversos países, e poderemos identificar as diferentes intenções de proteção dos recursos hídricos, prevenção de poluição costeira, provimento extra de água, recuperação de nutrientes para agricultura, economia em tratamento de águas residuárias, recarga do lençol freático, sustentabilidade na administração dos recursos hídricos, etc:

França.

A França irrigou colheitas com águas residuárias durante anos (perto de um século), em particular ao redor de Paris porque, até os idos de 1940, era o único método de tratar e dispor águas residuárias da conurbação da Grande Paris.

Esta prática ainda está sendo utilizada na região de Acheres onde parte dos águas residuárias é usada após tratamento, mas provavelmente será descontinuado em breve. O interesse em reuso de águas residuárias reacendeu por volta da década de 1990 por duas razões principais: o desenvolvimento intensivo de irrigação de culturas (como milho) em particular na França Sul-ocidental e a região de Paris, a grande diminuição de oferta de água depois de várias recentes secas severas que afetaram paradoxalmente

regiões tradicionalmente consideradas “molhadas”, ou seja, com grande potencial hídrico (a França Ocidental e Norte-ocidental).

Por causa deste interesse novo para o reuso de águas residuárias, as autoridades de Saúde emitiram em 1991 o documento “Diretrizes de saúde para o reuso pós-tratamento de águas residuárias para agricultura e irrigação de espaços verdes” (CS HPF., 1991). Estas diretrizes seguem essencialmente as diretrizes da OMS , mas também acrescenta restrições técnicas para irrigação e estabelece distâncias entre locais de irrigação e áreas residenciais e estradas. Em fevereiro de 1996 a Associação Geral dos Sanitaristas e Técnicos Municipais (Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux - AGHTM) publicou recomendações técnicas sobre os tratamentos de águas residuárias necessários para assegurar o efetivo cumprimento das diretrizes francesas. Além disso, recentes regulamentos franceses fazem o Departamento de Administração solicitar de forma compulsória autorização para qualquer novo projeto de reuso de águas residuárias (Bontoux & Courtois, 1996).

Alguns projetos têm sido descartados, até agora, principalmente por causa de problemas relativos ao custo de tratamentos terciários. Todavia os projetos implementados chegam a um montante de 3.000 ha de terra, e agregam uma grande variedade de aplicações: em jardinagem, pomares, plantações cereais, de árvores e florestas, pastagens e campos de esportes. O sistema de Clermont—Ferrand de reuso de água para irrigação conta hoje com mais de 700 ha de plantação de milho, e é considerado hoje um dos maiores projetos desse tipo na Europa.

O recente desenvolvimento de novos processos de tratamento, como bioreatores de membrana (ultrafiltração e microfiltração), para obter alta qualidade de purificação de água, desinfecção e remoção de sólidos em suspensão, poderá abrir uma porta para a reciclagem de águas residuárias com propósitos domésticos (águas de lavagem e descarga de vaso sanitário, etc.).

Itália.

Uma primeira pesquisa de plantas de tratamento de esgoto na Itália calculou o total de efluente tratado na ordem de 2.400 Mm³/ano. Este dado dá uma estimativa do recurso potencial disponível para reuso de águas residuárias. Devido a regulamentação que obriga a se alcançar um alto nível de tratamento, para a média das grandes plantas

de tratamento (≥ 100.000 hab), respondendo por aproximadamente 60% de fluxo de águas servidas urbanas podem proporcionar para efluentes ré-utilizável uma relação de custo/benefício extremamente favorável.

O uso de águas residuárias sem tratamento foi praticado na Itália desde o começo deste século, especialmente nas periferias das pequenas cidades e perto de Milão. Entre os casos mais antigos de irrigação com águas residuárias pode ser citado “le marcite”(grandes campos irrigados constantemente através de sistemas de canaletas) que utiliza as águas do rio Vettabia, que recebe a maioria dos esgotos industriais e urbanos sem tratamento.

Hoje em dia, esgotos tratados são principalmente usados para irrigação na agricultura cobrindo mais de 4.000 ha. Um projeto de maiores proporções foi implementado em Emilia Romagna onde mais de 450.000 m³/ano de efluentes tratados são usados para irrigação em aproximadamente 250 ha. Os reais custos para a distribuição de esgotos reciclados (energia, mão de obra, manutenção do sistema) é coberto pelos usuários. Novos sistemas de reuso de águas residuárias foram recentemente implantados na Sicília e Sardenha para irrigação agrícola.

A Legislação italiana existente (Padrões Técnicos Gerais - G.U. 21.2.77) atribui limites, dependendo do tipo de hortifruticultura e pastagens, de 2 a 20 colibacteria por 100 cm³, respectivamente. Além disso, a lei prescreve que na presença de lençol freático em contato direto com águas de superfície, devem ser usadas medidas preventivas adequadas para evitar qualquer deterioração da qualidade das mesmas.

Uma lei nova relativa a esgotos municipais está sendo preparada para dar melhor atenção à administração de recursos hídricos, em particular para o reuso de esgoto tratado. As indústrias serão encorajadas a usar águas residuárias tratadas. Companhias responsáveis pelo tratamento de esgotos municipais já planejaram construir uma rede de abastecimento de águas residuárias tratadas para reuso pelas indústrias. Na área metropolitana de Turim, por exemplo, as duas companhias principais (Azienda Po Sangone - APS e CIDIU) realizaram esse alternativa. Finalmente, uma proposta por estabelecer regulamentos nacionais em reuso de águas residuárias tratadas está sendo elaborada .

Espanha.

Um novo Plano Nacional dos Recursos Hidrológicos foi publicado recentemente e é muito favorável para o reuso de águas residuárias tratadas na irrigação. Em todo caso, o reuso de esgotos tratados já é uma realidade em várias regiões espanholas para quatro aplicações principais: irrigação de campos de esportes, irrigação agrícola, recarga dos aquíferos subterrâneos (em particular para impedir a intrusão de água salgada em aquíferos litorâneos) e incremento de vazão dos rios.

Existe grande interesse comercial de algumas companhias de água privadas em investir em pesquisa e desenvolvimento em colaboração com as Universidades (por exemplo: AGBAR e de Canal Isabel II). Por enquanto não há nenhuma legislação nacional na Espanha, mas pelo menos três províncias autônomas (Andaluzia, Catalunha & Baleares) tem algumas prescrições legais ou recomendações relativas ao reuso de esgotos tratados.

Chipre.

No Chipre o esgoto gerado pelas principais cidades, aproximadamente 25Mm³/ano, é considerado um importante recurso hídrico a ser coletado e usado para irrigação após um tratamento terciário. Por causa do alto custo de tratamento, a maioria da água reciclada, aproximadamente 55 a 60%, é usada para propósitos com controle bacteriológico menos rígido tais como: jardins, parques, campos de golfe etc. Já o efluente restante integra uma rede de cerca de 10 Mm³/ano que é reservado para ser disponibilizado para irrigação na agricultura.

Segundo os dados observados, o custo de reciclar a água é baixo, aproximadamente 7,5 cents/m³ (US\$). Isto vai permitir ampliar a irrigação na agricultura por volta de 8 a 10%, o que irá proporcionar uma conservação de quantidade equivalente de água para ser utilizado em outros setores (Papadopoulos, 1995).

Os padrões para utilização relacionados a efluentes de reuso de águas residuárias tratados para fins de irrigação em Chipre é apresentado na tabela 9. Eles são mais rígidos que as diretrizes da OMS , e leva em conta as condições específicas de Chipre. Estes critérios são seguidos por um código de práticas para assegurar a melhor aplicação possível do efluente para irrigação (Kypris, 1989).

Todavia, estes critérios seguem, de algum modo, a filosofia dos regulamentos da Califórnia.

Tabela 9 Critérios de qualidade para irrigação com águas residuárias tratadas

Irrigação		DBO ₅ (mg/l)	SS (mg/l)	Coliformes Fecais (NMP/100ml)	Nematóides Intestinais (/L)	Tratamento Requerido
Áreas de lazer públicas com acesso ilimitado		10 ^a	10 ^a	50 ^a	Nil	Terciário com desinfecção
		15 ^b	15 ^b	100 ^b		
Alimentos para consumo humano	A ¹	20 ^a	30 ^a	200 ^a	Nil	Secundário, armazenamento >1 semana e desinfecção ou terciário e desinfecção
		30 ^b	45 ^b	1000 ^b		
Áreas de lazer públicas com acesso limitado	B ¹	-	-	200 ^a	Nil	Lagoa de estabilização de maturação com detenção >30dias ou secundário com armazenamento >30 dias
				1000 ^b		
Colheitas de Forragem	A ¹	20 ^a	30 ^a	1000 ^a	Nil	Secundário e armazenamento >1 semana ou terciário com desinfecção
		30 ^b	45 ^b	5000 ^b		
	B ¹	-	-	1000 ^a	Nil	Lagoa de estabilização de maturação com detenção >30dias ou secundário com armazenamento >30 dias
Alimentos processados pela industria	A ¹	50 ^a	-	3000 ^a	-	Secundário e desinfecção
		70 ^b	-	10000 ^b		
	B ¹	-	-	3000 ^a	-	Lagoa de estabilização de maturação com detenção >30dias ou secundário com armazenamento >30 dias
				10000 ^b		

^a Esses valores não devem exceder a 80% das amostras por mês.

^b Máximo valor permitido.

¹ Categoria de reuso (Tabela 10).

Notas:

A irrigação de vegetais não é permitida.

A irrigação de plantas ornamentais para fins de comércio não é permitida.

Nenhuma substância comprovadamente tóxica para os seres humanos e animais que poderá ser acumulada nas partes comestíveis de alimentos é permitida nos efluentes.

Fonte: Angelakis et al., 1999

Bélgica.

A Bélgica, com seus recursos disponíveis de 817 m³/hab.ano, é um dos países europeus como Malta, Países Baixos, Hungria. e República da Moldova que sofre escassez de água crônica (quantia de água renovável < 1.000 m³/hab.ano). Hoje, são tratados somente 38% de todo o esgoto produzido atualmente na Bélgica, com perspectivas de alcançar níveis de cerca de 60% de tratamento do esgoto brevemente

nos próximos anos. Com isso a quantidade de reuso de águas residuárias, atualmente, é bastante limitado.

Não obstante, em algumas situações, o reuso de águas residuárias tratadas poderá ficar cada vez mais atraente para a indústria, como termoelétricas, indústria de alimentos e outras com altas taxas de utilização de água, como também nas áreas onde os recursos hídricos estejam em declínio ou pela alta demanda por água no verão nas regiões litorais durante a estação turística.

