




Tratamento de Água





Tratamento da água

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

MSc. Monica Pertel



ÁGUA – "O OURO AZUL"

Classificação dos países, quanto ao volume de água renovável/ tamanho da população segundo à Organização das Nações Unidas (ONU):


"escassez" (< 1 milhão de litros por pessoa anualmente). Norte da África (Egito, a Líbia e a Argélia) e na Península Arábica (Arábia Saudita, a Síria e a Jordânia).

"água insuficiente" (China, com mais de 1 bilhão).



"água no limite" (entre 1 milhão e 1,7 milhão de litros por pessoa ao ano). A Índia, com cerca de 1 bilhão de habitantes.

O Brasil está no melhor grupo (>10 milhões de litros de água doce disponível por habitante anualmente), mas as maiores reservas estão no norte, longe das grandes cidades.

Consumo	Consumo	Consumo
Brasil	China	Índia
400 L/dia	1000 L/dia	6500L/Mes



<http://www.ekoterra.com.br/documentos/Agenda2030.pdf>


ÁGUA – "O OURO AZUL"

Segundo a ONU, no ano 2050, o mundo terá uma população de 8,9 bilhões de pessoas, das quais 4 bilhões viverão em países com escassez crônica de água, o pior grupo.



Nesses países, a escassez de água poderá provocar problemas graves na saúde pública e inviabilizar o crescimento da economia e a geração de empregos.

A tecnologia mais promissora é a dessalinização da água dos mares e lagos salgados, que pode ser feita por meio da filtragem ou da destilação da água em usinas. De 1980 ao ano 2000, o preço do metro cúbico de água do mar dessalinizada diminuiu de 5,50 dólares para 55 centavos de dólar, e este parece ser o método que será o mais adotado.

<http://www.un.org/esa/huridocdev/documents/agenda21/>



3


 **ÁGUA – “O OURO AZUL”** 

Causas da escassez: uso exagerado e despreocupado da população junto com o lançamento diário de substâncias poluentes, tanto domésticos quanto industriais, nos mananciais que restam.



Campanhas, manifestações e propagandas dos mais diversos órgãos, sejam privados ou públicos - alertando para conservação do meio ambiente, evitando o desperdício de água e poluição de rios, lagos, lagoas e mares, além de incentivar uma mentalidade sustentável.


A Assembléia Geral das Nações Unidas decretou (1993), por meio de uma resolução, o 22 de março como sendo o Dia Mundial da Água.


<http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/>



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

4


 **Portaria 518 de 2004 – Padrões de potabilidade** 



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

Portaria 518/2004

ART. 4º - IV
Controle da qualidade da água para consumo humano
 Conjunto de atividades, exercidas de forma contínua pelo (s) **responsável(is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água**, destinada a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção dessa condição.

NORMA DE QUALIDADE

ART. 4º - V
Vigilância da qualidade da água para consumo humano
 Conjunto de ações adotadas continuamente **pela autoridade de saúde pública** para verificar se a água consumida pela população atende a esta Norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana.

EKOTERRA
 CONSULTORIA AMBIENTAL

Deveres e Responsabilidades

Nível federal (SVS - Secretaria de Vigilância da Saúde) - ART. 5º

Nível estadual e DF (Secretaria da Saúde) - ART. 6º

Nível municipal (Secretarias municipais de Saúde) - ART. 7º

Do responsável pela operação do SAA - Sistema de abastecimento de água - ART. 8º e 9º

Do responsável por solução alternativa - ART. 8º e 10

VIGILÂNCIA → Setor Saúde

CONTROLE → Prestadores de Serviços de Saneamento

EKOTERRA
 CONSULTORIA AMBIENTAL

Portaria 518-2004

PARÂMETRO	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano ⁽²⁾	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml

EKOTERRA
 CONSULTORIA AMBIENTAL


Contribuições
 Portaria 518/2004

CEIVAP AGEVAP

Portaria 518 - 2004

Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Coliformes totais	<p>Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês:</p> <p>Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês;</p> <p>Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês:</p> <p>Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml</p>

NOTAS: (1) Valor Máximo Permitido.
 (2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minascentes, dentre outras.
 (3) a detecção de Escherichia coli deve ser preferencialmente adotada.

