

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PILOTO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA
REMOÇÃO DE MICRO-CONTAMINANTES VIA OSMOSE INVERSA**

PAULO JOSÉ ARAGÃO JÚNIOR

ORIENTADOR: MAURICIO LUIZ SENS

2011/1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PILOTO DE TRATAMENTO
DE ÁGUA PARA REMOÇÃO DE MICRO-CONTAMINANTES VIA
OSMOSE INVERSA**

Trabalho apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina para Conclusão do Curso de
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

PAULO JOSÉ ARAGÃO JÚNIOR

Orientador:
Profº. Mauricio Luiz Sens

FLORIANÓPOLIS/SC
JULHO/2011

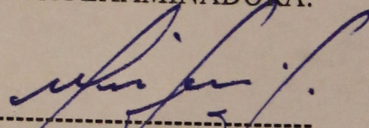
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PILOTO DE TRATAMENTO
DE ÁGUA PARA REMOÇÃO DE MICRO-CONTAMINANTES VIA
OSMOSE INVERSA

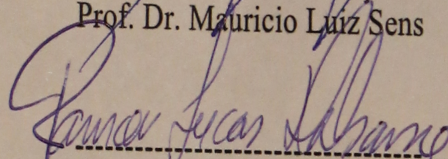
PAULO JOSÉ ARAGÃO JÚNIOR

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte
dos requisitos para conclusão do Curso de Graduação
em Engenharia Sanitária e Ambiental-TCC II

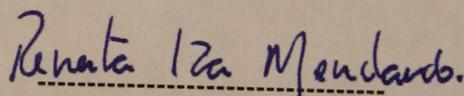
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Mauricio Luiz Sens



Prof. Dr. Ramon Lucas Dalsasso



Dra. Renata Iza Mendonça

RESUMO

O uso de agrotóxico tem aumentando a preocupação com a contaminação dos mananciais, inclusive com a contaminação por carbofurano um pesticida classificado como o nível máximo de toxicidade segundo a ANVISA. Em poços que são potenciais mananciais de água para abastecimento público apresentam uma quantidade de flúor acima do permitido pela legislação brasileira, inutilizando esses mananciais. Devido a esses problemas temos uma demanda por tecnologias adequadas para tratamento destes micro-contaminantes para poder melhor aproveitar mananciais de águas. Este trabalho visa elaborar uma metodologia de estudos de remoção desses micro-contaminantes via osmose inversa. A metodologia consiste essencialmente de duas etapas: a primeira montagem de um sistema piloto para produção de água ultrapura. A segunda a fortificação dessa água ultrapura com o micro-poluinte em estudo para posterior tratamento via osmose inversa. Na primeira etapa foi analisado o parâmetro de pH, condutividade, absorvância e STD para avaliar a eficiência da produção de água pura, na segunda etapa foi analisado apenas condutividade, STD e a concentração do contaminante em questão. Em função de dificuldades analíticas os testes foram realizados apenas para remoção do flúor. O resultado da produção da água ultrapura se mostrou satisfatório, assim como a remoção do flúor via osmose inversa também removendo o contaminante a níveis permitidos pela legislação brasileira.

Palavras Chaves: Osmose Inversa, Sistema Piloto, Flúor, Micro-poluentes.

ABSTRACT

The use of pesticides is increasing concern about contamination of water sources, including contamination by a pesticide carbofuran ranked as the second highest level of toxicity at ANVISA classification. In wells that are potential sources of water for public supply have a fluoride content above the level permitted by Brazilian law, disabling these springs. Because of these problems have a demand for appropriate technologies for treatment of these micro-contaminants in order to better use springs of water. This work aims to develop a methodology for studies of micro-contaminant removal via reverse osmosis. The methodology essentially consists of two stages: the first assembly of a pilot system for the production of ultrapure water. The second fortification of ultrapure water with the micro-pollutant under study for further treatment via reverse osmosis. In the first step parameter was analyzed for pH, conductivity, absorbance, and total dissolved solids and to evaluate efficiency of production of pure water, in the second stage was analyzed only conductivity, total dissolved solids and concentration of the contaminant in question. Because of analytical difficulties the test were performed only for removal of fluoride. The result of the production of ultrapure water were quite satisfactory, as well as the removal of fluoride through reverse osmosis also removes the contaminant levels allowed by Brazilian law.