A eliminação de descargas no meio ambiente em áreas sensíveis também são uma boa razão para o desenvolvimento de novos projetos de reuso de águas residuárias. Vários projetos de reuso de águas residuárias estão sendo postos a cabo em Flandres. Estes projetos são situados nos setores de fornecimento de energia, processamento de alimentos, produção de aço e metalurgia, indústrias químicas. e têxtil.

O único caso documentado de reuso de águas residuárias estabelecido na Bélgica para propósito agrícola é para a irrigação de frutas e legumes, principalmente no verão. Adicionalmente, a Universidade de Gembloux tem desenvolvido um sistema chamado de “Epuvalisation” que utiliza efluentes de reuso de águas residuárias em hidroculturas (Xanthoulis & Guillaume, 1995). Reuso de água potável indireto é considerado como um novo insumo que vem crescendo devido ao seu custo competitivo (Thoeye et al., 2000). Em Wulpen através de uma estação de tratamento de esgotos, mais 2,5 milhão m^3 /ano de efluentes urbanos foram tratados por microfiltração e osmose reversa, e armazenados durante 1 a 2 meses num aquífero que depois foi usado para incremento na oferta de água de abastecimento. Outro projeto que está sob análise situa-se em Heist, que avaliará a microfiltração, osmose reversa e a tecnologia de MBR (membrana filtrante - osmose), para tratar 10.000 – 24.000 m^3 /d para recarga de aquíferos.

Grécia.

Na Grécia a demanda por água aumentou bastante, especialmente nos últimos 50 anos. Apesar da precipitação adequada, o balanço hídrico é freqüentemente abalado devido a variações temporais e regionais de precipitação pluviométrica. Além disso a demanda de água tem crescido durante os meses de verão e os problemas são acrescidos pelas dificuldades de transportar água devido ao terreno montanhoso. Além disso, em muitas áreas sul-orientais há uma grande demanda de recursos de água doce que são

aumentados por exigências particulares do turismo e irrigação. Então, a integração de reuso de águas residuárias tratadas com os recursos hídricos existentes tem se configurado um assunto de extrema relevância.

Hoje, quase 60% da população grega está ligada a mais de 270 estações de tratamento de esgotos com uma capacidade total por volta de 1,30Mm³/d (Tsagarakis, 1998). Uma análise de dados relativos ao equilíbrio dos recursos hídricos nas áreas das estações de tratamento tem demonstrado que mais que 83% dos efluentes tratados são produzidos em regiões com um balanço hídrico deficiente (Tchohanoglous & Angelakis, 1996). Então, a adoção de reuso de águas residuárias nestas áreas satisfaria uma demanda de água existente.

Algumas pesquisas e projetos piloto negociando com reuso de águas residuárias tem se tornado, atualmente, prioridade na Grécia (Angelakis et al., 1999). Além de alguns pequenos projetos de recuperação e reuso de águas residuárias que estão sendo postos em prática, mas nenhuma diretriz ou orientação para reciclagem ou reuso de águas residuárias foi adotado, além dos normalmente utilizados para descarga de efluentes (No Elb/221/65 Helth Arrangement Action). Um estudo preliminar já está sendo elaborado para estabelecer normas, critérios e recomendações na Grécia (Angelakis et al., 2.000).

Noruega.

Aproximadamente 87% da população da Noruega recebe água de bacias locais e 13% de águas subterrâneas. Dados sobre os tipo de abastecimento indicam que 90% da população é abastecida por cerca de 1.600 sistemas de abastecimentos de água públicos e o restante por pequenos sistemas individuais. No aspecto qualitativo 400 desses sistemas públicos produzem água com qualidade de acordo com exigências da União Européia, abastecendo 60% da população (inclusive Oslo). Os sistemas menores, cerca de 1.200, abastecendo 30% da população, produzem água abaixo desses padrões.

De acordo com as estatísticas nacionais, os sistemas de abastecimento de água noruegueses destinam quase 600 l/hab, mas só 130 l/hab é usado pela população. O consumo industrial é de 100 l/hab e aproximadamente 100 l/hab abastecem as empresas, instituições privadas e serviços municipais. Isto configura cerca de um total de 40 a 50% de perdas no sistema por vazamentos. O Governo norueguês decidiu alocar

aproximadamente 820 milhões de Euros (R\$ 3,16 bilhões) por ano durante 5 anos para melhorar os sistemas de abastecimento de águas locais.

Como a Noruega é agraciada com uma abundância de água, o assunto de reuso de águas residuárias raramente é considerado. Não obstante, em certas áreas, algumas companhias industriais estão recirculando água para seus processos de resfriamento, motivadas pelas altas de tarifas de água. Isto representa, porém, uma porcentagem muito baixa do consumo de água industrial total.

Portugal.

Em Portugal, as águas residuárias tratadas é um valioso recurso potencial para irrigação na agricultura. Por outro lado, o volume de esgoto tratado disponível em Portugal deveria alcançar 580 Mm³/ano o que representa o dobro dos efluentes tratados atualmente. Até mesmo sem armazenamento, este volume poderia ser bastante para cobrir cerca de 10% das necessidades de água para irrigação em um ano seco. O uso de águas residuárias tratadas para irrigação significa uma grande contribuição ao desenvolvimento da agricultura nas províncias portuguesas mais secas (Beja, Évora, Setúbal, Lisboa e Santarém).

A grosso modo, entre 35.000 a 100.000 ha, dependendo da capacidade de armazenamento, puderam ser irrigados com águas residuárias tratadas, diversos tipos de plantações. Há alguns casos de irrigação planejada com águas residuárias tratadas, especialmente pomares, vinhedos e campos de esportes na metade meridional do país. Uma grande estação de tratamento de esgotos a nível terciário, em construção nos arredores de Lisboa, irá proporcionar uma irrigação de cerca de 1.000 ha com águas residuárias. Portugal está produzindo, em ritmo acelerado normas e orientações para reuso de águas residuárias (Marecos do Monte et al., 1996).

Suécia.

Especialmente em áreas onde a água está escassa, águas residuárias para irrigação é considerado um recurso óbvio. Tal foi o caso na Suécia, onde águas residuárias foram armazenadas em grandes reservatórios, por até nove meses antes de

serem utilizadas em irrigação. Os benefícios com estes projetos tiveram duas vertentes: (a) tratamento de águas residuárias executadas de um modo seguro e financeiramente atraente e (b) criar recursos hídricos para irrigação na agricultura.

Estes sistemas conseguiram contemplar uma demanda por tratamentos de águas residuárias com um custo reduzido, mas de modo muito eficiente. Os nutrientes são reciclados através das águas residuárias utilizados para cultivo da terra, além dos fazendeiros terem a sua disposição, água de irrigação barata. Esta também é uma solução ecologicamente correta que evita que as descargas de esgoto mais ou menos tratadas alcancem os corpos hídricos.

Suíça.

O tratamento de águas residuárias na Suíça alcançou um alto nível: 95% da população estão conectados a uma estação de tratamento de esgotos. Todas as estações são equipadas com tratamento mecânico e biológico e 75% dos efluentes são purificados com tratamento químico suplementar. A qualidade das águas de superfície é sempre boa ou muito boa, mas em regiões com agricultura intensiva, concentrações de nitrato nas águas subterrâneas são freqüentemente mais altas que 25 mg/l, e em alguns casos, mais de 40 mg/l. Águas subterrâneas de outras fontes (>70%) são usadas diretamente ou passam por um processo simples de tratamento para produzir água potável. Para aglomerações maiores, lagos servem como reservatórios para a suprir os sistemas de abastecimento de água.

A quantidade de água usada para irrigação não é bem conhecida, pois a abundância dos recursos hídricos não favorece o rígido controle. Por causa de infraestrutura hidráulica bem-desenvolvida e abundante precipitação pluviométrica, a Suíça não tem uma demanda alta para reuso de águas residuárias. Porém, os altos padrões de qualidade para águas de superfície e rigorosos controles de concentrações de substâncias perigosas nos efluentes de esgotos, favorecem o reuso em processos industriais pois minimizam os altos custos de tratamento.

Países Baixos.

Algumas regiões dos Países Baixos (no sudeste, leste e o nordeste) podem sofrer grande escassez de água durante as estações secas. A utilização dos efluentes de reuso de águas residuárias para irrigação só é possível quando o tratamento é de boa qualidade. Para irrigação na agricultura, cloro e ferro são no momento as substâncias limitantes. A qualidade bacteriológica dos efluentes se encontram muito abaixo dos padrões de potabilidade para dessedentação do gado e de balneabilidade.

O reuso de efluentes pode ser uma boa opção para certas aplicações industriais, como sistemas de resfriamento e águas para limpeza. Verifica-se que a quantidade total de reuso de águas residuárias nos Países Baixos é bem pequena; em alguns casos os efluentes são usados para manutenção do nível de água de aquíferos, fonte de água para uso urbano como combate a incêndios e outros. O uso de água reciclada depende de cada situação local: disponibilidade de um efluente de boa qualidade e uma distância economicamente viável, comparada com a água de superfície.

Em um futuro próximo o reuso de águas residuárias provavelmente sofrerá um incremento significativo. Efluentes para agricultura poderão ser armazenados e sofrer tratamento adequado para satisfazer os padrões requeridos para este propósito. Esses recursos hídricos adicionais poderão também ser utilizados, após tratamento terciário para provisão de água em áreas de floresta ou outras áreas públicas. Para as indústrias o reuso de águas residuárias será uma grande opção, tendo em vista os elevados impostos do governo holandês e os limites de exploração a fim de manter e reabilitar os níveis aos aquíferos superficiais e subterrâneos, a relação custo benefício eleva em muito a atração pelo reuso.

Reino Unido.

O Reino Unido usou efluentes de esgoto para manter os níveis (e ecossistemas) de diversos rios e, indiretamente, contribuiu para o incremento de vazão dos rios que servem ao abastecimento de água potável e outras finalidades. Essa prática está sendo particularmente desenvolvida nos principais rios do sul e leste, de onde nem sempre é possível reduzir os lançamentos de esgotos rio acima.

Há no Reino Unido alguns exemplos de utilização de efluentes de reuso de águas residuárias tratadas principalmente para propósitos de irrigação (campos de golfe, parques, vegetação nas beiras de estradas), esses efluentes são também utilizados para diversos usos no comércio como lavagens de carro, refrigeração e aquaculturas. Vários sistemas estão sendo operados para reciclar águas residuárias provenientes de máquinas de lavar, lavatórios dos banheiros e chuveiros com o propósito de serem utilizados nas descargas dos vasos sanitários, considerado como um terço da demanda de água doméstica. Em alguns destes casos, são associadas a captação de águas pluviais provenientes do próprio telhado das casas, integradas a esses sistemas, com as águas residuárias, que serão reutilizadas.