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

CEIVAP AGEVAP

Portaria 518-2004

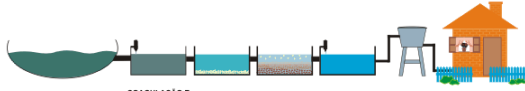
- Faz distinção de parâmetros para água superficial e subterrânea.




CEIVAP - CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ÁGUA POTÁVEL


CEIVAP AGEVAP

Tratamento da água



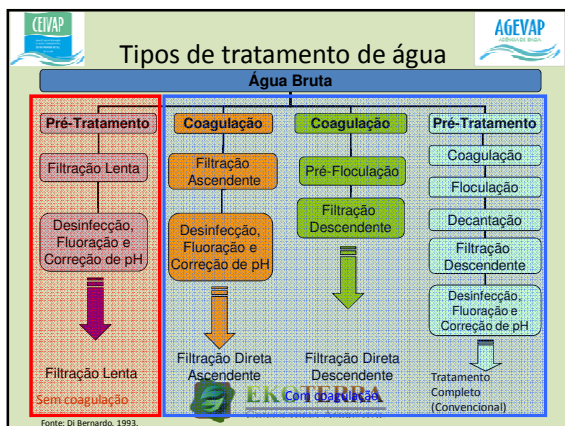
ÁGUA BRUTA → COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO com sulfato de alumínio → DECANTAÇÃO → FILTRAÇÃO areia e seixos → CLORAÇÃO E FLUORETAÇÃO → RESERVATÓRIO → RESIDÊNCIAS

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

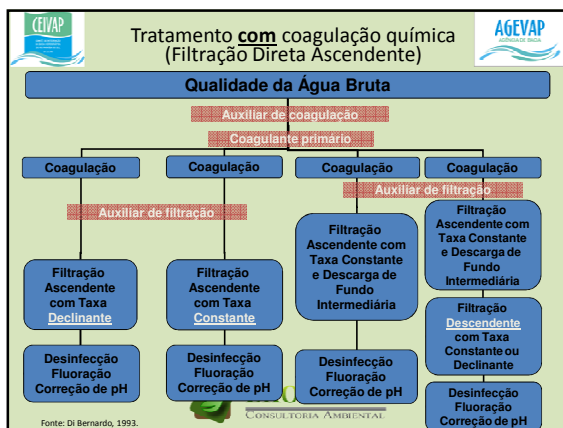
 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL



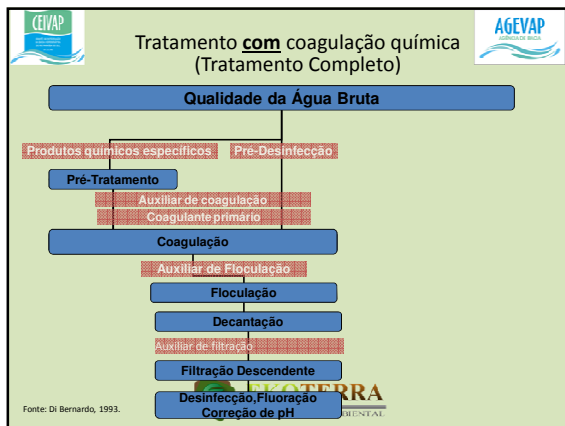












Eficiências dos processos de tratamento

Atributos	ETAPAS DO TRATAMENTO			
	Coagulação e sedimentação	Filtração lenta	Filtração ráp. na areia	Desinfecção (cloração)
Bactérias	++	++++	++++	++++
Cor	+++	++	++++	0
Turbidez	+++	++++	++++	0
Odor e sabor	+	++	++	++++
Dureza	--	0	0	0
Corrosividade	--	0	0	0
Ferro e manganês	+	++++	++++	0

Obs.: Grau de eficiência (+); Efeito prejudicial (-); Sem alteração (0).

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Fonte: Adaptado de LEME, F. P., 1990.



Unidade de coagulação e mistura rápida.

Coagulação química da água

- Turbidez - sólidos em suspensão
- Cor – sólidos dissolvidos
- Sabor e odor - colóides

Coagulantes mais comuns:

- Sulfato de alumínio;
- Cloro férrico;
- Sulfato ferroso clorado;
- Sulfato férrico;
- Hidroxi-cloro de alumínio.

