

UNIDADE 1

ASPECTOS GERAIS DO REÚSO DE ÁGUA

Sumário

<u>LISTA DE FIGURAS.....</u>	<u>3</u>
<u>1 USO DA ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO.....</u>	<u>4</u>
<u>1.1 Definições e Conceitos Básicos.....</u>	<u>10</u>
<u>1.2 Água Residuária.....</u>	<u>10</u>
<u>1.3 Reúso de Água.....</u>	<u>11</u>
<u>1.4 Água de Reúso.....</u>	<u>12</u>
<u>1.5 Tipos de Reúso da Água.....</u>	<u>13</u>
<u>1.5.1. Reúso indireto não planejado da água.....</u>	<u>13</u>
<u>1.5.2. Reúso indireto planejado da água.....</u>	<u>14</u>
<u>1.5.3. Reúso direto de água.....</u>	<u>14</u>
<u>2 BENEFÍCIOS DO REÚSO DE ÁGUA.....</u>	<u>14</u>
<u>2.1 Modalidades de Reúso Direto Não Potável de Água.....</u>	<u>16</u>
<u>2.2 Fins Urbanos.....</u>	<u>16</u>
<u>2.3 Fins Agrícolas e Florestais.....</u>	<u>17</u>
<u>2.4 Fins Ambientais.....</u>	<u>19</u>
<u>2.5 Fins Industriais.....</u>	<u>20</u>
<u>2.6 Na Aquicultura.....</u>	<u>21</u>
<u>3 TIPOS DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS UTILIZADAS NO REÚSO AGRÍCOLA E FLORESTAL.....</u>	<u>22</u>
<u>3.1 Esgotos Tratados.....</u>	<u>23</u>
<u>3.2 Efluentes de Agroindústrias.....</u>	<u>25</u>
<u>3.3 Efluentes da Produção Animal.....</u>	<u>27</u>
<u>4 PANORAMA ATUAL E PERSPECTIVAS PARA O REÚSO DA ÁGUA PARA FINS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS.....</u>	<u>29</u>
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	<u>32</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual de distribuição da água do planeta.....	4
Figura 2 - Uso da irrigação na agricultura.....	7
Figura 3 - Uso da água no Brasil.....	7
Figura 4. Fluxograma ilustrativo resumindo alguns tipos de reúso e suas formas potenciais considerando a reutilização de efluentes domésticos e industriais.....	13
Figura 5 - Reúso direto de água não potável para fins urbanos, no caso específico irrigação paisagística.....	17
Figura 6 - Estação de tratamento de efluentes (ETE) de uma indústria têxtil.....	21
Figura 7 - Estresse hídrico – relação entre necessidades e disponibilidade.....	30
Figura 8 - Demanda mundial por alimentos em bilhões de toneladas.....	31

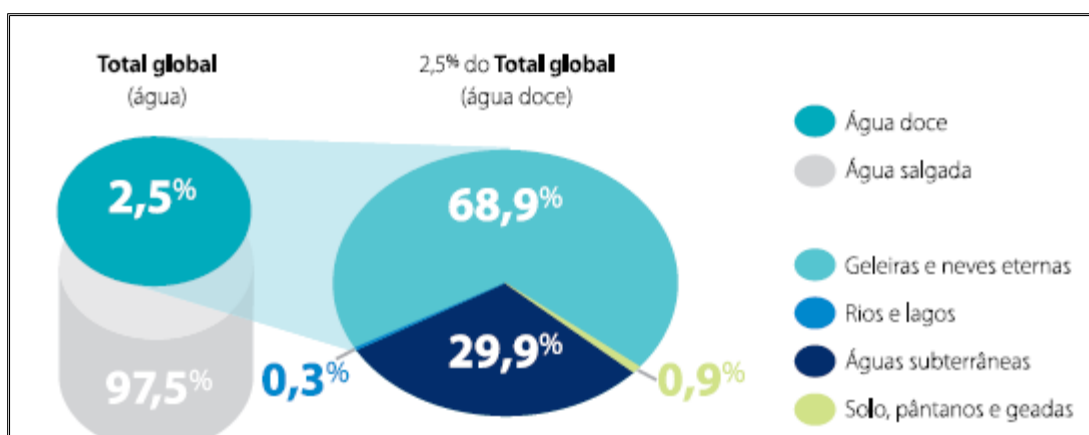
1 USO DA ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO

A água ocupa aproximadamente 70% da superfície da Terra e é a principal responsável pela existência de vida no nosso planeta. Além disso, é primordial para várias atividades antrópicas, como a agricultura e diversos processos industriais (CASTRO, 2012).

O volume total de água no planeta é constante em decorrência dos fenômenos expressos no Ciclo Hidrológico. Neste ciclo, a água que se encontra na atmosfera eventualmente precipita sobre os territórios e oceanos, voltando à atmosfera posteriormente na forma de vapor e abrindo a possibilidade de novamente se precipitar, provavelmente em outras regiões do planeta.

Da água do planeta, 97,5% é salgada e 2,5% é doce. Da parcela de água doce, 68,9% encontra-se nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas; 29,9% em águas subterrâneas; 0,99% compõe a umidade do solo e dos pântanos e apenas 0,3% constitui a porção superficial de água doce presente em rios e lagos.

Figura 1 - Percentual de distribuição da água do planeta.



Fonte: Ministério de Meio Ambiente – MMA

A água doce não está distribuída uniformemente no planeta. Segundo o Programa Hidrológico Internacional da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), na América do Sul encontra-se 26% do total de água doce da Terra e apenas 6% da população mundial, enquanto o continente asiático, por exemplo, possui 36% do total de água e abriga 60% da população mundial.

A maior parte do planeta está situada em regiões com carência de água. Sendo assim, atualmente cabe desenvolver, em caráter de urgência, tecnologias que permitam a melhoria da captação, do armazenamento e da preservação da água e de seus mananciais.

Segundo Castro (2012), nas regiões áridas e semiáridas, a água é fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Porém, mesmo regiões com recursos hídricos abundantes podem ter dificuldades em atender às demandas nos períodos mais secos, caso exista excesso de usuários ou degradação de mananciais em decorrência de poluição. Diante disso, restrições na oferta e decorrentes competições entre usuários e conflitos de usos podem afetar o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida da população.

O crescimento populacional, a necessidade de produção de alimentos e o desenvolvimento industrial realmente podem gerar sérios problemas no abastecimento de água nos próximos anos, caso a gestão de recursos hídricos não seja praticada de forma plena.