De forma geral, não há nenhum padrão consistente ou significativo de reuso de águas residuárias no Reino Unido. Normalmente, sempre houve água suficiente para atender a demanda, portanto poucos projetos para reuso foram desenvolvidos. Depois das secas dos últimos anos é esperado que as pesquisas e projetos aumentem significativamente pois, com certeza haverá uma grande pressão da população, pressão política e climática que demandará o uso mais racional dos recursos hídricos no Reino Unido, com conseqüente normatização adequada.

Áustria.

A Áustria tem uma precipitação pluviométrica anual de aproximadamente 1.100mm. O consumo de água para abastecimento corresponde, aproximadamente, a 0,06% dessa precipitação, para agricultura e propósitos industriais em aproximadamente 1,5%. Devido a essa situação favorável a escassez de água na Áustria é restrito a problemas localizados em algumas partes das regiões oriental e meridional. A média do consumo de água é aproximadamente 159 l/hab.dia o que configura um consumo moderado, e vem se mantendo constante durante a última década.

Aproximadamente 98% da água para abastecimento deriva dos mananciais do subsolo e praticamente não precisam de nenhum tratamento. Na Áustria o reuso de águas residuárias só é pertinente quando contribui para reduzir custos e poluição. Devido a uma legislação de água, a Áustria tem um princípio de preservação muito forte para solo e proteção para as águas de superfície. Para várias indústrias, o consumo de água específico está limitado, através de lei, a um valor que só pode ser alcançado

reciclando água (por exemplo, polpa e indústria de papel, indústria de açúcar). Como a água é um recurso renovável, seu reuso é recomendado, o que resulta em vantagens econômicas e ecológicas globais. Então, a meta básica de proteção de água na Áustria é um alto controle de poluição e fazer uso racional de água.

Dinamarca.

Os 5 milhões de habitantes de Dinamarca podem contar com uma disponibilidade de água doce de aproximadamente 2.500 m³/hab.ano. Como em outros países escandinavos, o assunto de reuso de águas residuárias está bem distante de ser tratado como prioridade. Apesar disso, os altos preços pelo fornecimento de água tem encorajado as indústrias a recircular e processar água utilizada em resfriamento, refrigeração e outras operações que demandem um consumo excessivo de água.

Finlândia.

Com disponibilidade de água per capita de mais que 20.000 m³/hab.ano a Finlândia nunca precisou considerar o reuso de águas residuárias tratadas para a irrigação. A demanda de água para consumo humano é de 423 Mm³/ano e ainda por cima metade desse total vem de mananciais subterrâneos. O uso industrial de água é 1.000 Mm³/ano e o uso de água de abastecimento é de 5.700 Mm³/ano. A necessidade de irrigação em agricultura é bastante baixa. O uso de água para irrigação é menos que 1% do restante e a maioria é de água de superfície de alta qualidade.

Alemanha.

Na Alemanha, a parcela utilizável de água alcança 182 bilhão m³/ano. Só 25,8% desse total é utilizado: 15,8% em geração de energia elétrica, 6% na indústria, 3,1% para abastecimento público de água e 0,9% para agricultura. Então, o incentivo para a reciclagem de águas servidas é muito pequeno. A Alemanha tem uma das mais baixas perdas de água do continente Europeu. O enfoque principal dos investimentos se concentra em adutoras que corresponde a 63% do total dos investimentos .

O consumo doméstico atual é por volta de 128 l/hab.dia, o mesmo per capita de 20 anos atrás.

Em algumas regiões (por exemplo, Vale do Ruhr e Vale do Reno) a recarga artificial do aquífero subterrâneo é praticada. Nestes casos, a água de superfície ou do lençol freático é usada como água para abastecimento. Em alguns locais, novos regulamentos referentes a descarga de água pluviais foram editados, mas o enfoque é somente econômico e de proteção ambiental. Devido a uma legislação federal de proteção dos recursos hídricos (Wasserhaushaltsgesetz), a Alemanha alcança um elevado nível de proteção para as águas, o que favorece uma melhor oportunidade para o reuso de águas residuárias e potencializa os sistemas de proteção ambientais.

Irlanda.

Aproximadamente 75% dos Irlandeses utilizam como fonte de abastecimento público as águas de superfície, o restante se abastecem de poços e nascentes. Uns 1.000 sistemas de abastecimento públicos de água fornecem mais de 1,2 milhões de m³ de água por dia. Por causa do clima irlandês moderado e úmido, a necessidade de irrigação em agricultura praticamente não existe. A água de abastecimento é bombeada diretamente dos rios ou lagos. Não foi identificada nenhuma iniciativa de reuso de águas residuárias na Irlanda.

Luxemburgo.

Luxemburgo conta com uma precipitação pluviométrica média anual de 785 mm (2 bilhões m³). O consumo nacional água de potável é em torno de 60 Mm³ o que corresponde em média a 300 l/hab.dia. A Indústria precisa de 25%, a agricultura de 30% e o consumo doméstico 45%. Hoje as águas de superfície (por volta de 60.000m³/d) atingem uma cobertura de aproximadamente 1/3 da média do consumo de água atingindo até 2/3 nos picos de verão. Para mais segurança da água de superfície, novos poços artesianos profundos complementares (aproximadamente 50.000 m³/d) foram perfurados alguns anos atrás.

Como Luxemburgo não tem nenhum real problema proveniente de água potável, o reuso de águas residuárias não está presente em nenhuma agenda de trabalho do país. Não obstante, para especialmente proteger seu cursos de água no verão, quando os níveis estão baixos, algumas providências têm sido tomadas: as indústrias estão sendo encorajadas para reciclar as águas dos seus processos industriais de produção e de refrigeração. Com o mesmo intuito também está sendo incentivado o armazenamento da água da chuva para propósitos de irrigação, limpeza na indústria, agricultura e atividades domésticas. O uso de águas residuárias tratadas está sendo considerado para umidificação em indústrias de compostos orgânicos e fertilizantes naturais.

Estados Unidos:

Existem poucas leis federais ou regulamentos referindo-se diretamente ao reuso de águas residuárias nos Estados Unidos (USEPA, 1992). O governo americano possui o direito de adequar a água de mananciais dentro ou adjacente às áreas que reserva ou desapropria para seu uso futuro, inexistindo obrigação de fazê-lo simultaneamente à aquisição da terra.

A costa leste dos Estados Unidos, onde o recurso hídrico é abundante, adotou a legislação de uso da água baseada na propriedade dos terrenos marginais (riparianos) aos rios, córregos ou lagos.

O direito é baseado na proximidade ao curso d'água e a água só pode ser utilizada na propriedade marginal após sua aquisição legal. O detentor do direito não pode retirar vazões que afetem significativamente o fluxo ou que degrade a qualidade do curso d'água.

O direito ripariano correlaciona-se usualmente com o direito dos outros proprietários riparianos, quando todos tem direito a uma parcela do recurso hídrico disponível, vetada a reservação para uso futuro. O direito a retirada da vazão não tem carência definida, o que pode gerar a alocação de uma quantidade de água superior ao efetivamente disponível, dificultando o planejamento da utilização do recurso hídrico.

No oeste, embora existam direitos riparianos, a escassez fez com que a maioria absoluta dos direitos sobre a água sejam governados pela doutrina da apropriação

primária: o primeiro usuário que desviar a água de um rio ou córrego está amparado, legalmente, contra os que chegarem depois.

A lei apropriativa diz que o primeiro a chegar tem o direito primário (*first in time, first in right*). Fundamenta-se na utilização da água, não na propriedade da terra, como no caso ripariano. Os primeiros a reivindicar o uso são apropriadores seniores, detêm os direitos de senioridade sobre a água (*senior water rights*) e têm precedência sobre os apropriadores juniores, detentores de direitos juniores (*junior rights*). Mesmo nas piores secas, os primeiros têm direito a retirar sua quota integral enquanto os que chegam depois retiram a sobra ou mesmo nada, às vezes só usufruindo do recurso hídrico na estação das chuvas.

A vazão autorizada que não for retirada é perdida. Os direitos são permanentes enquanto houver o uso da vazão autorizada sem desperdício, sendo permitida a armazenagem temporária ou sazonal. (Viessman & Haninier, 1985 citado por USEPA, 1992 p. 143).

A lei apropriativa é originária das práticas de mineração ocidentais do século XIX, quando os mineiros desviavam as águas para segregar a parte valiosa das extrações minerais, tendo permanecido válida quando a agricultura substituiu a mineração. Atualmente, na região do Pacífico noroeste, 88% do aquífero profundo e das águas superficiais captadas destinam-se a agricultura, existindo consenso sobre a inadequação da antiga legislação para disciplinar a demanda sempre crescente de água (WATERWATCH, 1998).

A lei apropriativa é geralmente usada para o aquífero profundo em todos Estados Unidos, sendo controlada ou pelo critério da propriedade absoluta, ou pelo seu uso razoável, ou para uma finalidade específica, como a seguir descrito (Camp Dresser & Mckee, 1980; USEPA, 1992; WATERWATCH, 1998):

- pelo primeiro critério o direito de extração é total, desde que o aquífero se situe sob o terreno da propriedade, não importando o efeito que a retirada possa ter no aquífero da propriedade adjacente;
- pelo critério do uso razoável a exploração é limitada à quantidade comprovadamente utilizável pela propriedade, diretamente acima da reserva subterrânea;

- pelo critério da finalidade específica, apenas o consumo definido para determinado fim é permitido

O impacto dos tópicos legais sobre o direito das águas nos Estados Unidos pode ser bastante significativo num programa de reuso. De uma forma geral os seguintes aspectos merecem atenção:

- Prejuízo a terceiros: quando o programa de reuso reduz substancialmente as vazões de um determinado curso d'água.
- Complexidade legal sobre a exploração do aquífero subterrâneo e alguns aquíferos superficiais: os direitos sobre as águas dos rios e córregos são claros e bem definidos, o mesmo não ocorrendo quanto aos lagos e lençóis subterrâneos.
- Efeito favorável da diminuição da vazão captada: um programa de reuso que demonstre ser possível diminuir a vazão captada provavelmente não trará conflitos legais com os direitos sobre a água.
- Efeito desfavorável da redução da descarga de efluentes tratados: embora não exista obrigatoriedade na manutenção da descarga da vazão tratada num curso receptor, a retirada de vazão para reuso pode enfrentar obstáculos legais se prejudicar a disponibilidade de vazão a jusante. São exemplos deste tipo de reuso as retiradas para as torres de resfriamento, a infiltração/percolação através da irrigação, ou o desvio para transposição de bacia hidrográfica.
- As mudanças nos pontos de descarga ou no local de uso nos estados regidos pela lei da apropriação primária, os estatutos legais podem proteger a área de origem da água, limitar as áreas de consumo ou requerer a manutenção do mesmo ponto de descarga. Nos estados governados pelo direito ripariano o local de consumo pode gerar reivindicações legais.
- Conflitos relativos à franquia do serviço: podem surgir se uma agência que promove o reuso tenta abastecer uma área abastecida da forma tradicional por outra companhia. Estes conflitos variam de forma e importância conforme o estado, mas não costumam ser suficientemente sérios para invalidar um projeto de reuso, sendo normalmente resolvidos através de compensações financeiras.