Sumário

1. Introdução	12
2. Objetivos	13
2.1. Objetivo Geral	13
2.2. Objetivos Específicos	13
3. Revisão Bibliográfica	13
3.1. Agrotóxico	13
3.1.1. Histórico	13
3.1.2. Definição e Classificação	14
3.1.3. Legislação	17
3.1.4. Risco à saúde	17
3.1.5. Carbofurano	18
3.1.5.1. Propriedades físico químicas	18
3.1.5.2. Aplicação	19
3.1.5.3. Risco à saúde	20
3.2. Flúor	20
3.2.1. Histórico	20
3.2.2. Legislação	22
3.2.3. Risco à saúde	23
3.2.4. Fluoreto Natural em Corpos da Água	25
3.3. Osmose inversa	26
3.3.1. Histórico	26
3.3.2. Definição	27
3.3.3. Aplicabilidade	28
3.3.4. Tipos de Membranas utilizadas	31
4. Metodologia	31
Figura 4.1 - Metodologia	32
4.1. Produção da água I	32
4.2. Amostragem e análises do sistema piloto 1	33
4.3. Preparação da água II	34
4.4. Ensaio de filtração por osmose inversa	35
4.5. Amostragem e análises do sistema piloto 2	35
5. Resultados e Discussão	35
5.1. Desenvolvimento do piloto de produção de água ultrapura	35
5.2. Desenvolvimento do piloto de filtração por osmose inversa para remoção de micro-contaminantes	40
5.3. Operação do sistema piloto e produção de água pura	41

5.4. Água II.....	46
5.5. Remoção de micro-contaminantes	47
6. Conclusões	48
7. Referências Bibliográficas.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Forma Molecular Carbofurano.....	18
Figura 3.2 - Osmose.....	27
Figura 3.3 - Osmose Inversa	28
Figura 3.4 - Pressão Osmótica	28
Figura 3.5 - Membrana Fluxo Transversal.....	31
Figura 4.1 - Metodologia	32
Figura 5.1 - Filtro de Areia.....	36
Figura 5.2 - Filtro de 5 μm	37
Figura 5.3 - Filtro de 5 μm Dentro do Vaso.....	37
Figura 5.4 - Manômetros	38
Figura 5.5 - Cartucho de Carvão Ativado.....	38
Figura 5.6 - Membrana de Osmose Inversa	39
Figura 5.7 - Fluxograma de Produção de Água ultrapura (piloto 1).....	40
Figura 5.8 - Fluxograma Filtração por Osmose Inversa para remoção de micro-contaminantes (piloto 2)	41
Figura 5.9 - Resultado das Coletas Intermediárias: Condutividade	42
Figura 5.10 - Resultado das Coletas Intermediárias: Absorbância 254nm	43
Figura 5.11 - Condutividade e STD em Diferentes Pressões (1).....	44
Figura 5.12 - Condutividade e STD em Diferentes Pressões (2).....	46
Figura 5.13 – Concentração de Fluoreto em Diferentes Pressões	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Classificação Segundo Toxicidade	16
Tabela 3.2 - Rotulação Segundo Toxicidade	17
Tabela 3.3 - Sintomas de Intoxicação por Carbofurano.....	20
Tabela 3.4 - Concentração de Fluoreto por Poço	25
Tabela 3.5 - Aplicações de Membranas	29
Tabela 4.1 - Equipamentos Utilizados para Análise.....	33

Tabela 4.2 - Características do Fluossilicato de Sódio	34
Tabela 5.1 - Resultado das Coletas Intermediárias	41
Tabela 5.2 - Análises do Permeado e Rejeito em Diferentes Pressões (1)	43
Tabela 5.3 - Análises do Permeado e Rejeito em Diferentes Pressões (2)	45
Tabela 5.4 - Comparação entre Água Pura e de Estudo	46

1. Introdução

A escassez de água é um problema de dimensão global, uma vez que afeta inúmeros países e é motivo de conflitos entre eles. O rápido crescimento industrial e o aumento da população são os principais responsáveis pela grande demanda de água na atual sociedade. A falta de água é acompanhada da deterioração da qualidade de água disponível, em função da poluição e da degradação do meio ambiente (LENZI, 2009).