Embora a preocupação inicial seja avaliar a quantidade de água à disposição, como expresso anteriormente, um dos grandes desafios mundiais na atualidade é o atendimento à demanda por água de boa qualidade. (GRASSI, 2001).

Tundisi et al. (2008) aprofundam-se no estudo de possíveis causas de crises da água, contemplando os contextos social, econômico e ambiental do século XXI:

Reúso de Água Agrícola e Florestal

- Intensa urbanização, aumentando a demanda por água e ampliando a descarga de recursos hídricos contaminados, com grandes demandas de água para abastecimento e desenvolvimento econômico e social;
- Estresse e escassez de água em muitas regiões do planeta em razão das alterações na disponibilidade e no aumento da demanda;
- Infraestrutura hídrica deficitária e em estado crítico em muitas áreas urbanas com até 30% de perdas na rede após o tratamento das águas;
- Problemas de estresse e escassez em razão de mudanças globais, com eventos hidrológicos extremos aumentando a vulnerabilidade da população humana e comprometendo a segurança alimentar;
- Problemas devido à falta de articulação e ações consistentes na governabilidade de recursos hídricos e na sustentabilidade ambiental.

Estima-se que por volta de 2050, mais de 4 bilhões de pessoas (quase metade da população mundial) estarão vivendo em países com carência crônica de água (CLARKE, KING. 2005) e, segundo a Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância), hoje, menos da metade da população mundial tem acesso à água potável.

Reúso de Água Agrícola e Florestal

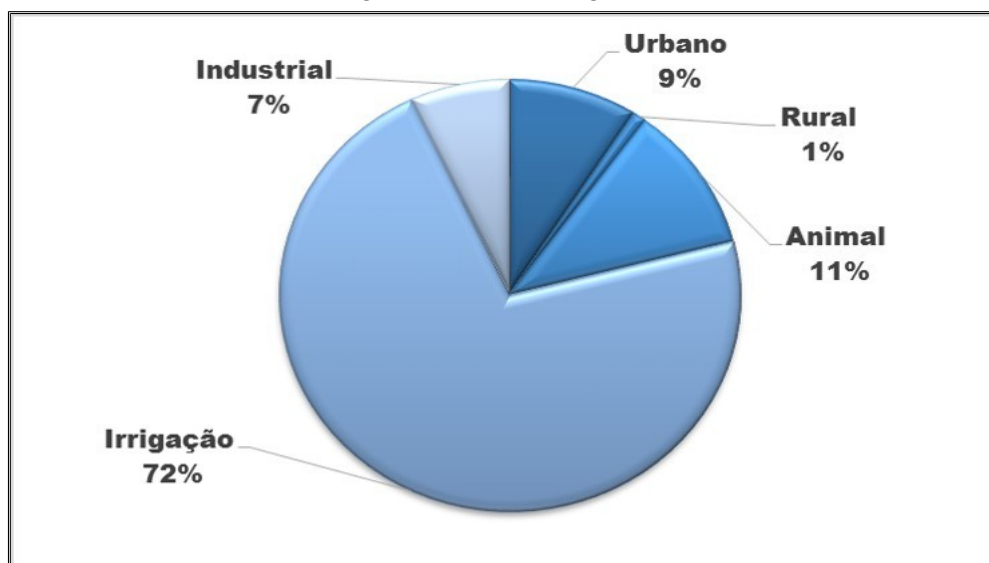
Figura 2 - Uso da irrigação na agricultura.



Fonte: Empresa Brasil de Comunicação – EBC (2012)

No mundo, a irrigação responde por 73% do consumo de água, a indústria por 21% e o consumo doméstico por apenas 6%. O consumo de água no Brasil está representado na Figura 3.

Figura 3 - Uso da água no Brasil.



Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2012)

Cerca de metade da água utilizada em projetos de irrigação de maior porte é perdida na condução, distribuição e aplicação nas parcelas. Em sistemas mais simples, como os das fazendas, as perdas significativas normalmente ocorrem nas parcelas e ficam em patamar bem menor que o anteriormente citado. De qualquer forma, como se pratica irrigação no Brasil em mais de 6 milhões de hectares, uma redução no desperdício de água na agricultura, seja em projetos grandes ou em sistemas particulares, pode resultar em um aumento considerável na disponibilidade de água para outros usos.

De acordo com o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, embora a agricultura irrigada seja o principal uso de água no país em termos quantitativos e, por isso, seja alvo natural da preocupação dos órgãos gestores, sua importância não pode ser desprezada, uma vez que resulta em aumento da oferta de alimentos e preços menores em relação àqueles produzidos em áreas não irrigadas devido ao aumento substancial da produtividade.

Em decorrência da importância da água, destacada anteriormente, entende-se o porquê de se ter definido como missão da Agência Nacional de Águas “implementar e coordenar a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos e regular o acesso à água, promovendo seu uso sustentável em benefício das atuais e futuras gerações”.

As possibilidades e maneiras de reúso dependem de características, condições e fatores locais, como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, culturais e sociais.

Westerhoff (1984) classifica o reúso de água em duas grandes categorias: potável e não potável.

- Reúso potável direto: quando o efluente recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.

Reúso de Água Agrícola e Florestal

- Reúso potável indireto: caso em que o efluente, após o tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e é, finalmente, utilizado como água potável.
- Reúso não potável para fins agrícolas: embora quando se pratique essa modalidade de reúso via de regra haja, como subproduto, recarga do lençol subterrâneo, o seu objetivo principal é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas e cereais, e plantas não alimentícias, como pastagens e forrageiras, além de ser aplicável para a dessedentação de animais.

Esse último tipo de reúso não potável para fins agrícolas é classificado segundo o tipo de cultura que o utiliza, apresentando-se em dois grupos:

- Primeiro grupo: plantas não comestíveis, como silvicultura, pastagens, fibras e sementes.
- Segundo grupo: plantas consumidas cozidas e cruas.

De acordo com Cunha et al. (2011), com o reúso há inter-relação com a proteção à saúde pública e ao meio ambiente, o saneamento ambiental e o gerenciamento de recursos hídricos. Para a prática do reúso é necessário conhecer as bases legais e assim definir a forma correta do mesmo. Sendo assim, o reúso pode ser um instrumento para liberação dos recursos hídricos de melhor qualidade para fins mais nobres, utilizando-se efluentes e protegendo a saúde pública e o meio ambiente.

No Brasil, a Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso não potável de água.