A Califórnia e a Flórida ocupam destaque entre os estados que possuem critérios específicos para o reuso potável indireto planejado. As diretrizes federais encontram-se

em USEPA, 1992; e não advogam o reuso potável direto e nem trazem recomendações que levem a tal prática (CGER, 1998).

A Califórnia tem antigos (1978) requisitos gerais para o reuso potável indireto através da recarga de aquíferos os quais estão sendo atualizados para garantir que um aquífero que recebeu água de reuso atenda ao padrão de potabilidade e não exija tratamento posterior antes do consumo. O Estado ainda não desenvolveu critérios para uso reuso potável indireto através do aumento da vazão de cursos d'água, embora exista uma proposta neste sentido (CGER, 1998).

A Flórida reviu em 1996 o capítulo de seu código administrativo intitulado “Reuso de Água de Qualidade Recuperada e Aplicação no Terreno”, que datava de 1989. Adiante da Califórnia, o reforço das águas superficiais encontra-se abordado em dois capítulos do *Florida Administrative Code (Reclaimed Water and Land Application e Domestic Wastewater Facilities)*.

A Flórida exige que o distrito de gerenciamento das águas do Estado identifique quais áreas têm ou terão abastecimento problemático nos próximos 20 anos, devendo elaborar estudos de viabilidade para as ETE's localizadas nestas áreas, prevendo o reuso de seus efluentes ou demonstrando que isto é inviável por razões econômicas, ambientais ou técnicas. Sendo julgado viável, a descarga do efluente tratado nas águas superficiais ou em injeções de poços profundos deve-se limitar à água de reposição necessária para os sistemas de reuso (CGER, 1998).

No Arizona, o reuso potável direto é especificamente proibido, e a recarga de aquíferos com efluentes tratados em ETE's é uma operação fiscalizada por dois departamentos: o Arizona Department of Environmental Quality (ADEQ) e o Arizona Department of Water Resources (ADWR).

Admite-se que apenas um dos departamentos assumam a fiscalização se o solicitante for único (operação da ETE e aplicador) ou se as instalações forem situadas em áreas contíguas. O solicitante deve demonstrar que a recarga preservará a potabilidade do aquífero receptor, ou, caso o mesmo já não seja potável, que a recarga não trará degradação adicional ao aquífero (CGER, 1998).

No Texas, na medida em que o reuso das águas se torna mais comum, considera-se natural que surjam mais e mais aspectos legislativos disciplinando esta prática. Os

tópicos legais de interesse abrangem mananciais e cursos d'água, aquíferos profundos e superficiais e direitos de propriedade sobre usos úteis da água captada.

A maior parte dos rios do Texas possuem a vazão dominante proveniente do reuso, alguns em mais de 90%, especialmente na estação seca. A extensão da proteção legal para os usuários de jusante depende do manancial dos usuários de montante ser superficial ou subterrâneo. Por exemplo, a cidade de Abilene, que depende de mananciais superficiais, está obrigada pelo Brazos River Authority a retomar 40% da vazão captada para o rio, sob a forma de efluente tratado, para compensar a perda.

No Texas existe diferença legal entre reuso da água e uso sucessivo da água. O verdadeiro reuso, seja direto ou indireto, é feito pelo mesmo agente, para o mesmo propósito e abastece a mesma área, guardando analogia perfeita com as antigas causas jurídicas envolvendo captação para irrigação, onde a água pode ser recaptada para ser reutilizada no mesmo solo agrícola.

Quando o reuso ocorre para outro propósito, quando a água é vendida ou beneficia uma área distinta da originalmente prevista, o direito apropriativo original pode ser contestado se estiver prejudicando os direitos dos usuários de jusante, pois este novo uso torna-se sucessivo, diferindo do conceito de reuso para o bem público (Booth et al. 1996).

3.6 – Legislação existente no Brasil

A necessidade de se lançar mão do reuso de águas servidas no Brasil, e em especial em algumas regiões com deficiência de oferta de recursos hídricos, é tão grande quanto a urgência em se discutir critérios, normas, procedimentos e legislação.

A intenção desse tópico neste trabalho é indicar, na legislação atual brasileira, fundamentos jurídicos e condicionantes legais para o reuso de água. Paralelamente buscar, dentre os mais variados países do mundo, as suas experiências, diretrizes e legislações para embasar uma ampla discussão no Brasil que culmine numa legislação específica e eficaz.

O tratamento jurídico das águas no Brasil, até o advento da Constituição Federal de 1988, sempre considerou a água como bem inesgotável, passível de utilização

abundante e farta. Esse pensamento, aliás, pauta a utilização de recursos ambientais no mundo até pouco mais da metade do século XX. Afinal, a Terra não tinha limites (Fink & Santos, 2002).

Anterior a constituição, o Código de Águas datado de 1934 previa a propriedade privada de corpos d'água, assegurava o uso gratuito de qualquer corrente ou nascente e lidava com os conflitos sobre o uso das águas como meras questões de vizinhança.

A consciência de que os recursos hídricos têm fim, e, portanto, merecem um tratamento jurídico mais atento, ganha contorno definido com a própria Constituição Federal de 1988 e a lei que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.

A escassez dos recursos hídricos obriga a mudança do regime das águas, tornando-as públicas, fazendo com que se dê ênfase à preservação dos cursos d'água e a sua qualidade. Já o Código Florestal, foi consideravelmente modificado em 1989 para dar proteção mais abrangente aos cursos e corpos d'água, de forma a preservar a vegetação das propriedades rurais e urbanas e, em decorrência, perenizar suas águas (Fink & Santos, 2002).

A ênfase legislativa, portanto, incide na racionalização dos usos primários da água, estabelecendo princípios e instrumentos para sua utilização. Pouco ou quase nada houve de preocupação legislativa no Brasil para fixação de princípios e critérios para reutilização da água (Setti, 1995).

Após a promulgação da Lei nº 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos a gestão do uso da água passou a ser tratada sob outro enfoque. A administração dos recursos hídricos sob a lógica de bacias hidrográficas, utilizando o conceito de usuário pagador, deixa para trás a gestão intuitiva e/ou descompromissada onde não havia grande preocupações com a quantidade de água captada e a qualidade das águas servidas devolvidas aos corpos hídricos.

Nesse ponto, é bom lembrar que adotamos a definição de reuso segundo a qual “reuso de água é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir a necessidade de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não” (Lavrador Filho, 1987).

A própria legislação em vigor, ao instituir os fundamentos da gestão de recursos hídricos, cria condições jurídicas e econômicas para a hipótese do reuso de água como forma de utilização racional e de preservação ambiental. Aliás, pode-se dizer que, se a palavra reuso não tivesse significado próprio, poderia ser-lhe atribuído o significado: uso racional = reuso (Fink & Santos, 2002).

O estabelecimento de políticas públicas com a participação da sociedade civil é a forma mais eficaz de tratamento dos problemas gerados pelos conflitos de uso da água (Fink & Santos, 2002).

A Política Nacional de Recursos Hídricos foi instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, fixando fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos capazes de indicar claramente a posição e orientação pública no processo de gerenciamento dos recursos hídricos.

Ao iniciar pela enumeração dos fundamentos da Política, a lei indica os princípios e parâmetros que devem ser utilizados pelo intérprete para entender de forma ampla e completa seus diversos dispositivos. Estes fundamentos são as bases da Política Nacional dos Recursos Hídricos. São eles:

- “a água é um bem de domínio público”, cumprindo os ditames constitucionais de que não há mais água de domínio privado no Brasil;
- “a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico”, indicando dois princípios fundamentais para se entender a forma de tratamento da água como bem ambiental: recurso limitado e, ao contrário do Código de Águas, dotado de valor econômico;
- em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais”, privilegiando a espécie humana em condições adversas;
- “a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”, privilegiando usos somente em situação de escassez, conforme item anterior;
- “a bacia hidrográfica é a unidade territorial básica”, indicando a área de atuação da Política e do Sistema gerenciador dos recursos hídricos;

- a gestão descentralizada e participativa do Poder Público, dos usuários e das comunidades, em atendimento às recomendações da Declaração de Paris.

Se por um lado não dispomos, ainda, de uma legislação específica de reuso, ressaltamos alguns instrumentos que buscam minimizar as perspectivas sombrias de amanhã. O desenvolvimento de novas tecnologias capazes de garantir economia de recursos ambientais e a racionalização do uso desses recursos.

Esses dois instrumentos se inserem com muita ênfase no tema reuso de água.

Quanto ao tratamento jurídico desses instrumentos, podemos citar que a Lei nº 6.938/81 que institui a Política Nacional do Meio Ambiente, estabelece como princípios de execução dessa Política e, portanto, princípios norteadores das ações governamentais para o meio ambiente, “incentivos ao estudo e pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais”, bem como a “racionalização do uso da água”, ao lado de outros recursos ambientais.

A própria Lei que disciplina a Política Nacional de Recursos Hídricos, como não poderia deixar de ser, em vários momentos acena para a necessidade de se racionalizar o uso da água como forma de garantir o abastecimento futuro da população. Vejamos:

“Art. 20: São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Art. 70: Os Planos de Recursos Hídricos são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e terão o seguinte conteúdo mínimo:

IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis.

Art. 19: A cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva:

II - incentivar a racionalização do uso da água.”

O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

A importância da outorga para o reuso de água reside no fato de que, a partir da implantação do reuso direto no processo produtivo, fica o usuário automaticamente dispensado de qualquer autorização por parte do poder público para o próprio reuso da água, uma vez que sua reutilização não se enquadra em nenhuma das hipóteses legais desse tipo de concessão (Fink & Santos, 2002).

O regime jurídico das águas muda radicalmente no Brasil, a partir de 1988. Não há mais águas particulares, sendo a propriedade ou domínio dos cursos e corpos d'água exclusivamente público. Vale dizer, que as águas existentes em território brasileiro são consideradas pela Constituição de 1988 como bens públicos da União ou dos Estados.