Segundo estimativas da Organização Mundial da Saúde - (OMS, 2010), um bilhão de pessoas não tem acesso a água potável no mundo, sendo que metade da população dos países em desenvolvimento vive sem condições básicas de saneamento. A população sem acesso a água potável pode chegar até a dois bilhões e meio de pessoas no ano de 2025.

No meio ambiente, o uso abusivo de agrotóxicos têm trazido comprometimentos relativos à contaminação do ar, solo, água e dos seres vivos, determinando a extinção de espécies de menor amplitude ecológica (STOPPELLI & MAGALHÃES, 2005).

A Organização Mundial da Saúde - (OMS, 1990) estima que ocorram no mundo cerca de três milhões de intoxicações agudas por agrotóxicos com 220 mil mortes por ano. Dessas, cerca de 70% ocorrem em países do chamado Terceiro Mundo. Além da intoxicação de trabalhadores que tem contato direto ou indireto com esses produtos, a contaminação de alimentos tem levado a grande número de intoxicações a mortes (OPAS, 1996). Com o aumento do uso de agrotóxicos na agricultura a contaminação dos corpos da água por agrotóxico, inclusive o carbofurano, é uma crescente, demandando tecnologia adequada para o tratamento da água contaminada, por agrotóxicos.

Concentrações elevadas de fluoreto na água de abastecimento público podem causar fluorose dentária e óssea. Muitos poços perfurados com o objetivo de abastecimento público, são condenados por possuírem quantidades de fluoreto acima dos limites definidos pela Portaria No 36 do Ministério da Saúde (BERENHAUSER, 2001).

O problema de excesso de fluoreto em águas subterrâneas é grande no Estado de São Paulo, condenando a utilização de águas de poços para consumo humano. As concentrações de fluoreto presentes nestas águas variam de 2,1 a 17,6 mg/L (ALCHERA JR; SEIXAS MEP; MORAES EB; SILVA SJA, 1987 apud BERENHAUSER, 2001). A escassez de mananciais de boa qualidade para abastecimento público vem aumentando, evidenciando a necessidade de estudos para remoção de fluoreto destas águas para que estes mananciais não sejam abandonados (BERENHAUSER, 2001).

A osmose inversa se mostra uma tecnologia atrativa para tratamento tanto na remoção de agrotóxicos e na de fluoreto nas águas naturais.

A osmose inversa é a tecnologia que vem ganhando mais espaço na remoção de contaminantes inorgânicos de águas naturais (AWWARF, 1996). Embora a maioria dos estudos realizados com osmose reversa objetive a dessalinização de águas salobras ou do mar, existem alguns estudos específicos de verificação da remoção de fluoreto com bons resultados (LYKINS Jr BW; ASTLE R; SCHLAFFER JL; SHANAGHAN PE, 1995).

A pesquisa realizada nesta presente pesquisa, analisou a de fluoreto via um sistema piloto de tratamento de por membrana de osmose inversa. Também possibilitando o estudo de outros micro-contaminantes.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Desenvolvimento do piloto para avaliar a remoção de micro-contaminantes, como agrotóxicos e flúor por sistemas de osmose inversa associados ou não as tecnologias complementares de tratamento de água.

2.2. Objetivos Específicos

- Montagem de um sistema piloto de tratamento para produção da **água I**, ou água ultrapura;
- Montagem de um sistema piloto com tratamento único por membrana de osmose inversa para remoção de carbofurano e flúor;
- Determinação do grau de contaminação da **água II** para alimentação do sistema piloto de tratamento.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Agrotóxico

3.1.1. Histórico

A utilização de agrotóxicos vem desde a antiguidade. Por volta de 1550 a.C., os egípcios usavam uma substância desconhecida para eliminar pulgas nas residências. Os escritos do poeta grego Homero (880 a.C.) mostram que o herói mitológico Odysseus usava enxofre ardente para purgar as entradas e salas das cortes (FREEDMAN, 1980; LEO, 1997).

A utilização mais generalizada dos agrotóxicos seguiu o progresso da química mineral. No século XIX, por exemplo, os fungicidas eram à base de

sulfato de cobre ou mercúrio. Alguns inseticidas como o arsênico de cobre e o arsênico de chumbo também surgiram nesta época, assim como as piretrinas naturais, que foram introduzidas como inseticidas de origem vegetal (ORP, 2008).