1.1 Definições e Conceitos Básicos

A seguir, estudaremos algumas definições e conceitos básicos relacionados ao reúso de água, tomando por base principalmente o que está estabelecido no artigo 2º da Resolução CNRH nº 54/2005:

1.2 Água Residuária

De acordo com a Resolução CNRH nº 54/2005, águas residuárias são os esgotos, a água descartada, os efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não.

Dessa forma, as águas residuárias são todas as águas descartadas que resultam da utilização por diversos processos e seu grau de impureza pode ser muito variado. Esse tipo de água normalmente transporta uma grande quantidade de materiais poluentes que se não forem retirados podem prejudicar a qualidade das águas dos rios quando ocorre o lançamento, comprometendo não só a biota, mas também a potencialidade de utilização das águas superficiais e subterrâneas.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) destaca que estas águas podem ter origens diferentes como, por exemplo:

- ❖ Águas residuais domésticas:
 - Provenientes de banhos;
 - Provenientes de cozinhas;
 - Provenientes de lavagens de pavimentos domésticos.

- ❖ Águas residuais industriais:

- Resultantes de processos de fabricação.

- ❖ Águas de infiltração:
 - Resultam da infiltração nos coletores de água existentes nos terrenos.

- ❖ Águas urbanas:
 - Resultam de chuvas, lavagem de pavimentos, regas
 - etc.

1.3 Reúso de Água

A Resolução CNRH nº 54/2005 define reúso da água como a utilização de água residuária.

Neste processo pode haver ou não um tratamento da água, dependendo da finalidade para a qual vai ser reutilizada. O reúso da água apresenta-se como uma promissora solução, sugerindo a utilização de águas de qualidade inferior para usos que as tolerem (MANCUSO; SANTOS, 2003).

A demanda crescente por água tem feito o reúso planejado da água um tema atual e de grande importância, devendo-se considerar o reúso da água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, que compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água (ZARED FILHO et al., 2007).

1.4 Água de Reúso

Água de reúso é definida pela Resolução CNRH nº 54/2005 como sendo a água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas.

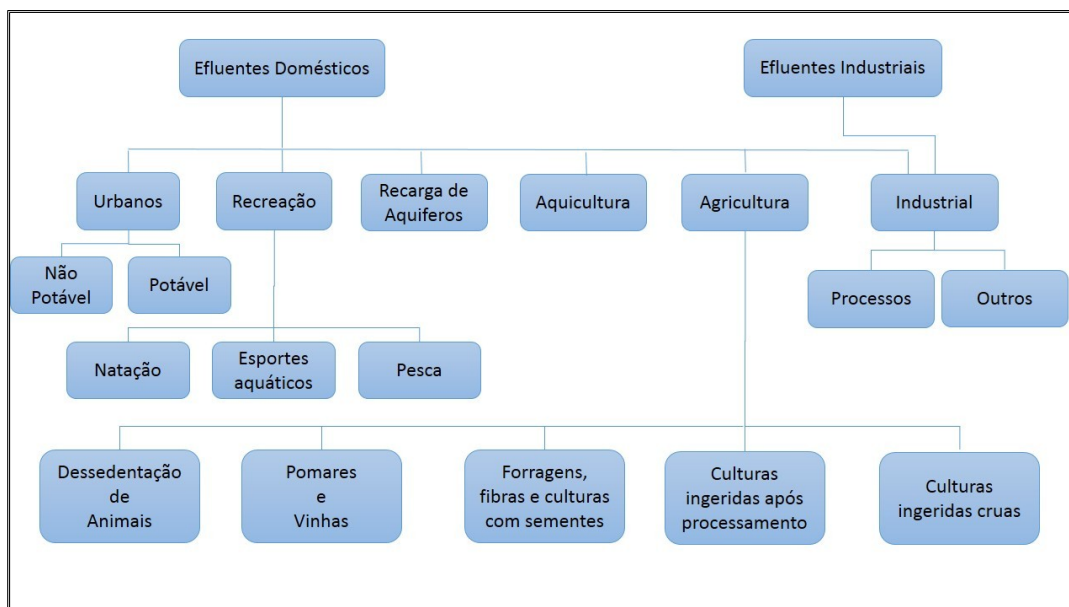
Essa água atende aos parâmetros de qualidade exigidos na legislação brasileira e pode ser usada para fins que não sejam o consumo humano, como, por exemplo, na indústria para geração de energia e resfriamento de equipamentos; para fins urbanos como a lavagem de ruas e praças; e na agricultura para a irrigação das culturas.

Além das definições e dos conceitos básicos apresentados anteriormente, listam-se outros constantes da Resolução CNRH nº 54/2005:

- Produtor de água de reúso: Pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reúso;
- Distribuidor de água de reúso: Pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reúso; e
- Usuário de água de reúso: Pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reúso.

Na Figura 4 é apresentado um gráfico de tipos de reúso em decorrência da água reutilizada disponível.

Figura 4. Fluxograma ilustrativo resumindo alguns tipos de reúso e suas formas potenciais considerando a reutilização de efluentes domésticos e industriais.



Fonte: Hespanhol (2002)

1.5 Tipos de Reúso da Água

1.5.1. Reúso indireto não planejado da água

Ocorre quando a água utilizada 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. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita apenas às ações naturais do ciclo hidrológico.

1.5.2. Reúso indireto planejado da água

É quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico.

Nesse tipo de reúso pressupõe-se que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam ao requisito de qualidade do reúso objetivado.

1.5.3. Reúso direto de água

De acordo com a Resolução CNRH nº 54/2005, reúso direto de água é o uso planejado da água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos ou subterrâneos.

2 BENEFÍCIOS DO REÚSO DE ÁGUA

A técnica de reúso tende a ser um eficiente instrumento para a gestão dos recursos hídricos no Brasil. A grande vantagem da utilização da água de reúso é a de preservar água potável exclusivamente para atendimento de necessidades que exigem a sua potabilidade, como, por exemplo, para o abastecimento humano.

Como dito anteriormente, as águas de melhor qualidade devem ser conservadas para usos mais nobres.

Segundo o Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Bahia o aumento da disponibilidade hídrica e a redução das cargas poluentes que

chegam aos rios e outros corpos hídricos são os principais benefícios do reúso de água que deve ser fundamentado nos seguintes princípios: prover tratamento confiável, de acordo com a utilização que se fará do efluente; proteger a saúde pública; e ter aceitação social. As principais possibilidades de reúso da água são: irrigação agrícola; irrigação de parques e jardins; reciclagem industrial; usos potáveis urbanos; e recarga de aquíferos subterrâneos.