São águas de domínio da União:

- os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio;
- águas que banhem mais de um Estado da federação brasileira;
- as águas que sirvam de limites com outros países;
- as águas que se estendam a território estrangeiro;
- as águas provenientes de territórios estrangeiros;
- as águas potenciais de geração de energia hidráulica.

A utilização das águas integrantes desses cursos ou corpos d'água dependerá de manifestação específica (outorga) do Poder Executivo Federal, podendo a União delegá-la aos Estados ou ao Distrito Federal.

São águas de domínio do Estado-membro da federação:

- as águas superficiais;
- as águas subterrâneas;
- as águas fluentes, que são os cursos d'água em geral: córregos, riachos e rio;
- as águas emergentes, que são as nascentes, fontes ou olhos d'água;
- as águas em depósito, encontradas em lagos, represas, reservatórios, açudes e outros corpos d'água, ressalvadas as decorrentes de obras da União.

O direito de utilização das águas de domínio dos Estados será concedido pelo Poder Executivo Estadual respectivo.

O direito de uso dos recursos hídricos é chamado de outorga. Em outras palavras, é o ato que concede ao interessado a possibilidade de explorar os recursos hídricos na forma e sob as condições previstas em lei.

O ato de outorga é, portanto, ato vinculado e obrigatório do Poder Público, uma vez satisfazendo o interessado os requisitos legais para sua obtenção.

Os casos onde há necessidade de outorga são:

- derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final (um outro caso não previsto na legislação onde a outorga seria imprescindível seria o da dissipação da energia térmica através de lançamento em corpos d'água);
- aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
- outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Independem de outorga captações, lançamentos ou acumulações insignificantes de água.

Concedida a outorga, é possível sua revogação, apesar de tal se constituir em ato excepcional, que deverá ser fundamentado e circunscrito às hipóteses legais abaixo enumeradas. A revogação do ato de outorga pode se dar por interesse público superveniente, devidamente caracterizado e fundamentado pela Administração. Ou seja, caso haja o implemento de algumas condições, o direito de outorga poderá ser total ou parcialmente suspenso, temporária ou definitivamente. Essas hipóteses são:

- não cumprimento pelo outorgado dos termos da outorga;
- ausência de uso por três anos consecutivos;
- necessidade premente de água para atender a situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas;
- necessidade de se prevenir ou reverter grave degradação ambiental;
- necessidade de se atender a usos prioritários, de interesse coletivo, para os quais não se disponha de fontes alternativas;
- necessidade de serem mantidas as características de navegabilidade do corpo de água.

Nesses casos, portanto, poderá o particular vir a ter seu direito de uso suspenso. Contudo, tratando-se de licença, ato vinculado da Administração ao qual corresponde um direito, é possível afirmar com tranquilidade que, em ocorrendo as hipóteses de suspensão da outorga, ainda que motivada por interesse público, caberá sempre direito à indenização ao prejudicado.

Aquele que recebe a outorga de recursos hídricos poderá fazer o uso para o fim que lhe foi concedido. A outorga não implica a alienação parcial das águas, que são inalienáveis, mas o simples direito de seu uso. Isso equivale a afirmar que aquele que recebe a outorga não se transforma em seu proprietário, mas mero usuário do recurso, ainda que possa transformar sua qualidade para pior, por meio de processo produtivo.

Como certo usuário, titular dos direitos de uso, poderá ceder esses direitos a terceiro para reuso do recurso já utilizado? A lei não menciona essa hipótese, mas atendendo aos princípios gerais do direito, entendemos que se possa, sem problemas, ceder esses direitos de uso (ou seja, revender a água) a terceiros. Aliás, isso deve ser estimulado, pois a reutilização ou reuso é uma das formas de minimização da captação de água, favorecendo o aumento da oferta e contribuindo para a preservação ambiental. O preço e as condições da cessão de uso serão estabelecidos entre os interessados e certamente servirão para minimização de passivos ambientais (Fink & Santos, 2002).

Sendo o reuso de água o aproveitamento de águas já utilizadas, a cessão dos direitos de uso quando feita de seu titular a terceiro, será direta, uma vez que não há uma etapa intermediária entre os usos, consistente no lançamento em corpos d'água ou no solo. Nesse caso, haverá um negócio entre o titular do direito de uso e o interessado

no reuso, sem que haja qualquer necessidade de nova outorga pelo Poder Público, posto que essa situação não se enquadra em qualquer das hipóteses de outorga formal (Fink & Santos, 2002).

Havendo etapa intermediária entre os usos, o reuso será indireto, não cabendo nenhum direito ao titular do direito de uso, já que limitou-se simplesmente a lançar seus efluentes, com ou sem tratamento prévio.

Dentre os instrumentos previstos pela Política Nacional de Recursos Hídricos, a cobrança pelo uso da água, materializando o princípio do usuário-pagador, talvez seja aquele que trará maior incentivo ao reuso de água como forma de minimização de passivo ambiental.

Embora a regra do poluidor-pagador favoreça tecnologias que permitem o descarte final da menor quantidade de efluentes, a cobrança pelo uso da água incentivará, por um lado, uma captação cada vez menor e, por outro, o reaproveitamento dos efluentes no processo produtivo interno ou para reuso de terceiros (Fink & Santos, 2002).

Como instrumento da Política de Recursos Hídricos, a cobrança pelo uso da água objetiva:

- afirmar, na prática, o fundamento segundo o qual a água é um bem econômico, reconhecendo esse fato concretamente;
- dar ao usuário interessado ou não na outorga de direitos de uso uma indicação de seu real valor;
- incentivar a racionalização do uso da água, por meio da cobrança pelo uso como instrumento econômico;
- incentivar direta ou indiretamente o reuso de água, esgotos ou efluentes, como forma de racionalizar o reaproveitamento dos recursos hídricos, ensejando a diminuição de sua demanda;
- obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Questão tormentosa que decorre da cobrança pelo uso da água são os critérios que serão utilizados para o cálculo do valor a ser cobrado. As hipóteses de outorga têm por base duas situações concretas: a captação, superficial ou subterrânea, e o

lançamento de esgotos ou efluentes para sua diluição, transporte ou destinação final (Fink & Santos, 2002).

Assim, é possível que a cobrança pelo uso da água se dê em dois momentos cumulativamente: captação e lançamento.

Na captação, a fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos deve ser observado “o volume retirado e seu regime de variação”. Trata-se de critério meramente quantitativo, já que o parâmetro é o volume retirado e sua variação.

No lançamento, deve ser considerado “o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente”.

No caso da captação, não há dúvida para aplicação do critério e fixação do valor, pois os dados envolvidos são meramente objetivos. Fixado o valor do metro cúbico de água captada, tem-se o valor a ser cobrado pelo volume captado. Já no caso de lançamento, tendo em vista a introdução do critério qualitativo, é possível, teoricamente, que não haja qualquer valor a ser pago pelo usuário:

1. captação e lançamento de água de mesma qualidade ou melhor daquela encontrada no corpo receptor: pagamento somente pela captação, já que o lançamento não altera as características físico-químicas e biológicas do corpo receptor.

Nesse caso, poderia se argumentar que se o lançamento é igual ou melhor do que a água captada, nenhuma cobrança deveria ocorrer, já que o processo não trouxe nenhum impacto negativo. Contudo, é bom lembrar que estamos tratando da cobrança pelo uso da água, bastando que haja a sua utilização pelo interessado, sem necessidade, inclusive de exercício de atividade lucrativa.

2. captação e lançamento de água (ou efluente) de pior qualidade: pagamento pela captação, uso e pelo lançamento - alteração das características físico-químicas e biológicas do corpo receptor;

3. captação de água de reuso direto e lançamento de água da mesma qualidade ou melhor daquela encontrada no corpo receptor: nenhuma cobrança deverá ser efetuada, pois a hipótese é de reuso direto e a cobrança é prevista somente para o uso da água. Além disso, o efluente não altera as características do corpo receptor;

4. captação de água de reuso direto e lançamento de água de pior qualidade daquela encontrada no corpo receptor: cobrança somente pelo lançamento do efluente, pois a hipótese ainda é de reuso direto;

5. captação de água de reuso indireto e lançamento de água de mesma qualidade ou melhor daquela encontrada no corpo receptor: idem item 1, pois, apesar de se tratar de reuso, a modalidade é indireta, tendo havido captação de água de cursos ou corpos d'água, ou ainda águas subterrâneas, que voltaram a ser de domínio público. Portanto, sujeitas ao regime de outorga;

6. captação de água de reuso indireto e lançamento de água (ou efluente) de pior qualidade:

idem item 2, pelo mesmos motivos referidos no item anterior.

A classificação das águas é outro instrumento utilizado pela Política de recursos hídricos intimamente ligado ao reuso. Em primeiro lugar, porque, se reuso é o reaproveitamento de águas já utilizadas, qualquer utilização que não seja primária se constitui em reuso. Assim, classes inferiores de águas podem ser chamadas de águas para reuso. Em segundo, porque se as águas comportam classes definidas segundo os usos preponderantes, leva-se em consideração o reuso para estabelecer classes (Fink & Santos, 2002).

Assim, a classificação das águas tem por objetivo:

- assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;
- determinar a possibilidade de usos menos exigentes por meio de reuso;
- diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes, inclusive por meio do reuso;

A classificação de corpos de água é estabelecida pela legislação ambiental, mais precisamente pela Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. As águas são divididas em três categorias mais abrangentes: doces, salinas e salobras. Estas, por sua vez, são subdivididas em nove classes: cinco para as águas doces (classe especial, 1, 2, 3, e 4); duas para as águas salinas (classe 5 e 6); e duas para águas salobras (classe 7 e 8). Para os objetivos do presente trabalho, passamos a considerar tão somente as águas doces e suas cinco classes.

De todas as classes em que estão divididas as águas doces, podemos afirmar que a única que não pode ser indicada para reuso é a Classe Especial, já que, por sua natureza, as águas pertencentes a essa classe são reservadas ao uso primário inicial “destinadas ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção, bem como à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas”. Pelo uso a que se destinam, se denota que as águas de classe especial são as águas naturais, tal como encontradas originalmente em cursos ou corpos

Nessas águas - Classe Especial - não serão tolerados lançamentos de águas residuárias, domésticas e industriais, lixo e outros resíduos sólidos, substâncias potencialmente tóxicas, defensivos agrícolas, fertilizantes químicos e outros poluentes, mesmo tratados. Se forem utilizadas para abastecimento doméstico deverão ser submetidas a uma inspeção sanitária preliminar.