No Brasil, os agrotóxicos foram utilizados primeiramente em programas de saúde pública, no combate a vetores e controle de parasitas, passando a ser utilizados mais intensivamente na agricultura a partir de 1960 (OPAS, 1996).

Em 1975, o Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), responsável pela abertura do Brasil ao comércio de agrotóxicos, condicionou o agricultor a comprar o agrotóxico com recursos do crédito rural, ou seja, foi definida uma cota de agrotóxicos para cada financiamento, o que contribuiu ao fato de o Brasil ser um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo (OPAS, 1996).

3.1.2. Definição e Classificação

A primeira definição legal deste termo, no Brasil, surgiu com a lei federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989 no seu artigo segundo:

Para os efeitos desta Lei, consideram-se:

I - agrotóxicos e afins:

a) os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos;

b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, desseccantes, estimuladores e inibidores de crescimento;

No ano de 2002 teve sua definição reeditada na íntegra pelo decreto, da lei anterior, de número 4.704, de 4 de janeiro de 2002 no seu artigo primeiro e inciso IV.

Dada a grande diversidade dos produtos, cerca de 300 princípios ativos em 2 mil formulações comerciais diferentes no Brasil, é importante conhecer a classificação dos agrotóxicos quanto à sua ação e ao grupo químico a que pertencem. Essa classificação também é útil para o

diagnóstico das intoxicações e instituição de tratamento específico (OPAS, 2006).

a) Inseticidas: possuem ação de combate a insetos, larvas e formigas. Os inseticidas pertencem

a quatro grupos químicos distintos:

- *organofosforados*: são compostos orgânicos derivados do ácido fosfórico, do ácido tiofosfórico ou do ácido ditofosfórico. Ex.: Folidol, Azodrin, Malation, Diazinon, Nuvacron, Tanton, Rhodiatox;
- *carbamatos*: são derivados do ácido carbâmico. Ex.: Carbaril, Tentek, Zeclram, Furadan
- *organoclorados*: são compostos à base de carbono, com radicais de cloro. São derivados do clorobenzeno, do ciclo-hexano ou do ciclodieno. Foram muito utilizados na agricultura, como inseticidas, porém seu emprego tem sido progressivamente restringido ou mesmo proibido. Ex.: Aldrin, Endrin, MtIC, DUr, Endossulfan, Heptacloro, Lindane, Mirex;
- *piretróides*: são compostos sintéticos que apresentam estruturas semelhantes à piretrina, substância existente nas flores do *Chrysanthemum (pyrethrum) cinerariaefolium*. Alguns desses compostos são: aletrina, resmetrina, decametrina e cipermetrina.

b) *Fungicidas*: combatem fungos. Existem muitos fungicidas no mercado. Os principais grupos químicos são:

- *etileno-bis-ditiocarbonatos*: Maneb, Mancozeb, Dithane, Zineb, Tiram;
- *trifenil estânico*: Duter e Brestan;
- *captan*: Ortocide e Merpan;
- hexaclorobenzeno.

c) *Herbicidas*: combatem ervas daninhas. Nas últimas duas décadas, este grupo tem tido uma utilização crescente na agricultura. Seus principais representantes são:

- *paraguat*: comercializado com o nome de Gramoxone;
- *glifosato*: Round-up;
- *pentacloofenol*;
- *derivados do ácido fenoxiacético*: 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D) e 2,4,5 triclorofenoxiacético (2,4,5 T). A mistura de 2,4 D com 2,4,5 T

representa o principal componente do agente laranja, utilizado como desfolhante na Guerra do Vietnã. O nome comercial dessa mistura é Tordon;

- *dinitrofenóis*: Dinoseb a DNOC.

Outros grupos importantes compreendem:

- *raticidas (dicumarínicos)*: utilizados no combate a roedores;
- *acaricidas*: ação de combate a ácaros diversos;
- *nematicidas*: ação de combate a nematóides;
- *molusquicidas*: ação de combate a moluscos, basicamente contra o caramujo da esquistossomose;
- *fungicidas*: ação de combate a insetos, bactérias: fosfatos metálicos (fosfina) e brometo de metila.

Os agrotóxicos também são classificados segundo sua toxicidade, determinado pelo Ministério da Saúde. Esta classificação determina a classe em que o agrotóxico se enquadra para que seja indicado visualmente em sua embalagem.