A escolha é feita após avaliação técnica e econômica.

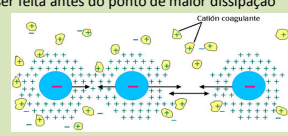


EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL
Fonte: https://www.cevap.org.br/produtos.php?ID_Categoria=98

Unidade de coagulação e mistura rápida.

Ação do coagulante.

- Com a adição de coagulante, ocorrem interações de ordem eletrostática e química;
- Deve-se determinar (em laboratório) o pH de coagulação;
- Erros na dosagem podem conduzir à reversão do processo.
- A aplicação de coagulante deve ser feita antes do ponto de maior dissipação de energia.



Fonte: <http://www.puc.br/quimica/agua/potabiliz.htm>

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Unidade de coagulação e mistura rápida.

Parâmetros de Projeto.

- Tempo de detenção;
- Gradiente de velocidade;

-Os valores destes parâmetros dependem fundamentalmente de:

- Qualidade da água bruta;
- Tecnologia de tratamento da ETA;
- Condições de coagulação.

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Unidade de Floculação.

Floculadores são unidades para promover agregação de partículas formadas na mistura rápida (ABNT, 1992)

Nesta unidade não ocorre remoção de impurezas da água, apenas o acondicionamento da água que vai para os decantadores.



Parâmetros de Projeto:

- Tempo de detenção
(20 a 30 min nos floculadores hidráulicos e 30 a 40 min nos mecanizados)
- Gradiente de velocidade
(70 s⁻¹ a 10 s⁻¹)

Devem ser determinados por meio de ensaios.

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Unidade de Decantação

- Técnica antiga e simples
- Ação da gravidade sobre as impurezas;
- Sedimentação das partículas de impurezas;
- Clarificação da água.

Parâmetros de Projeto:

- Taxa de aplicação superficial (TAS)

$$TAS = \frac{Q_{AFLUENTE}}{A_{PLANTA}}$$

Q – Vazão;
A – Área.



Fonte: http://www.cesao.com.br/pesquisa_estudante/tratamento_agua/atendimento_qualidade.php

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Unidade de Filtração rápida.

A filtração rápida, em meio granular, é resultado da ação de três mecanismos:

- Transporte;
- Aderência;
- Desprendimento.




Fonte: Adaptado de Heller e Pádua (2006)

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Unidade de Filtração rápida.

A carreira de filtração é definida como o intervalo de tempo decorrido entre o momento que um filtro entra em operação e o momento em que ele é retirado de operação para limpeza.

Existem duas condições que exigem retirar um filtro de operação:

- 1 – Quando produz água que não atende o padrão de potabilidade;
- 2 – Quando a perda de carga devida a retenção de impurezas atinge o valor máximo estabelecido em projeto.

Para lavagem pode-se utilizar:

- Exclusivamente água;
- Água e lavagem auxiliar superficial ou subsuperficial;
- Inicialmente ar, seguidamente água;
- Ar e água simultaneamente.



EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Unidade de Filtração rápida.

Variáveis que afetam o desempenho do filtro

Características do meio filtrante:

- Espessura;
- Massa específica;
- Tamanho, forma e distribuição de tamanhos dos grãos;

Características dos sólidos suspensos

- Concentração;
- Natureza;
- Tamanho, forma e distribuição do tamanho de partículas;

Sistema de filtração

- Taxa constante ou declinante;
- Filtração ascendente ou descendente

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Custos de implantação

Parâmetro	Técnica de tratamento			Tratamento convencional
	Filtração lenta	Filtração direta descendente	Filtração direta ascendente	
Operação	Simple	Especializada	Especializada	Especializada
Consumo de coagulante	Nulo	Baixo	Baixo	Alto
Resistência à variação da qualidade da água	Baixa	Baixa	Moderada	Alta
Limpeza dos filtros	Raspagem da camada superficial	Fluxo ascendente	Fluxo ascendente	Fluxo Ascendente
Porte da estação	Usual limitar a pequenas instalações	Sem limitações	Sem limitações	Sem limitações
Custo de implantação (US\$/hab)	10 a 100	2 a 30	5 a 45	10 a 60
Necessidade de área.	Grande	Pequena	Pequena	Média

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Aplicação de diferentes técnicas de tratamento em função da água bruta.