O reuso das águas classificadas na Resolução CONAMA 20/86 é necessariamente reuso indireto, pois, quando reutilizadas, pressupõe-se sua captação em cursos e corpos d'água de domínio público. A referida Resolução somente classifica recursos hídricos de domínio público.

Ao classificar as águas, a Resolução CONAMA 20/86 já indica e define os usos preponderantes, definindo, conseqüentemente, o reuso indireto.

As águas de Classe 1 destinam-se aos seguintes usos e reusos indiretos:

- ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado (reuso potável indireto);
- à proteção das comunidades aquáticas;
- à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho - reuso recreacional);
- à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película (reuso agrícola);
- à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas á alimentação humana (aqüicultura);

As águas de Classe 2 são destinadas aos usos e reusos indiretos:

- ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional (reuso potável indireto);

- a proteção das comunidades aquáticas;
- à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho - reuso recreacional);
- à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas (reuso agrícola);
- à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana (aquicultura);

As águas de Classe 3 são destinadas aos usos e reusos indiretos:

- ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional (reuso potável indireto);
- à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras (reuso agrícola);
- a dessedentação de animais (pastoril);

E, as de Classe 4, aos seguintes usos e reusos indiretos:

- à navegação;
- à harmonia paisagística;
- aos usos menos exigentes.

As águas para o reuso industrial potencialmente podem ser originárias de quaisquer das classes, pois dependem do fim a que se destinam, desde os menos até aos mais exigentes, desde a lavagem de pátios até as águas desmineralizadas resultantes de tratamento complementar e destinadas

4 - RESULTADOS

4.1 – Novas Tendências

Somente em alguns países e estados nos Estados Unidos a recuperação de águas residuárias e reuso é bem estabelecido e o valor de água reusada foi reconhecido completamente. Nestes países e estados, leis e regulamentos foram criados para estabelecer condições de utilização do reuso de águas residuárias. Em vários estados, regulamentos requerem que um estudo deva ser implementado para investigar a possibilidade de usar água residuária tratada para aplicações que atualmente usam água potável .

Nos Estados Unidos, a partir de março de 1992, 18 estados adotaram regulamentos relativos ao uso de água tratada, outros 18 estados tiveram diretrizes ou padrões de utilização e 14 estados não tiveram nenhum regulamento ou diretrizes (USEPA, 1992). Em estados sem regulamentos específicos ou diretrizes de recuperação de água e reuso, podem ser permitidos programas desde que estudados caso a caso. Vários países (como Israel, África do Sul e Tunísia) estabeleceram regulamentos ou diretrizes, já em outros países, como Chipre, Espanha, Itália e Grécia, regulamentos de reuso de águas residuárias para irrigação estão em fase de elaboração.

É necessário considerar que regulamentos se referem a regras atuais que foram ordenadas e que são exigidas e fiscalizadas através de agências governamentais. Diretrizes, por outro lado, são recomendações que geralmente não se caracterizam por serem restritivas, mas como orientações que são utilizadas no desenvolvimento dos programas de reuso (Angelakis et al, 1999; Angelakis & Bontoux, 2001).

Organizações internacionais como o Banco Mundial e OMS, por outro lado, vem implementando estudos epidemiológicos para defender uma diretriz menos restrita em termos de qualidade. Em contraste com as orientações das diretrizes da Califórnia, as diretrizes da OMS estabelecem que as exigências microbiológicas de qualidade de água podem ser satisfeitas por uma série de lagoas de estabilização (Tabela 10). As exigências de monitoramento microbiológicos variam: as diretrizes da OMS requerem o monitoramento de nematóides intestinais e o critério da Califórnia confiam no sistema

de tratamento exigido ao monitorar exclusivamente a contagem de coliformes totais para avaliar qualidade microbiológica (Asano & Levine, 1996). Semelhantemente, o critério da USEPA enfatiza remoção de coliformes fecais.

Tabela 10. Diretrizes da OMS (1989) para utilização de águas residuárias tratadas na agricultura^a

Categoria	Condições de Reuso	Grupo Exposto	Nematóides ^b Intestinais (nº de ovos /litro ^c)	Coliformes Fecais (nº/100ml)	Tratamento Requerido
A	Irrigação de alimentos ingeridos sem cozimento, campos de esportes, parques públicos ^d	Trabalhadores, consumidores, público	≤ 1	≤1000	Lagoas de estabilização em série para alcançar a qualidade micrionológica indicada ou tratamento equivalente
B	Irrigação de cereais, alimentos industrializados, forragem, pasto e árvores ^e	Trabalhadores	≤ 1	Sem padrão recomendado	Retenção em Lagoas de estabilização de 8 a 10 dias ou equivalente remoção de helmintos e coliformes fecais.
C	Irrigação localizada na categoria B e que não ocorra exposição dos trabalhadores e do público	Nenhum	Não se aplica	Não se aplica	Pré tratamento requerido pela tecnologia empregada na irrigação mas nunca sem uma sedimentação primária

^a Nos casos específicos os fatores epidemiológicos, socioculturais e de desenvolvimento locais devem ser levados em consideração e as diretrizes devem ser modificadas adequadamente.

^b Espécies de *Ascaris* e *Trichuris*.

^c Durante o período de irrigação.

^d Um limite de diretriz mais rigoroso (≤200 coliformes fecais/100ml) é apropriado para gramados públicos.

^e No caso de árvores frutíferas a irrigação deve ser interrompida duas semanas antes da colheita, não dever ser aproveitado nenhum fruto que tenha caído ao solo e não deve ser utilizado aspersiones aéreas para irrigar essas colheitas.

Fonte: OMS, 1989

Tendo em vista que patógenos são difíceis (e caros) de se monitorar, as diretrizes da OMS, então, preparada para atender as necessidades de países em desenvolvimento, só prescreve um limite para coliformes fecais (< 1000/100 ml) e nematóides intestinais (< 1/L). Como consequência, uma abordagem completa sobre padrões põe em cheque tais limites, como uma garantia de segurança suficiente para a água usada em irrigação (Marecos do Monte et al., 1996).

Outra consequência importante é a fraca resposta em termos de segurança em tratamentos de águas residuárias cujas exigências estejam associadas a esses limites de valores. Todavia em grande parte de diversos países existem inúmeros casos onde águas residuárias brutas são usadas diretamente para irrigação, então as diretrizes OMS, que

minimamente vem requerendo tratamento para as águas residuárias(Tabela 10)., já é um passo adiante fundamental para diminuir o déficit de tratamento de esgotos sanitários que perdura em muitos países. Baseado em uma análise extensa sobre diretrizes existentes pelos diversos países no mundo, a OMS vem difundindo a necessidade de desenvolver critérios sobre substâncias químicas relacionados a saúde para aplicação em reuso de águas residuárias na agricultura.

Recentemente, Blumenthal et al (2.000) usando evidências epidemiológicas empíricas e estudos com medições reais de exposições diárias a microorganismos que ocorrem ao longo de um determinado tempo, desenvolveram recomendações (Tabela 11) com a finalidade de revisar as diretrizes da OMS (1989). Além do reuso de águas residuárias tratadas na agricultura, nas diretrizes revisadas da OMS, serão incluídas as aplicações urbanas, aquaculturas e recarga artificial do aquífero subterrâneo.

Tabela 11. Diretrizes revisadas de Microbiologia recomendadas para utilização de águas residuárias na agricultura^a

Cate- goria	Condições de Reuso	Grupo Exposto	Técnicas de Irrigação	Nematóides ^b Intestinais (nº de ovos /litro ^c)	Coliformes Fecais (nº/100ml ^d)	Tratamento Requerido
A	Irrigação irrestrita					
	Irrigação de alimentos ingeridos sem cozimento, campos de esportes, parques públicos ^e	Trabalhadores, consumidores, público	Qualquer	$\leq 0,1^f$	$\leq 10^3$	Lagoas de estabilização em série bem dimensionadas, reator sequencial por batelada seguido de armazenamento ou equivalente tratamento secundário convencional suplementado por lagoa de polimento ou filtração e desinfecção
B	Irrigação restrita					
	Irrigação de cereais, alimentos industrializados, forragem, pasto e árvores ^g	Trabalhadores (exceto para crianças <15anos) e comunidades próximas.	Spay ou aspersor	≤ 1	$\leq 10^5$	Retenção em lagoas de estabilização em série incluindo uma de maturação, reator sequencial por batelada seguido de armazenamento ou equivalente tratamento secundário convencional suplementado por lagoa de polimento ou filtração.
		Trabalhadores (exceto para crianças <15anos) e comunidades próximas	Inundação de leiras	≤ 1	$\leq 10^5$	Como na categoria A
		Trabalhadores inclusive crianças <15anos) e comunidades próximas.	Qualquer	$\leq 0,1$	$\leq 10^3$	Como na categoria A
C	Irrigação localizada na categoria B e que não ocorra exposição dos trabalhadores e do público	Nenhum		Não se aplica	Não se aplica	Pré tratamento requerido pela tecnologia empregada na irrigação mas nunca sem uma sedimentação primária

^a Nos casos específicos os fatores epidemiológicos, socioculturais e de desenvolvimento locais devem ser levados em consideração e as diretrizes devem ser modificadas adequadamente.

^b Espécies de *Ascaris* e *Trichuris*, esses limites tem também a intenção de proteger também contra os riscos de protozoários.

^c Durante o período de irrigação (se as águas residuárias forem tratadas por lagoas de estabilização em série que tenham sido bem dimensionadas para alcançar esses números, o monitoramento de rotina da qualidade do efluente não é necessária).

^d Durante o período de irrigação (preferencialmente deve ser analisado os níveis de coliformes fecais semanalmente, quando não for possível pelo, pelo menos mensalmente).

^e Um limite de diretriz mais rigoroso (≤ 200 coliformes fecais/100ml) é apropriado para gramados públicos.

^f Esse limite das diretrizes pode ser aumentado para ≤ 1 ovo/L se as condições estiverem quentes e secas e a irrigação não estiver sendo utilizada ou se o tratamento das águas residuárias forem complementadas com tratamento químico adequado.

^g No caso de árvores frutíferas a irrigação deve ser interrompida duas semanas antes da colheita, não dever ser aproveitado nenhum fruto que tenha caído ao solo e não deve ser utilizado aspersores aéreos para irrigar essas colheitas.