Na Tabela 3.1 relaciona a classe toxicológica com a 50% da dose letal (DL50%):

Tabela 3.1 - Classificação Segundo Toxicidade

Substância Química	DL50% (mg/kg)	Dose Letal ao Ser Humano
Extremamente tóxica	5	Algumas gotas
Altamente tóxica	05 - 50	Algumas gotas a 1 colher de chá
Medianamente tóxica	50 - 500	1 colher de chá a 2 colheres de sopa
Pouco tóxica	500 - 5000	2 colheres de sopa a 2 copos
Levemente tóxica	>5000	2 copos a 1 litro

Fonte: OPAS, 2006

Por determinação da ANVISA todos os agrotóxicos são rotulados conforme sua classe toxicológica, conforme Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Rotulação Segundo Toxicidade

Classe toxicológica	Toxicidade	Rótulo
Classe I	Extremamente tóxico	Faixa vermelha
Classe II	Altamente tóxico	Faixa amarela
Classe II	Medianamente tóxico	Faixa azul
Classe IV	Pouco ou muito pouco tóxico	Faixa verde

Fonte: ANVISA

3.1.3. Legislação

O Decreto n. 4.074, de 04 de janeiro de 2002 ressalta que, o Ministério da Saúde é responsável pela avaliação e classificação toxicológica dos agrotóxicos, e juntamente com os ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, deve estabelecer o limite máximo de resíduos (LMR) e o intervalo de segurança de cada ingrediente ativo de agrotóxico para cada cultura agrícola (ANVISA, 2008).

No Brasil ainda foram estabelecidos os limites máximos de resíduos de carbofurano tanto para água potável como para proteção de vida aquática. As normas internacionais já mostram maior preocupação em relação ao carbofurano e os efeitos que este pode causar na saúde humana e no meio ambiente (SANTOS, 2007).

A Organização Mundial de Saúde estabelece um limite máximo de carbofurano de 7µg/L como padrão para água destinada ao consumo humano (WHO, 1998). De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, os padrões de água potável permitem um nível máximo de carbofurano de 40 µg/L (USEPA, 2008). No Canadá, o padrão de potabilidade de água tolera concentração máxima de carbofurano de 90 µg/L (HEALTH CANADA, 2008, apud LENZI, 2009). Por fim, os países europeus limitam todo e qualquer princípio ativo em 0,1 µg/L, sendo que a soma total de agrotóxicos na água não deve ultrapassar a 0,5 µg/L (SANTOS, 2007).

3.1.4. Risco à saúde

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS). As avaliações dos riscos atribuem 90% da exposição à alimentação, 9,5% à água e uma parte menor ao ar (CPP, 2002). A exposição do homem aos agrotóxicos ocorre por três tipos de vias: oral, respiratória e cutânea.

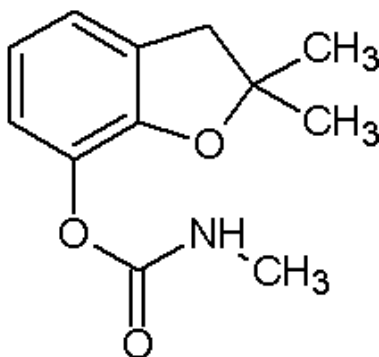
As intoxicações crônicas constituem um grande fator de risco sanitário,

um risco a longo termo, difícil de estimar, pois está ligada ao consumo de pequenas doses e a diferentes agrotóxicos. De forma geral, a exposição crônica de inúmeros agrotóxicos é apontada como a causadora de certos cânceres, como leucemia e tumor no cérebro. Também provoca abortos, esterilidade, infertilidade masculina, má formação congênita do aparelho genital masculino, entre outros, além de perturbação do sistema nervoso e do comportamento, como mal de Alzheimer, Parkinson e Esclerose Lateral Amiotrófica. Certos agrotóxicos provocam também a diminuição do humor e representam um fator de risco de suicídios (PROSAB 5 Tema 1, 2009).