Valores máximos para a água bruta

Tipo de tratamento	Turbidez (uT)	Cor verdadeira (uH)	Ferro total (mg/l)	Manganês (mg/l)	NMP Coliforme / 100 ml.	
					Totais	Fecais
Filtração lenta	10	5	1	0,2	2.000	500
Pré-filtro + filtro lento	50	10	5	0,5	10.000	3.000
FIME	100	10	3	0,5	20.000	5.000
Filtração direta ascendente	100	100	15	1,5	5.000	1.000
Dupla filtração	200	150	15	2,5	20.000	5.000
Filtração direta descendente	25	25	2,5	-	2.500	500
Filtração direta descendente com floculação	50	50	2,5	-	5.000	1.000
Tratamento convencional **	250	*	2,5	-	20.000	5.000

*Depende do valor de turbidez;
 ** Para águas que excedem os limites do tratamento convencional, esta deverá ser substituída por tratamentos especiais, como pré-oxidação, ajuste de pH, aplicação de polímeros, utilização de coágulo ativado.



Filtração Direta

Estação de Tratamento com Filtração Direta

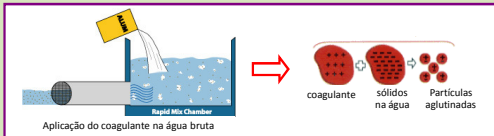
Reúne a coagulação química e a filtração rápida como etapas fundamentais para a potabilização da água.




Coagulação Química

Neutralização, desestabilização, agregação e aderência simultânea dos colóides.

Colóides: 10^{-3} a $1 \mu\text{m}$



Aplicação do coagulante na água bruta



Filtração rápida
↓
Altas taxas de filtração
120 a 360 m³/m².dia

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Mecanismo de Filtração

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Tipos de Filtração Direta

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Filtração Direta Ascendente

A água escoar ascendentemente no sentido dos grãos mais grossos para os mais finos, sendo coletada em uma calha superior.

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Filtração Direta Ascendente

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Filtração Direta Ascendente

Esquema de funcionamento de um filtro ascendente.
Fonte: DI Bernardo, 2003.

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Filtração Direta Ascendente

Fundo Falso

- Com bocais
- Tubos distribuidores
- Tubos perfurados e blocos Leopold.

Camada Suporte

- Pedregulho

Leito Filtrante

- Somente Areia



EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

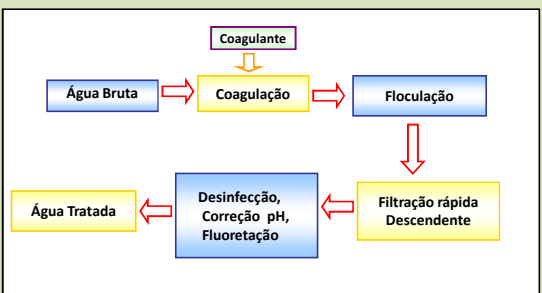
Filtração Direta Descendente

A água escoa descendente no sentido dos grãos mais finos para os mais grossos, sendo coletada em uma calha inferior.



EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Filtração Direta Descendente



EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Filtração Direta Descendente

Esquema de funcionamento de um filtro descendente.

Fonte: Di Bernardo, 2003.

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Filtração Direta Descendente

Fundo Falso

- Com bocais
- Tubos distribuidores
- Tubos perfurados e blocos Leopold.