Coliformes totais e coliformes fecais são freqüentemente usados em conjunto com outros parâmetros específicos como indicadores de contaminação nos efluentes do tratamento de águas residuárias, e em tais casos esses indicadores são assumidos eliminando a necessidade por monitorar microorganismos patogênicos que é um processo mais caro e demorado. Na prática, porém, esta aproximação conduziu as diretrizes a requererem o índice zero para coliformes de fecais/100ml além de exigir tratamento secundário, filtração e desinfecção para águas que são utilizadas na irrigação de produtos agrícolas que são comidos cru. O USEPA e a Agência dos EUA para Desenvolvimento Internacional levaram a cabo esta aproximação, e por conseguinte recomendou diretrizes rígidas para reuso de águas residuárias (USEPA, 1992).

Para irrigação irrestrita, isso é, para usos que incluem hortifruticulturas de provável consumo cru, nenhuma bactéria coliforme fecal é permitida em 100ml (comparando-se com as diretrizes da OMS, 1989 que admitia ≤ 1.000 bactérias de coliformes fecais /100 mL), e para irrigação com processamento comercial e plantação de pastagens o limite da diretriz é ≤ 200 bactérias de coliformes de fecais/100ml (para qual é estabelecido pela OMS o limite de presença de um ovo de nematóide). Nos E.U.A., atualmente o estabelecimento de padrões é de responsabilidade individual dos estados, e os estados diferentes estabelecem diretrizes diferentes (alguns especificam processos de tratamento, outros especificam padrões de qualidade de água) originando um grande número de diretrizes e padrões em uso (Blumenthal et al., 2.000).

As famosas diretrizes e regulamentos da Califórnia como o Código e Regulamentos da Califórnia, título 22, divisão 4 (Departamento de Serviços de Saúde, 1978) estipulam o tratamento biológico convencional de águas residuárias seguido por tratamento terciário, filtração e desinfecção por cloro para produzir efluente satisfatório para irrigação. Em defesa desses conceitos Asano & Levine (1996) publicaram os dois principais estudos epidemiológicos conduzidos na Califórnia durante os anos setenta e oitenta. Estes estudos demonstram cientificamente que poderiam ser consumidos crus sem efeitos adversos à saúde os hortifrutiprodutos irrigados com águas residuárias tratadas de acordo com os regulamentos da Califórnia. Todavia, os nutrientes removidos pelo tratamento terciário não estão disponíveis para serem incrementados nessas culturas.

Atualmente os regulamentos da Califórnia estão sob revisão. As recomendações que estão sendo revistas, são baseadas no estabelecimento de categorias e qualidades da água para reuso. Na Tabela 11, temos um resumo dessas recomendações:

As diretrizes existentes para o reuso de águas residuárias tipicamente abrangem quatro áreas, variando para cada tipo de aplicação: padrões físico-químicos, padrões microbiológicos, processos de tratamento de águas residuárias e técnicas de irrigação. O grau de tratamento requerido e a extensão do monitoramento necessário depende do uso específico, por exemplo, irrigação de parques ou irrigação para agricultura e do tipo de aplicação das hortifruticulturas (por exemplo consumido cru ou cozido). Em geral, são categorizados sistemas de irrigação de acordo com o grau potencial de exposição humana (por exemplo, exposição de longo alcance por irrigação de spray e exposição pequena por irrigação de goteira). O grau mais alto de tratamento sempre é requerido para irrigação de colheitas que são consumidas cru (a denominada irrigação “irrestrita”).

Uma comparação breve de critérios (limites máximos) para reuso e reciclagem de águas residuárias é determinado através de Angelakis et al. (1999). Fora da Europa, a maioria dos países, como Israel (uma exceção mediterrânea notável) e África do Sul e recentemente o Japão e Austrália, não aceitam as diretrizes da OMS (OMS, 1989), considerado muito indulgentes para proteção da saúde pública em países industrializados. Ao redor do mediterrâneo porém, e particularmente na Europa, embora as autoridades competentes reconheçam as limitações das diretrizes da OMS, os regulamentos e diretrizes existentes seguem essas diretrizes mas contém critérios adicionais como exigências de tratamento ou limitações de uso para assegurar a proteção da saúde pública. Este é, em particular, o caso das diretrizes francesas.

Práticas tradicionais e considerações econômicas certamente estão pesando enormemente no debate. Enquanto parece ser consenso que as diretrizes da OMS, 1989 são só uma exigência mínima (i.e. insuficiente), não há nenhum consenso geral de qual é a melhor orientação a seguir. As recomendações que a Califórnia desenvolveu, na maioria com dados de seus próprios estudos, parece estarem sendo utilizadas em algumas partes do mundo. Sua vantagem básica é seu “segurança primeiro”(safety first) filosofia que é a mais cara e desconsidera práticas tradicionais estabelecidas e condições sócio-econômicas locais em muitas áreas do mundo.

Como resultado surge uma corrente de vários especialistas a favor de um “Terceiro Modo”, intermediário entre as orientações da Califórnia e as diretrizes da

OMS. Desenvolve-se um consenso em torno de um “Terceiro Modo”, que faria sentido, muito em particular, para as áreas onde o turismo internacional e a exportação de produtos agrícolas são significativos e as áreas onde o reuso de águas residuárias são principalmente executadas para proteção ambiental (Angelakis et al., 1.999).

5 - CONCLUSÃO

Num primeiro olhar, verificamos que o balanço hídrico brasileiro e mundial é bastante satisfatório, ou seja, se pudéssemos dividir eqüitativamente toda água doce disponível por todos os habitantes do planeta, provavelmente não necessitaríamos nos preocupar com o abastecimento dessas populações por muitos anos. Todavia, basta detalharmos as diferenças regionais, que nos deparamos, hoje, e muito mais amanhã, com uma necessidade urgente de colocarmos o conceito do reuso de águas residuárias nas agendas dos principais organismos nacionais e internacionais, que lidam de alguma forma com os recursos hídricos.

Avanços na efetividade e confiabilidade de tecnologias de tratamento de esgotos melhoraram a capacidade para produzir águas residuárias com refinamento de tratamento que pode servir como uma fonte suplementar de água, além de proteger os mananciais hídricos e reduzir a contaminação e poluição ambiental. Em países em desenvolvimento particularmente nas partes áridas do mundo, tecnologias apropriadas de baixo custo (ambos para tratamento e reuso) são demandadas para oferecer novas fontes de água e proteger os mananciais existentes contra a poluição (Marecos do Monte et al., 1996).

A implementação de reuso e reciclagem de águas residuárias tratadas promove a preservação de limitados recursos de água, aliados com a conservação e programas de proteção de bacias hidrográficas. No planejamento e implementação de recuperação e reuso de água, as aplicações do reuso intencional de água ditam a extensão requerida de tratamento de águas residuárias, a qualidade final do efluente tratado e o método de distribuição e aplicação de água (Asano, 1998).

Padrões, critérios, regras, diretrizes, boas práticas, e outros que tentam regular a recuperação e reuso de águas residuárias, que venham a ser utilizados, como qualquer atividade que se relacione com o ambiente, deve ter a participação da população antes de que sejam adotados. Isto gera certo número de comentários e sugestões de modificações que podem influenciar decisivamente no tipo de critério que a ser adotado e com certeza será abraçado pela comunidade como uma solução adequada e com identidade local.

Verifica-se que não existe nenhum regulamento de reuso de águas residuárias no continente europeu. A única referência encontrada é o artigo 12 do Diretrizes de Águas Residuárias Europeu (91/271/EEC) (EU, 1991) declarando: “As águas residuárias tratadas serão reusadas sempre que apropriado”.

A Direção da Comunidade Européia não menciona especificamente o desejo de reuso de águas residuárias, mas introduz uma dimensão quantitativa para a administração dos recursos hídricos, em cima da dimensão qualitativa habitual que pode estimular a utilização de reuso de águas residuárias. Em outras regiões que os recursos hídricos são em quantidade e qualidade suficientes, o fator econômico passa a ser avaliado com bastante atenção (Angelakis et al, 1999), uma vez que o reuso de águas residuárias for constantemente considerado como um recurso hídrico economicamente viável, sua utilização estará sendo naturalmente promovida nos balanços hídricos das administrações de bacias de todos os países.

Como vimos, há muitos enfoques diferentes para o reuso de águas residuárias pela Europa. Estas diferenças deve-se principalmente às práticas de irrigação existentes, condições de terra locais, e o desejo em proteger a saúde pública, e tecnologias de tratamento. Há agora um esforço para harmonizar as várias tendências para o reuso de águas residuárias a nível europeu. Um grupo de peritos internacionais foi contratado por iniciativa de OMS e da Comissão Européia para revisar o estado da arte e aplicações do produto para as diretrizes européias.

Já nos Estados Unidos, os regulamentos da Califórnia, que por muitos anos era a única fonte conceitual e que é , ainda hoje, considerado por muitos técnicos o que reúne a melhor abordagem sobre reuso. Hoje a grande maioria dos estados, independentemente, adotaram desde 1992, regulamentos relativos ao reuso de água ou, pelo menos, padrões de utilização.

Atualmente, os regulamentos da Califórnia e diretrizes da OMS, que parecem ser os norteadores de todas as outras, estão sob revisão e, acreditamos, que brevemente teremos uma base conceitual mais adaptada às diversidades regionais além das particularidades ambientais e culturais.

No Brasil, a falta de legislação específica é um dos fatores que afetam a pouca utilização do reuso de águas residuárias. Verificamos, entretanto, que a baixa cobertura com sistemas e tratamento dos esgotos sanitários, nos deixa uma enorme tarefa anterior,

que é de elevar a níveis, pelo menos razoáveis, a abrangência de tratamentos dos efluentes domésticos e industriais.

Não obstante a necessidade de mantermos o aspecto qualitativo nos nossos recursos hídricos, o déficit de oferta de água em muitas regiões do país, apontam o reuso de águas residuárias como uma opção cada vez mais necessária e economicamente mais viável. Outro aspecto com enfoque econômico, necessário para países como o nosso, é a economia com fertilizantes na agricultura, que poderá ser propiciado pela utilização de águas residuárias, com seus nutrientes naturais, na irrigação de diversas culturas.

Apesar de o Brasil não dispor, no momento, de uma legislação específica sobre reuso de águas residuárias, existem na legislação brasileira fundamentos jurídicos que apóiam indiretamente e legitimam a prática do reuso. A Constituição Federal (1988), a Política Nacional de Recursos Hídricos (1997) e também a Resolução CONAMA nº 20 (1986), fixam fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos capazes de indicar e orientar as políticas públicas de gerenciamento dos recursos hídricos.

Aliado a essa base legal, a recém criada Agência Nacional de Águas – ANA (2000), entidade federal responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, vem consolidar o desejo do Governo em promover a coordenação das atividades desenvolvidas no setor.