3.1.5. Carbofurano

3.1.5.1. Propriedades físico químicas

O carbofurano é um carbamato, ou seja, é um composto orgânico derivado do ácido carbâmico (NH_2COOH). Classificado pela ANVISA como um inseticida extremamente tóxico, classe I. Conhecido pelo nome químico de 2,3-dihidro-2,2-dimetil-benzofurano-7-yl-metil carbamato de acordo com a IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). O seu número de registro na CAS (Chemistry American Society) é 1563-66-2. Possui uma massa molar de 221,25 g/mol, com aparência branca e cristalina. Sua densidade é de 1,18 g/cm³, derretendo na temperatura de 151° C e entrando em ebulição em 313,3° C, sua solubilidade na água é de 320 mg/L aos 25° C. Sua forma molecular $\text{C}_{12}\text{H}_{15}\text{NO}_3$ está representado na Figura 3.1.



Fonte: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Karbofuran>

Figura 3.1 - Forma Molecular Carbofurano

Apresenta constante da Lei de Henry de $3,9 \times 10^{-9}$ atm.m³/mol e pressão de vapor $8,3 \times 10^{-6}$ mmHg (25° C), ou seja, por tratarem de valores

baixos possui pouca capacidade de volatilizar água ou solo úmido para o ar. Baixas concentrações de carbofurano foram encontrados quando os amostradores foram colocados a uma distância de 20 jardas da extremidade do campo de agricultura em Imperial County, Califórnia. As concentrações medidas variaram de 0,03 até 0,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ foram observadas depois de 44 horas de períodos de amostragem com uma aplicação de 44% de princípio ativo do ingrediente carbofurano (Shibamoto *et al.*, 1993, apud DPR 2002)

Em meio, aquoso a taxa de hidrólise do carbofurano aumenta consideravelmente com o aumento do pH. Um estudo de laboratório mostra que 80-95% do carbofurano inicial foi consumido em pH 3 depois de 1, 3 e 6 horas (25° C). Em contraste, em pH 10 que 65% da quantidade original foi medida após 1 hora, 35% após 3 horas e 10% após 6 horas (Bailey *et al.*, 1996 apud DPR, 2002). A fotólise efetua uma degradação muito pequena do carbofurano.

Seiber *et al.* (1978) mostram que a hidrólise do carbofurano foi maior do que 700 vezes no pH 10, em relação ao pH 7. O período de meia-vida foi de 1,2 horas e 864 horas, respectivamente. Os dados foram obtidos usando água de arrozal com formulação granular do carbofurano. A hidrólise se mostrou muito mais rápida em água natural do arrozal em relação a água deionizada. A meia-vida em pH 7 foi de 240 horas na água do arrozal e 864 horas na água deionizada, em pH 8,7 foi de 13,9 horas na água do arrozal e 19,4 horas na água deionizada. De modo geral, a meia-vida em laboratório em água de arrozal foi de 40 horas em pH 8. Este valor confere com o valor médio de 57 horas medido em campo no mesmo pH, desprezando variações como luz solar, pH, temperatura e degradação microbiana (Seiber *et al.* 1978, apud DPR, 2002).

O carbofurano mostrou-se relativamente persistente no solo, especialmente os secos, ácidos e de baixa temperatura (Ahmad *et al.*, 1979; Carto *et al.*, 1973; Fuhremann & Lichtenstein, 1980; Gorder *et al.*, 1982; Greenhangh 1981; Ou *et al.*, 1982 citados por Montgomery, 1997, apud DPR 2002).

3.1.5.2. Aplicação

Este pesticida é aplicado em forma granular ou por aerossol sendo principalmente utilizado nas lavoura de alfafa, algodão, uva, arroz, soja, batata milho e cebola.

Devido aos seus riscos foi proibido na União Européia e no Canada. No Estados Unidos da América onde encontra-se em processo de cancelamento, foi proibido a comercialização de alimentos com resíduos de carbofurano pela EPA (U.S. Environmental Protection Agency).

3.1.5.3. Risco à saúde

O carbofurano atua como inibidor das colinesterases. Além dos riscos cumulativos, já citados, os sintomas que a contaminação aguda direta causa são os seguintes:

Tabela 3.3 - Sintomas de Intoxicação por Carbofurano

Intoxicação Aguda por Carbamatos	
Primeiramente	Depois
Suor abundante	Pupilas contraídas-miose
Salivação intensa	Vômitos
Lacrimejamento	Dificuldade respiratória
Fraqueza	Colapso
Tontura	Tremores musculares
Dores e cólicas abdominais	Convulsões
Visão turva ou embaçada	

Além das medidas gerais, utiliza-se o sulfato de atropina como sintomático no tratamento das intoxicações por inseticidas inibidores das colinesterases (OPAS, 1996).