Historicamente, o reúso de água tem sido largamente utilizado, de forma segura e controlada, em diversos países como Estados Unidos, Japão, Austrália, Israel e Tunísia, nas mais diversas aplicações, inclusive para aumentar o suprimento de água potável, como é o caso da Namíbia, desde 1968. (ASANO, 2002).

De acordo com Bernardi (2003) são vários os benefícios da água de reúso proveniente de tratamento de efluentes na agricultura, podendo-se mencionar a possibilidade de substituição parcial de fertilizantes químicos, com a diminuição do impacto ambiental, em função da redução da contaminação dos cursos d'água; um significativo aumento na produção, tanto qualitativo quanto quantitativo; além da economia da quantidade de água direcionada para a irrigação, que pode ser utilizada para fins mais nobres, como o abastecimento público.

Por outro lado, a viabilidade do reúso depende da combinação de diversos fatores como a proximidade entre a planta de tratamento e o local de aplicação. Tratando-se de irrigação agrícola, outros fatores são importantes como o tamanho da comunidade, aspectos socioeconômicos e disponibilidade de terras para aproveitamento do efluente (ORON, 1999)

Os benefícios advindos da utilização da água de reúso são de ordem ambiental, social e econômica. Ambientalmente, essa prática impacta positivamente na redução da pressão sobre a captação de água bruta, e claro, na preservação dos recursos hídricos. Já economicamente é evidente a diminuição dos custos de consumo do recurso para as atividades como, por exemplo, irrigação e lavagens.

Tendo em vista o quadro de escassez hídrica em inúmeras regiões e a problemática com um todo, a busca por implementar alternativas de reaproveitamento de água é uma necessidade emergencial.

2.1 Modalidades de Reúso Direto Não Potável de Água

De acordo com o art. 3º da Resolução CNRH nº 54/2005, para efeito desta Resolução o reúso direto não potável de água abrange as modalidades apresentadas a seguir:

2.2 Fins Urbanos

Utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística (ver Figura 4), lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações e combate a incêndio dentro da área urbana.

Além da utilização citada anteriormente, Zared Filho (2003) relaciona as seguintes:

- Recreação;
- Construção civil (compactação do solo, controle de poeira, lavagem de agregados e produção de concreto); e
- Sistemas decorativos tais como espelhos d'água, chafarizes e fontes luminosas.

Figura 5 - Reúso direto de água não potável para fins urbanos, no caso específico irrigação paisagística.



Fonte: Disponível em :<<http://mogiemfoco.com/>>

2.3 Fins Agrícolas e Florestais

A agricultura hoje não mais se resume ao aumento da produção apenas por meio da expansão de terra cultivada, mas, sobretudo, depende de água para irrigação a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem que haja uma reformulação na gestão dos recursos hídricos (MELO, 2010).

Como visto anteriormente, o uso consuntivo de água no setor agrícola é, no Brasil, de aproximadamente 72% do total. Essa demanda significativa, associada à escassez de recursos hídricos leva a ponderar que as atividades agrícolas devem ser consideradas como prioritárias em termos de reúso de efluentes tratados (ZARED FILHO et al., 2003).

Efluentes adequadamente tratados podem ser utilizados para aplicação em:

- Culturas de alimentos não processados comercialmente: Irrigação superficial de qualquer cultura alimentícia, incluindo aquelas consumidas cruas;
- Culturas de alimentos processados comercialmente: Irrigação superficial de pomares e vinhas;
- Culturas não alimentícias: Pastos, forragens, viveiros de plantas ornamentais, fibras e grãos;
- Proteção contra geadas.

Entre as diferentes alternativas utilizadas pelas sociedades contemporâneas para solucionar ou minimizar a falta deste recurso está o uso de águas residuárias provenientes de sistemas de tratamento de esgoto por processos biológicos (SANTOS et al., 2009).

A Resolução nº 121 de 16 de dezembro de 2010, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH estabelece as diretrizes e critérios para as práticas de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definidas pela Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005.

O artigo 2º da Resolução CNRH nº 121/2010 diz que as características físicas, químicas e biológicas para a água em todos os tipos de reúso para fins agrícolas e florestais deverão atender os limites definidos na legislação pertinente. Já o artigo 5º cita que a aplicação de água de reúso para fins agrícolas e florestais não pode apresentar riscos ou causar danos ambientais e à saúde pública.

Entende-se como critérios e diretrizes mais relevantes da Resolução CNRH nº 121/2010:

- As características físicas, químicas e biológicas para a água em todos os tipos de reúso para fins agrícolas e florestais deverão atender os limites definidos na legislação pertinente;
- A caracterização e o monitoramento periódico da água de reúso serão realizados de acordo com critérios definidos pelo órgão ou entidade

competente. Observando-se que fica sob responsabilidade do produtor da água de reúso as informações constantes de sua caracterização e monitoramento;

- A aplicação de água de reúso poderá ser condicionada, pelo órgão ou entidade competente, à elaboração de projeto que atenda aos critérios e procedimentos por esses estabelecidos;
- A aplicação de água de reúso para fins agrícolas e florestais não pode apresentar riscos ou causar danos ambientais e à saúde pública;
- As concentrações recomendadas de elementos e substâncias químicas no solo, para todos os tipos de reúso para fins agrícolas e florestais, são os valores de prevenção que constam da legislação pertinente;
- A caracterização e o monitoramento periódico do solo que recebe a água de reúso serão realizados de acordo com critérios definidos pelo órgão ou entidade competente;
- Qualquer acidente ou impacto ambiental, decorrente da aplicação da água de reúso que possa comprometer os demais usos da água no entorno da área afetada, deverá ser informado imediatamente ao órgão ou entidade competente e ao respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica pelo produtor, distribuidor e usuário da água de reúso; e
- Os métodos de análise para determinação dos parâmetros de qualidade da água e do solo devem atender às especificações normativas pertinentes.

2.4 Fins Ambientais

Segundo Bernardi (2003), as aplicações da água de reúso no meio ambiente em geral são:

- Fitodepuração (Wetlands), hábitas naturais e aumento do fluxo de água;
- Estabelecimentos recreacionais;
- Contato acidental (pesca e canoagem) e contato integral com a água permitido;
- Represas e lagos;
- Lagoas estéticas em que o contato com o público não é permitido.

2.5 Fins Industriais

É a utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais. O reúso e reciclagem na indústria passam a se constituir, portanto, como ferramentas de gestão fundamentais para a sustentabilidade da produção industrial (CIRRA/ICWR, 2013).

Os usos industriais que apresentam possibilidade de serem viabilizados em áreas de concentração industrial significativa são basicamente os seguintes: torres de resfriamento; caldeiras; construção civil, incluindo a preparação, a cura do concreto e a compactação do solo; irrigação de áreas verdes de instalações industriais; lavagens de pisos e alguns tipos de peças, principalmente na indústria mecânica e processos industriais diversos.

Ainda de acordo com Zared Filho et al. (2003) o reúso de água para indústria traz muitos benefícios ambientais, econômicos e sociais. Os principais benefícios ambientais são a redução de lançamento de efluentes industriais em cursos d'água e redução da captação de águas superficiais e subterrâneas. Já os principais benefícios econômicos são a redução dos custos de produção, melhor competitividade dos produtos brasileiros em mercados internacionais e por fim os benefícios sociais como ampliação da oportunidade de negócios para as empresas fornecedoras de serviços e equipamentos em toda a cadeia produtiva e a ampliação na geração de empregos diretos e indiretos.

Figura 6 - Estação de tratamento de efluentes (ETE) de uma indústria têxtil.



Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2014)

2.6 Na Aquicultura

O reúso de águas na aquicultura é um processo de produção em cativeiro de organismo com hábita predominantemente aquático, em qualquer estágio de desenvolvimento, ou seja, ovos, larvas, juvenis ou adultos. Nesse contexto a aquicultura moderna se apoia em três pilares fundamentais: a produção lucrativa, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social (BARBOSA, 2008).

A aquicultura é um potencial "usuário" de águas. Contudo, é algumas vezes classificada como atividade de "uso não consuntivo", ou seja, forma de exploração dos recursos hídricos que não consome água (SRH, 1997).

Segundo König et al. (2004) essa classificação somente se enquadra às situações em que apenas se povoa com peixes os lagos, açudes ou reservatórios que não foram construídos com o objetivo principal do cultivo de organismos aquáticos, onde os peixes são cultivados de maneira extensiva e a pesca apenas agrega um valor econômico ao reservatório que é prioritariamente destinado ao abastecimento público, sem que o cultivo e a pesca promovam um aumento da quantidade de água utilizada.

Esse tipo de cultivo é uma alternativa para a produção de proteína animal a baixo custo e pode atingir alta produtividade em função dos efluentes das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) serem ricas fontes de nutrientes, promovendo assim o desenvolvimento, em abundância, dos organismos cultivados. Dessa maneira é possível reduzir os gastos com rações, além do controle da poluição, economia de água e da reciclagem de nutrientes.

3 TIPOS DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS UTILIZADAS NO REÚSO AGRÍCOLA E FLORESTAL

As características físicas, químicas e biológicas dos diferentes tipos de efluentes variam quantitativa e qualitativamente em função do tipo de utilização da água na fonte de poluição.

As características físicas correspondem à cor, responsável pela coloração da água, sendo formada a partir de sólidos dissolvidos; a turbidez, que representa o grau de interferência com a passagem da luz por meio da água, conferindo uma aparência turva à mesma, e formada por sólidos em suspensão (CAMPOS, 1999).

Já as características químicas dependem da origem do esgoto e envolvem o pH, que indica a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, e é formada por sólidos dissolvidos; o nitrogênio nitrito é constituído por sólidos em suspensão e dissolvidos e atua na eutrofização e na nitrificação; a DBO e a DQO determinam o teor de matéria orgânica nos efluentes e indicam o potencial do

oxigênio dissolvido; os sólidos totais dissolvidos não são retidos quando filtrados e constituem os sólidos totais. Por fim, as características biológicas envolvem a existência de microrganismos de águas residuárias, os indicadores de poluição, as variações de vazão, entre outras (VON SPERLING, 2005).

3.1 Esgotos Tratados

De acordo com MMA (2005) o aumento constante da população tem produzido uma crescente demanda por água, tanto para consumo direto, como para a utilização em processos produtivos. Conseqüentemente, há o aumento da geração de esgotos proveniente desses usos. Isso tem sido motivo de preocupação, pois o descarte inadequado desse material em corpos d'água ou na superfície do solo torna-se um problema ambiental, sendo então necessário adotar-se medidas que possibilitem uma destinação adequada aos esgotos.

Segundo Hespanhol (2002) a aplicação de esgotos no solo é uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas. Os maiores benefícios dessa forma de reúso são os associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública.

O emprego de água residuária na irrigação, além de racionalizar o uso da água, pode reduzir o nível requerido de purificação do efluente e com isso reduzir os custos com fertilizantes, já que os esgotos tratados constituem adubos naturais, o que pode elevar a produção agrícola (MMA, 2005).

O reúso na irrigação pode complementar ou suprir por completo a demanda hídrica de áreas agrícolas. Essa alternativa pode potencializar o uso dos recursos hídricos em áreas distantes de mananciais e principalmente em regiões semiáridas, em que a escassez de água é um dos principais problemas (SOUZA, 2004).

Segundo Hespanhol (1994) durante as últimas décadas, o uso de esgotos para irrigação de culturas tende a aumentar, significativamente, devido aos seguintes fatores:

- Dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação;
-
- Custo elevado de fertilizantes;
-
- A segurança: os riscos à saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas;
-
- Os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores;
-
- A aceitação sociocultural da prática do reúso agrícola;
-
- O reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

Apesar do reúso planejado ser amplamente difundido e utilizado mundialmente, no Brasil, mesmo com escassez dos recursos hídricos em algumas regiões, essa prática não tem sido utilizada intensivamente. Existem poucos registros do reúso planejado de efluentes tratados em diversas atividades, principalmente, na agricultura.

3.2 Efluentes de Agroindústrias

Os resíduos de atividades agroindustriais apresentam, em geral, elevada concentração de material orgânico. O seu lançamento em corpos hídricos pode proporcionar grande decréscimo na concentração de oxigênio dissolvido, cuja magnitude depende da elevada concentração de sólidos, da vazão de efluente e da vazão do curso d'água.

A disposição de águas residuárias industriais em redes de esgoto ou em corpos hídricos receptores deve atender aos padrões de lançamento estipulados por normas e regulamentações, os quais estão cada vez mais restritivos. Para o atendimento aos restritivos padrões de lançamento são recomendados procedimentos e tecnologias de controle efetivo para os efluentes industriais. Contudo, as diferentes composições físicas, químicas e biológicas; a potencialidade de toxicidade; as variações de qualidade e de volumes criados nos processos produtivos e os diversos pontos de geração de águas residuárias são indicativos preponderantes da necessidade de caracterizar, quantificar e tratar adequadamente os efluentes líquidos anteriormente à disposição final no meio ambiente (NARDI et al., 2005; VON SPERLING, 1997).