Camada Suporte

- Pedregulho

Leito Filtrante

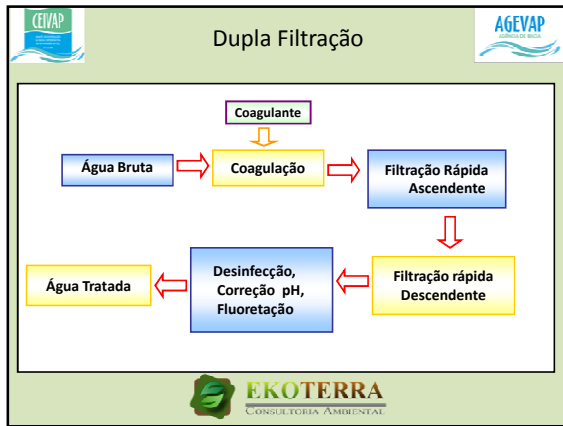
- Areia e/ou Antracito

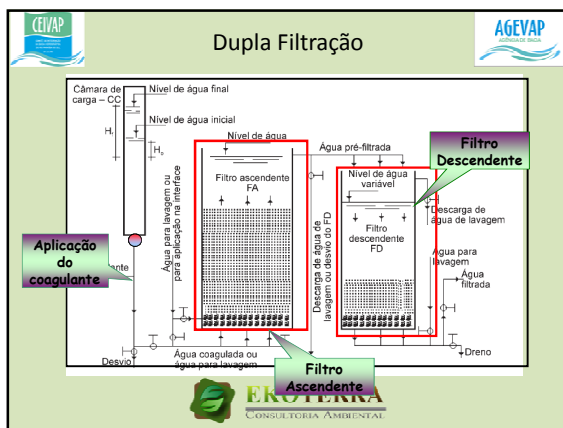
EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Dupla Filtração

O arranjo em série da filtração ascendente + filtração descendente é considerado a melhor alternativa, em termos de qualidade de água.

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL





Filtração Direta X Filtração Convencional

Vantagens:

- São mais compactas;
- Custo de construção 15 a 35% menor em relação as estações de FC;
- Menor produção de lodo;
- Despesas menores com reagentes.

Desvantagens:

- Depende da característica da água bruta ;
- São mais sensíveis a variação da qualidade da água;
- Lavagem mais freqüente;
- Maior gasto de água para lavagem.

CEIVAP Projeto de Sistemas de Filtração Direta AGEVAP

Caracterização da Água Bruta:

Características da água bruta	Wiesner et al. (1987)	Cleasby (1990)	Di Bernardo (1993)
Turbidez (uT)	-	< 5	< 25
Cor Verdadeira (uC)	-	< 40	-
Sólidos em Suspensão (mg/L)	< 20	< 20	< 50
Densidade de Algas (UPA/ml)	-	< 2000	-

EKOTERRA CONSULTORIA AMBIENTAL

CEIVAP Projeto de Sistemas de Filtração Direta AGEVAP

Tipo de pré-tratamento

- Oxidação;
- Peneiramento;
- Micropeneiramento.



Tipo de coagulante

- Sulfato de Alumínio;
- Polímero Catiônico;
- Cloreto Férrico;

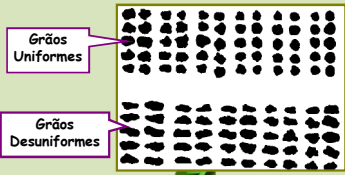



EKOTERRA CONSULTORIA AMBIENTAL

CEIVAP Projeto de Sistemas de Filtração AGEVAP

Caracterização do Material Filtrante

- Tamanho dos Grãos (D_{max} , D_{min});
- Tamanho Efetivo (D_{10});
- Coeficiente de Desuniformidade(CD);

Grãos Uniformes

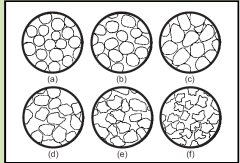
Grãos Desuniformes

Peneiras Granulométricas

EKOTERRA CONSULTORIA AMBIENTAL

Projeto de Sistemas de Filtração

Forma e Geometria dos Grãos



$$d_v = \sqrt[3]{\frac{6M_g}{\pi\rho_g N_g}}$$

d_v = diâmetro volumétrico médio (m);
 M_g = massa de grãos correspondente a cada faixa granulométrica do material granular (kg);
 ρ_g = massa específica do material (kg/m³);
 N_g = número de grãos.

CONSULTORIA AMBIENTAL

Projeto de Sistemas de Filtração

Porosidade

$$\varepsilon = \frac{V_v}{V_c} = \frac{D_g^3 - \frac{\pi \times D_g^3}{6}}{D_g^3} = 1 - \frac{\pi}{6}$$

N_g = volume total de esferas/volume de uma esfera;
 área da superfície dos grãos: $A_g = N_g \times \pi \times (D_g)^2$;
 volume dos grãos: $V_g = N_g \times \pi \times (D_g)^3/6$;
 volume do cubo: $V_c = V_g/(1-\varepsilon) = N_g \times \pi \times (D_g)^3/[6 \times (1-\varepsilon)]$;
 volume de vazios: $V_v = \varepsilon \times V_c = \varepsilon \times V_g/(1-\varepsilon) = \varepsilon \times N_g \times \pi \times (D_g)^3/[6 \times (1-\varepsilon)]$.