A seletividade qualitativa e quantitativa dos corpos d'água e conceito de bacias hidrográficas, recentemente introduzidos, impulsionam a prática do reuso, que vem cada vez mais requerendo um tratamento mais apurado e adequado a cada corpo receptor e ao uso ou reuso dessas águas residuárias.

A criação dos Comitês de Bacias hidrográficas vem surgindo como um instrumento de gestão extremamente eficaz, capaz de implementar o correto monitoramento da utilização dos recursos hídricos. Além do papel principal como ente regulador, poderão estes comitês assumirem um papel fomentador, através de incentivos fiscais voltados à conservação do meio ambiente, ou credenciar com “selos verdes” as empresas que cumprirem metas ambientais.

É recomendável aproveitar o momento em que as diversas nações e organismos transnacionais estão desenvolvendo estudos e revendo suas legislações, normas e

diretrizes para que os técnicos do Brasil se incorporem à essa discussão. Será de grande utilidade que os organismos nacionais, responsáveis pela gestão dos recursos hídricos no país, fomentem fóruns de discussão e oficinas de trabalho para editar um arcabouço legislativo apropriado às necessidades brasileiras.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), 1992. *Reuso da Água*. São Paulo: ABES

ANDRADE NETO, C. O. , 1997. *Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários – Experiência Brasileira*. São Paulo: ABES .

ANGELAKIS, A. N & BONTOUX, L; 2001. Wastewater Reclamation and Reuse in Eureau Contries. *Water Policy*. 3:47-59.

ANGELAKIS, A. N.; MARECOS DO MONTE, M. H.;BONTOUX, L.; ASANO, T.; 1999. The status of wastewater reuse pratice in the Mediterranean basin. *Water Res*. 33(10):2201-2217. Cyprus.

ANGELAKIS, A. N.; TSAGARAKIS, K. P.; KOTSELIDOU, O. N.; VANDAKOU, E.;2000. The Necessity for Establishment of Greek Regulation on Wastewater Reclamation and Reuse. *Report for the Ministry of Public Works and Envir. and Hellenic Union of Munic. enter. for Water Supply and Sewage*. Larissa.p. 100.

ASANO, T., 1998. *Wastewater Reclamation and Reuse*. Water Quality Management Library. vol.10. Lancaster: Technomic Publishing Inc.

ASANO, T & LEVINE, A. D., 1996. Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse:Past, present and future.*Wast. Sci and Tech.*, 33(10-11): 1-16

BARROS, R. T. V.; CHERNICHARO, C. A. L. ; HELLER, L.& VON SPERLING, M, 1995. *Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios* . Vol 2. Saneamento. Belo Horizonte: DESA, Universidade Federal de Minas Gerais.

BLUMENTHAL, U. J.; MARA, D. D.; PEASEY, A.; RUIS-PALACIOS, G.; STOTT, R.; 2000. *Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines*. Bulletin of the World Health Organization, 78(9):1104-1116.

BONTOUX, J.& COURTOIS, G.,1996. Wastewater reuse for irrigation in France. *Wat. Sci. and Tech*, 33(10-11): 45-49

BOOTH, M. J.; AHRENS, C.; WERKENTHIN, F. B.; 1996. Respecting Rights of Indirect Reuse in Texas. Texas Water Law Conference. Austin, Texas, December.

Available from

[URL:http://www.baw.com/bawweb/reuse/Reuse_Indirect_CA_paper.pdf](http://www.baw.com/bawweb/reuse/Reuse_Indirect_CA_paper.pdf).

BREGA FILHO, D. & MANCUSO, P. C. S., 2002. Conceito de Reuso de Água. In: *Reuso de Água*. São Paulo: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

BURAS, N.; DUEK, L.; NIV, S.; HEPHER, B ;SANDBANK, E. ; 1987. Microbiological aspects of fish grown in treated wastewater. *Water research* 21(1): 1-10

CAMP DRESSER & MCKEE INC. , 1980. The Legal and Institutional Issues. *Guidelines for Water Reuse*. US.

CECIL, L. K. apud LAVRADOR FILHO, J , 1987. *Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo.

CGER (Commision on Geosciences, Environmental and Resources), 1998. *Issues in Potable Reuse: The Viability of Augmenting Drinking Water Supplies with Reclamaimed Water (book on line)*. Overview of Relevant Federal Guidelines and State Regulations. Available from [URL:http://books.nap.edu/books/0309064163/html/31.html](http://books.nap.edu/books/0309064163/html/31.html)

CHERNICHARO, C. A. L., 1997. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Volume 5. Reatores anaeróbios. Belo Horizonte : DESA, Universidade Federal de Minas Gerais.

CSHPF (Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France), 1991. *Recommandations Sanitaires Concernant L'Utilisation, Après Épurations, des Eaux Résiduaires Urbaines Pour L'irrigation des Cultures et des Espaces Verts. Circulaire DGS/SD1.D./91/N°51*. Paris: Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France

CYNAMON, S. E., 1996. *Sistema Não Convencional de Esgoto Sanitário a Custo Reduzido, para Pequenas Coletividades e Áreas Periféricas*. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.

EU (European Union), 1991. Council Directive concerning urban Wastewater treatment. *91/271 EEC of May 21, 1991; OJ NO L135/40 of May 30, 1991*.

FINK, D. R. & SANTOS, H. F.; 2002. A Legislação de Reuso da Água. In: *Reuso de Água*. São Paulo: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

FUNASA (Fundação Nacional de Saúde), 1999. *Manual de Saneamento*. Brasília: Departamento de Saneamento, Fundação Nacional de Saúde, Ministério da Saúde.

HELLER, L.; MORAES, L. R. S.; MONTEIRO, T. C. N.; SALLES, M. J.; ALMEIDA; L. M.; CÂNCIO, J.; 1997. *Saneamento e Saúde nos países em desenvolvimento*. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, Organização Mundial da Saúde.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2002. *Censo Demográfico 2000*. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2002. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000*. Rio de Janeiro: IBGE.

JORDÃO, E. P & PESSOA, C. A., 1995. *Tratamento de esgotos domésticos*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

KYPRIS, D., 1989. Considerations for the quality standards for the reuse of treated effluent. In: *Proceedings "Wastewater reclamation and Reuse"*, p. 11-16. Cairo.

LAUER, W. C., 1984. *Denver's potable water reuse project. Current status*. In: Water Reuse Symposium, 3º Proceedings. San Diego, Califórnia

LAVRADOR FILHO, J , 1987. *Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL, 2000. Ministério Público do Estado de São Paulo. São Paulo: Imprensa Oficial.

LETTINGA, G & VON HANDEL, A, 1995. *Tratamento anaeróbio de esgotos – um manual para regiões de clima quente* . Campina Grande: Epgraf.

MARECOS DO MONTE, M. H. F.; ANGELAKIS, A. N.;ASANO, T.; 1996. Necessity and basis for the establishment of European guidelines on wastewater reclamation and reuse in the Mediterranean region. *Wat. Sci and Tech.*, 33(10-11): 303-316.

MENDONÇA, S. R., 2000. *Sistemas de Lagunas de Estabilización*. Santa Fé de Bogotá: Mc Graw-Hill Interamericana.

MONTGOMERY, J. M. , 1985. *Water treatment principles & design*. New York: John Wiley & Sons.

MOTA, S., 2000. *Reuso de águas. A Experiência da Universidade Federal do Ceará*. Fortaleza: DEHA, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará.

OMS (Organización Mundial de la Salud), 1989, *Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales em agricultura y acuicultura*.GENEBRA: OMS.

OPS/CEPIS (Organización Panamericana de la Salud – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), 1996. *Curso de Tratamiento y uso de Águas Residuales*. Lima: CEPIS.

O GLOBO, 1992. A água pura é mercadoria rara. *O Globo*, Rio de Janeiro, 08 maio, p.16 .

O GLOBO, 2003. Guandu poderá virar um Tietê em 5 anos, alertam técnicos. *O Globo*, Rio de Janeiro, 12 janeiro, p.32 .

PAPADOPOULOS, I. , 1995. *Present and Perspective Use of Wastewater for Irrigation in the Mediterranean Basin*.In: 2nd Intern. Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse. Iraklio, vol.2. 735 - 746

REVISTA BIO, 2002. Reuso – quatro anos de sucesso na Sabesp . *ABES*, n.22, ano XI , p 36-39, abril/junho.

REVISTA BIO, 2001. Reuso da água – uma alternativa viável . *ABES*, n.18, ano XI , p 24-25, abril/junho.

ROQUE, O. C. C., 1997. *Sistemas Alternativos de Tratamento de Esgotos Aplicáveis às Condições Brasileiras*. Tese de Doutorado .Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.

SETTI, M. C. B. C., 1995. *Reuso de Água Condições de Contorno*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Escola Politécnica da USP

TCHOBANOGLIOUS, G. & ANGELAKIS, A. N.; 1996. Technologies for wastewater treatment appropriate for reuse: Potencial for applications in Greece. *Water Sci and Techn.*, 33(10-11): 17-27.

THOEYE, C.; GEENENS, D.; VANDAELE, S.;VAN HOUTTE, E.; 2000. *Need na technological possibilities of wastewater reuse in Flanders*. Proc. AWWA Water Reuse 2000 Conf. Texas

TSAGARAKIS, K. P.; MARA, D. D.; ANGELAKIS, A. N.;1998. *Evaluation of Municipal Wastewater Treatment Plants in Greece*. Greece: Technica Chronica.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), 1992. *Guidelines for Water Reuse*. Washington: Office of Wastewater Enforcement and Compliance, Environmental Protection Agency.

VON SPERLING, M, 1995. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Volume 1. Belo Horizonte : DESA , Universidade Federal de Minas Gerais.

VON SPERLING, M, 1996. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. *Princípios básicos do tratamento de esgotos*. Volume 2. Belo Horizonte : DESA , Universidade Federal de Minas Gerais.

VON SPERLING, M, 1996. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. *Lagoas de estabilização*. Volume 3. Belo Horizonte : DESA , Universidade Federal de Minas Gerais.

WATERWATCH OF OREGON, 1998 . Water Law Basics. Available from <URL: <http://www.waterwatch.org/waterlaw.html>>. (2001, Jul 26)

WESTERHOFF, G. P. , 1984. *Un update of researsch needs dor water reuse*. In: Water Reuse Symposium, 3º Proceedings. San Diego, Califórnia

XANTHOULIS, D. & GUILLAUME, Ph., 1995. *Irrigation of Vegetable Crops as a means of Recycling Waste*. In: Proceeding of Second International Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse .Iraklio, vol.2:713-724