Os resíduos de atividades agroindustriais apresentam, em geral, grande concentração de material orgânico e o seu lançamento em corpos hídricos pode proporcionar grande decréscimo na concentração de oxigênio dissolvido no meio, cuja magnitude depende da concentração da carga orgânica e da quantidade de efluente lançado, além da vazão do curso d'água receptor (MATOS, 2005).

Nas agroindústrias, a produção de águas residuárias é, geralmente, expressa como função da quantidade de produto processado, devendo variar conforme as técnicas de processamento adotadas. A seguir são apresentados os principais aspectos ambientais de algumas agroindústrias específicas segundo Matos (2005):

- Indústria suco-alcooleira

De acordo com Penhabel (2010) a vinhaça é um líquido marrom escuro de natureza ácida, com cheiro desagradável, poluente e corrosivo. Sempre foi um problema nas usinas e destilarias de álcool e açúcar. Porém, em razão da sua riqueza em potássio, matéria orgânica, nitrogênio, enxofre, cálcio e teor de água, passou a ser aplicada nas lavouras de cana com grande sucesso econômico. A aplicação da vinhaça nas lavouras, bem como a fertirrigação é uma atividade adotada por praticamente todas as usinas e destilarias com tecnologia conhecida e bem definida, com resultados positivos na produtividade agrícola.

A vinhaça é o principal efluente de usinas de destilaria de álcool e aguardente, resultante da destilação do mosto fermentado (caldo de cana, melaço ou xarope diluído), sendo produzida na proporção de 13 a 16 litros por litro de álcool produzido. O processamento de 1.000 toneladas de cana-de-açúcar produz, nas usinas de produção de álcool, em média, 910 m³ de vinhaça. No caso de usinas açucareiras com destilaria, a geração de vinhaça está entre 150 e 300 m³ por cada 1.000 toneladas de cana-de-açúcar processada.

- Matadouros de bovinos

O consumo de água em matadouros de bovinos é bastante variável, dependendo do tipo de instalação. Os volumes de água gastos estão entre 1,25 e 2,4 m³ para cada animal abatido, sendo distribuídos da seguinte forma: 0,9 m³ na sala de matança, cerca de 1,0 m³ nas demais dependências (bucharia, triparia, sanitários, etc.) e 0,6 m³ para a área externa (currais, pátios etc.).

O efluente líquido de matadouros é constituído, principalmente, por água de limpeza dos equipamentos e do piso, contendo sangue que resulta do gotejamento ao longo da linha de abate, e pequenas partículas da carcaça, pelos, gordura, vômitos e barrigada. Peças condenadas da carcaça são, em grande parte, recuperadas para a produção de graxas e farinhas.

- Curtumes

No geral, as águas residuárias de curtume caracterizam-se por apresentarem pH elevado, alta carga orgânica, grandes quantidades de sólidos suspensos (pelos e carcaça), intensa cor, grande dureza e elevadas concentrações de sulfetos e de cromo.

- Laticínios

Os efluentes líquidos das indústrias de laticínios abrangem os efluentes industriais, os esgotos sanitários produzidos e as águas pluviais captadas na respectiva indústria. O efluente líquido é considerado um dos principais responsáveis pela poluição causada pela indústria de laticínios. Em muitos laticínios o soro de queijo é descartado junto com os efluentes líquidos sendo considerado um forte agravante devido ao seu elevado potencial poluidor (DBO entre 30.000 a 50.000 mg O²/L).

A vazão e a qualidade do efluente gerado por agroindústrias são dependentes, dentre outros fatores, do tipo e porte da indústria, dos processos empregados, do grau de reciclagem e da existência de pré-tratamento. Dessa forma, mesmo que duas empresas produzam essencialmente o mesmo produto, o potencial poluidor pode ser bastante diferente entre si (VON SPERLING, 1996).

3.3 Efluentes da Produção Animal

Além da indústria e da urbanização (esgoto doméstico), a produção de efluentes da produção animal (avicultura, suinocultura, bovinocultura etc.) é considerada pelos órgãos de fiscalização e proteção ambiental, uma atividade de grande potencial poluidor, face ao elevado número de contaminantes contidos nos seus efluentes, cuja ação individual ou combinada, representa uma fonte potencial de contaminação e degradação do ar, dos recursos hídricos e do solo (BELLI FILHO et al., 1990).

Para a utilização dos efluentes da produção animal, torna-se fundamental que, primeiramente, se conheça suas características físicas, químicas e microbiológicas, de forma que se possa estabelecer medidas adequadas de proteção ambiental e a escolha de tecnologias apropriadas para a sua disposição no ambiente (SOUZA, 2004).

A produção diária de águas residuárias varia de acordo com o tipo da cultura animal, sendo que elas contêm matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas dos animais (MATOS, 2005).

O uso de efluentes oriundos da produção animal na agricultura apresenta alguns benefícios, pois fornece nutrientes às plantas, reduzindo-se assim as quantidades de adubos a adquirir fora da exploração, melhora o teor em matéria orgânica no solo e conseqüentemente a sua estrutura e permite fazer uso adequado a um produto que pode ser altamente poluente.

Os sistemas intensivos de produção animal dependendo do tipo de manejo produzem resíduos com variada concentração de sólidos e água, diferente de efluentes urbanos onde 99,9% é água. Na fração sólida, contudo, temos sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, além de microrganismos. Logo a fração sólida é o alvo no tratamento, entretanto, o perfil e composição (física, química e biológica) do efluente é que determinará qual o melhor método para removê-los. Em virtude da classificação desses, é que é projetado o tratamento, pois eles podem ser classificados quanto ao tamanho e estado físico (em suspensão e dissolvidos), pelas características químicas (voláteis e fixos) e pela decantabilidade (sedimentáveis e não sedimentáveis) (VON SPERLING, 2004).

4 PANORAMA ATUAL E PERSPECTIVAS PARA O REÚSO DA ÁGUA PARA FINS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS

O uso de água na agricultura é um dos principais fatores de pressão para a demanda crescente de água doce em todo o planeta. As perspectivas que sinalizam cada vez mais para um cenário de escassez e ruptura com as práticas de desperdício, fazem com que se verifique com maior frequência a necessidade da busca de alternativas para um problema que afeta a todos indiscriminadamente. De uma forma geral, a legislação cada vez mais restritiva, a pressão de consumidores cada vez mais exigentes quanto a práticas de conservação ambiental e a necessidade de adaptação a um mundo sem fronteiras, fazem com que a sociedade e o setor produtivo invistam de forma crescente em práticas de conservação de recursos hídricos e energia, como forma de reduzir custos, ganhar produtividade e agregar valor à imagem (SOARES-FILHO, 2008).