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Projeto de Sistemas de Filtração

Massa Específica

Material	Massa Específica (p) (Kg/m ³)
Areia	2650-2670
Antracito	1400-1700
Granada	4100-4500

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

CEIVAP AGEVAP

Projeto de Sistemas de Filtração

Lavagem do Filtro

- Limpeza contra corrente;
- Eficiente na remoção das partículas de sujeira aderidas aos grãos e alojadas nos espaços intragranulares do meio filtrante;
- Facilidade de transportar as partículas desde o leito filtrante até as calhas coletoras de água de lavagem.



EKOTERRA CONSULTORIA AMBIENTAL

CEIVAP AGEVAP

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL DE CICLO COMPLETO



Lodo dos Decantadores

Água de Lavagem dos Filtros



EKOTERRA CONSULTORIA AMBIENTAL

CEIVAP AGEVAP

ETA – Estação de Tratamento de Água



EKOTERRA CONSULTORIA AMBIENTAL









Resíduos Gerados em ETAs – Cenário Brasileiro

Brasil: População de 169,8 milhões, com 75% atendidos com rede geral de abastecimento de água (IBGE, 2005).

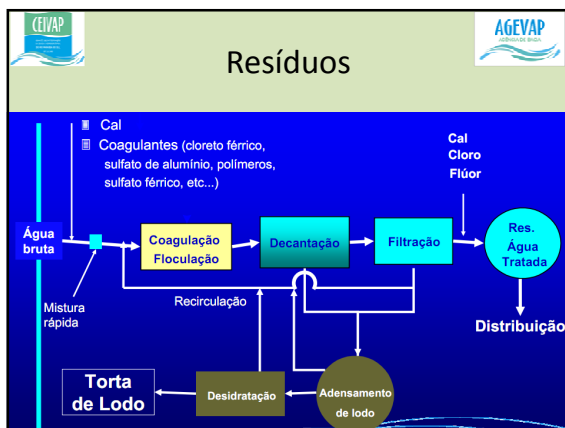
Produção de água tratada: 41.10⁶ m³/dia (PNSB, 2000).
❖ 30,5.10⁶ m³ /dia ou 93 % por ETAs Convencionais.

↓

Mini fábricas de resíduos

1 a 4 % do volume total de água tratada
613.037 m³/dia de resíduos de ETAs

CONSULTORIA AMBIENTAL





Exemplos de aplicação

Siderurgia
Holanda

Cimenteira
EUA, Japão, Alemanha, Inglaterra

Agricultura/Controle de eutrofização
EUA, Alemanha, Espanha, Japão, Austrália

Cobertura de aterros sanitários
EUA

Revestimento Cerâmico
Japão, Espanha

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

Exemplos de aplicação

Cerâmica Vermelha
EUA, China, Espanha, Inglaterra, Índia, Portugal, Holanda, Brasil

Recuperação de áreas degradadas
EUA, Austrália

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

CEIVAP AGEVAP

Exemplos de aplicação



EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

CEIVAP AGEVAP

Exemplos de aplicação



Cor mais avermelhada
Cerca de 100 g mais leves

Com lodo Sem lodo

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL



CEIVAP AGEVAP

Legislação

- CONAMA 375/2006;

“Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.”


EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL



 **CONAMA 375/2006** 


Classes de lodo de esgoto ou produto derivado – agentes patogênicos, descritos na RESOLUÇÃO CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006.

Tipo de lodo de esgoto ou produto derivado	Concentração de patógenos
A	Ooforme Termotolerantes 10^2 NMP / g de ST Ovos váveis de helmintos $0,25$ ovo / g de ST Salmonella ausência em 10 g de ST Vírus $0,25$ UFP ou UFF / g de ST
B	Ooforme Termotolerantes 10^2 NMP / g de ST Ovos váveis de helmintos 10 ovos / g de ST


ST: Sólidos Totais
NMP: Número Mais Provável
UFF: Unidade Formadora de Foco
UFP: Unidade Formadora de Placa

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL



mpertel@gmail.com

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL