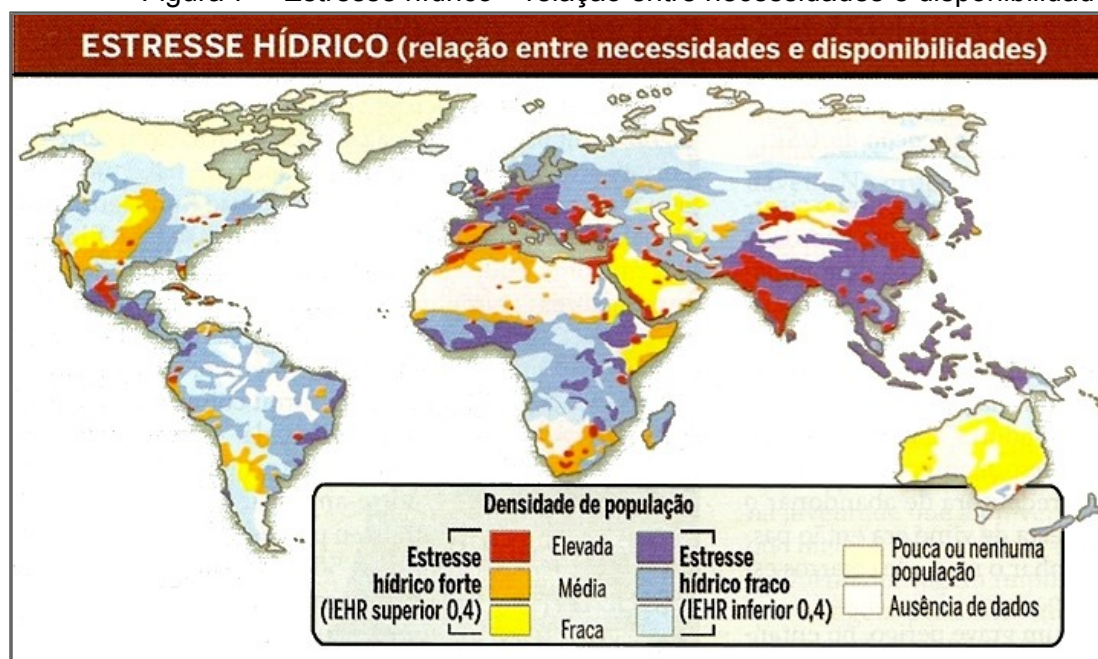
Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o crescimento populacional, particularmente nos países desenvolvidos, e a maior demanda de água para usos agrícola, provocaram o aumento do consumo global de água de 1.060 Km³/ano para 4.130 Km³/ano nos últimos 50 anos. Entre 1900 e 1995, o consumo total de água para as atividades humanas cresceu seis vezes, que é mais que o dobro do crescimento da população mundial nesse período. O aumento do consumo é maior nos países em desenvolvimento do que nos países desenvolvidos, em virtude do crescimento da população. As Nações Unidas preveem a estabilização do crescimento populacional somente no entre o final do século XXI e o ano de 2110, mas mais de 90% deste crescimento ocorrerá em países em desenvolvimento.

Recentemente a comunidade científica internacional por meio do painel intergovernamental para mudanças climáticas, apresentou novas informações sobre o uso de energia e emissão de gás carbônico implicando no aumento da

Reúso de Água Agrícola e Florestal

temperatura do planeta. O cenário traçado prevê um quadro preocupante para a economia mundial, em função das crescentes demandas por energia, com o consumo de água associado, podendo dobrar dentro de algumas décadas o número de países classificados como carentes de recursos hídricos (BAIRD, 2002).

Figura 7 - Estresse hídrico – relação entre necessidades e disponibilidade



Fonte: Sesi (2010)

Ainda de acordo com Soares-Filho (2008) o quadro para um futuro próximo, com relação à prática de conservação dos recursos hídricos, indica uma evolução positiva, com uma forte tendência para o uso racional e para o reúso da água. O panorama justifica-se principalmente para as regiões altamente urbanizadas e industrializadas, pelo fato da legislação ambiental estar se tornando mais restritiva.

A reutilização de águas residuais na agricultura tem aumentado em todo o mundo, principalmente nas regiões áridas e semiáridas. Essa necessidade surge devido, nessas áreas, a precipitação não cobrir as demandas para o cultivo

irrigado. A reutilização de águas residuais tratadas pode reforçar a produtividade agrícola, visto que, esse tipo de água contém bastantes nutrientes.

No Brasil, a prática do reúso na irrigação agrícola é ainda nova, restringindo-se praticamente às imensas áreas de cana-de-açúcar irrigadas com vinhaça. Alguns entraves legislativos e técnicos têm limitado sua expansão não apenas no Brasil, mas também em outros países. Entre eles podem ser citados, a falta de tratamento de esgoto e dejetos e risco de uso de produtos não tratados para o ambiente e para a saúde pública.

Segundo Lima et al. (2012) a irrigação tem ajudado a aumentar a produção dos campos agrícolas e estabilizar a produção e os preços de alimentos, mas o crescimento populacional apenas aumentará a demanda por mais água para irrigação. A importância do reúso no setor agrícola, torna-se dessa forma, um importante recurso para a implementação de políticas e estratégias de gestão dos recursos hídricos. A introdução de políticas criteriosas de reúso transforma a problemática poluidora e agressiva dos esgotos em um recurso econômico e ambientalmente seguro. Os benefícios do reúso podem ser verificados diretamente em termos de aumento da produtividade, além das vantagens ambiental e social.

Figura 8 - Demanda mundial por alimentos em bilhões de toneladas.



Fonte: FAO, 2013

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. L.; KÖNG, A.; MILANÊZ, J. G.; CEBALLOS, B. S. O. Reúso indireto de esgotos na irrigação de colunas experimentais de solo cultivados com alface (*Lactuca sativa*, L.), In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 20, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 8p.1999.

ASANO, T. Water from (waste) water – the dependable water resource. **Water Science and Technology**. IWA Publishing. v. 45. n 8. p 23-33 2002.

BARBOSA, J. E. L. **Uso e reúso da água em sistemas de produção animal**. Associação Brasileira de Zootecistas, João Pessoa, PB. p.01-17. 2008.

BASTOS, R. K. X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 267 p. (Projeto PROSAB).

BASTOS, R. K. X. Fertirrigação com águas residuárias. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) **Fertirrigação: Citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. 279p.

BASTOS, R. K. X.; KIPERSHOF, A.; CHERNICHARO, C. A. L.; FLORENCIO, L.; MONTEGGIA, L. O.; SPERLING, M. V.; AISSE, M. M.; BEVILACQUA, P. D.; PIVELLI, R. P. **Subsídios à regulamentação do reúso da água no Brasil – utilização de esgotos sanitários tratados para fins agrícolas, urbanos e piscicultura**. Revista DAE.SABESP. São Paulo, Maio/2008.

BEEKMAN, G. B. **Qualidade e conservação da água**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 1996, Brasília. Conferência...Brasília: Associação Brasileira das Entidades de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1996.

BELLI FILHO, P.; CASTILHOS JUNIOR, A. B. **Dejetos de suínos, aspectos qualitativos, quantitativos e tecnologias para o controle da poluição ambiental**. Florianópolis – SC, UFSC, 1990. 19p.

BERNARDI, C. C. **Reúso de água para irrigação**. 2003. 63f. Monografia, SEA-FGV/ECOBUSINESS SCHOOL Brasília. 2003.

CASTRO, C. N. **Gestão das Águas: Experiências Internacional e Brasileira**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Brasília. 2012. 86p.

CIRRA/ICWR. Centro Internacional de Referência em Reúso de Água / International Reference Center on Water Reuse. **Reúso Industrial**. 2013. Disponível em: < <http://biton.uspnet.usp.br/cirra/?p=95>>. Acesso em: 14 de outubro de 2014.

CLARKE, R.; KING, J. **O atlas da água: o mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta**. São Paulo, Publifolha. 2005. 129p.

CROMER, R. N. Irrigation of radiata pine with waste water: A review of the potential for tree growth and water renovation. **Aust. For.**, v. 43, p. 87-100, 1980.

FÉRES, J. G.; THOMAS, A.; REYNAUD, A. (2007). Reúso de água nas indústrias da bacia do rio Paraíba do Sul. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, São Paulo, 2007. In: Anais do XVII...Recursos Hídricos, ABRH, 2007.

GRASSI, M. T. As águas do planeta Terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. Sociedade Brasileira de Química. p. 31-40, 2001.

GUIDOLIN, J. C. **Reúso de efluentes**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente, 2000.

HESPAHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S., SANTOS, H. F. (ed.). **Reúso de água**. São Paulo: Manole, cap. 13, p. 37-95. 2002.

KÖNIG, A. CEBALLOS, B., SANTOS, C., CRISPIM, REGO, J., ALBUQUERQUE, T., SASSI, R. **Gestão de recursos hídricos: proteção ambiental de mananciais**. Campina Grande: UFCG/UNESCO, 2004.

KÖNIG, A.; SANTOS, A. V.; CEBALLOS, B. S. O.; CAVALCANTI, R. B.; GHEYI, H. R. The controlled reuse of wastewater in agriculture, a solution for large cities. In: INTER-REGIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENT-WATER: INNOVATIVE ISSUES In **2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente Bento Gonçalves** – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010.

LIMA, D. C.; CHAVES, M.; LIMA, A. C.; LIMA, D. L. Reúso de água para irrigação: uma abordagem reflexiva. **II Colóquio Sociedade, Políticas Públicas, Cultura e**

Reúso de Água Agrícola e Florestal

Desenvolvimento-CEURCA. Universidade Regional do Cariri-URCA, Crato-Ceará-Brasil. 05 a 09 de Novembro de 2012.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Org.). **Reúso de Água.** 1ª ed. São Paulo: Editora Manole LTDA, 2003. 579p.

MATOS, A. T. **Tratamento de resíduos agroindustriais.** Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais. Universidade Federal de Viçosa. 2005.

MEHNERT, D. U. Reúso de efluente doméstico na agricultura e a contaminação ambiental por vírus entéricos humanos. **Biológico**, v.65, n.1/2, p.19-21, 2003.

MELO, G. K. R. M. M. O reúso de água como instrumento de gestão dos recursos hídricos: Necessidade de regulamentação do reúso para fins agrícolas. **Revista Educação Agrícola Superior.** Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior – ABEAS. v.25, n.2, p.93-98, 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Manual de educação para o consumo sustentável.** Ministério do meio ambiente, Brasília, 2005.

NARDI, I. R. et al. **Análise de séries temporais na operação de sistema de tratamento de águas residuárias de abatedouro de frango.** Eng. Sanit. Ambient., v.10, n.4, p.339-346, 2005.

ORON G, CAMPOS C, GILLERMAN L, SALGOT M. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. In **Agricultural Water Management.** v. 37. p 223-234, 1999.

PENHABEL, L. A. Vinhaça: Bio-Fertirrigação e Impacto Ambiental. **Rev. Cognito.** n.1, p.12-40, 2010.

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável.** Barueri: Manole, 2005. 41p.

RODRIGUES, R. S. **As Dimensões Legais e Institucionais de Reúso de Água no Brasil: Proposta de Regulamentação do Reúso no Brasil,** 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SANTOS, C. H.; MILORI, D. M. B. P.; MARTIN-NETO, L.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J. **Caracterização de ácidos húmicos de solos com aplicação de águas**

residuária por análise elementar e espectroscopia de ressonância magnética nuclear de ^{13}C . VII Encontro Brasileiros de Substâncias Húmicas: Matéria orgânica ambiental e sustentabilidade. Pelotas, RS. 2009.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ - SRH. **Usando bem as águas do Ceará.** Fortaleza, 1997. 20p.

SOUZA, M. N. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável.** Tese, Universidade Federal de Viçosa. 2004. 371p.

TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, 2008.

VAN DER HOEK, W.; HASSAN, U. M.; ENSINK, J. H. J.; FEENSTRA, S.; RASCHID-SALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. **Urban wastewater: a valuable resource for agriculture. A case study from Horoonabad, Pakistan.** Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 2002. 29 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Lodos ativados. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.4. 134p. 1997.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento e destinação de efluentes líquidos da agroindústria.** Brasília – DF: ABEAS, Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1996. 92p.

WESTERHOFF, G. P. Un update of research needs for water reuse. In: **Water reuse symposium**, 3º Proceedings. San Diego, Califórnia, 1984.

ZARED FILHO, K.; GARCIA, L. A. V.; PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. **Reúso de água.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2003. 19p.