3.2. Flúor

3.2.1. Histórico

As propriedades do flúor foram descobertas a partir de investigações sobre o seu efeito tóxico no esmalte dentário em desenvolvimento, resultante de sua ingestão. A constatação da fluorose dentária, precedeu a adoção da fluoretação da água de abastecimento público como medida benéfica à saúde (THYLSTRUP, 1990, apud PEREIRA 2001).

EAGER (1901), médico da marinha norte-americana, verificou em Nápoles, na Itália, modificações no esmalte dentário em moradores de uma região geograficamente rica em vulcões, onde a água de consumo apresentava alta concentração de húmus vulcânico. A população apresentava afecções endêmicas que se caracterizavam por manchas escuras no esmalte dentário, descritas como alteração dentária na região como “dente de chiaie”. Estas já haviam sido observadas por MORICHINI (Chiaie), também na Itália, em 1803, o que resultou a denominação de “*denti de Chiaie*” (EAGER, 1902, apud PEREIRA, 2001).

Por volta de 1911, MCKAY, observou que era relativamente freqüente a ocorrência de um determinado grau de opacidade no esmalte dentário entre os moradores de Colorado Springs, nos Estados Unidos da América. Esta alteração dentária era localmente denominada de “Mancha Amarronzada do Colorado”. Apesar de ser alta e prevalência da mancha nos dentes dos moradores, verificou-se também, que ocorria apenas entre os nascidos ou aqueles que se mudaram para o local ainda bebês (BURT; FEJERSKOV, 1996, apud RAMIRES, 2003).

MCKAY e BLACK, em 1916, não conseguiram estabelecer correlação entre a ocorrência das manchas dentárias com a idade, sexo ou raça, doenças infecciosas ou fatores socioeconômicos e nutricionais da população local. Entretanto, estabeleceram uma relação direta entre o defeito estrutural do esmalte e a presença de alguma substância na água de abastecimento público. Ao ser constatado que a população residente na área urbana, abastecida pela água de Colorado Springs, desde bebês, ou seja, desde o período de formação dentária, apresentava manchas no esmalte e os moradores da área rural não estabeleceram a relação com a água. Outra constatação importante foi que as crianças desta área apresentavam uma menor prevalência de cárie (MCKAY; BLACK, 1916; apud RAMIRES, 2003).

Em 1931, PETREY descobriu, acidentalmente que a água utilizada em Brauxite, uma das cidades americanas em que o esmalte mosqueado tornou-se endêmico, possuía 13,7 mg F/L. Assim, foram sendo reunidos os dados sobre a presença de flúor na água e foi se tornando claro que o grau de severidade das manchas dentária era proporcional à maior quantidade de fluoreto na água, e a afecção do esmalte mosqueado passou a ser chamada de fluorose. Paralelamente a isto, também foi observado que a fluorose ocorria durante o período de calcificação dos dentes (MCKAY, 1928 apud RAMIRES, 2003).

O estudos mais importante em relação ao flúor foi realizado por DEAN, a partir de 1942, desenvolveu o “Estudo das 21 Cidades”, que procurou estabelecer a concentração de flúor na água que provocava o manchamento dentário, ao mesmo tempo em que se buscou descobrir as concentrações capazes de uma ação preventiva e eficaz na redução da cárie dentária. Para tanto, foi analisada a experiência da cárie em crianças de 12 a 14 anos de idade, nascidas e residentes em 21 cidade de quatro estados com diferentes concentrações de flúor na água de abastecimento, variando de 0,1 a 2,5 mg/L. Os resultados mostraram que numa contração de 0,6 mg F/L a redução de cárie dentária era de 50%, quando comparados com os observados onde a concentração de flúor era de 0,2 mg/L . Também foi observado uma redução de 60% em concentrações de 1,2 mg F/L, e uma

redução ainda maior em locais com 1,8 mg F/L. No entanto, era acompanhada por um nível inaceitável de fluorose, reforçando a tese da possibilidade do controle da carie por meio da fluoretação controlada, com níveis adequados de flúor na água de abastecimento (BURT; FEJERSKOV, 1996; KOZLOWSKI apud PEREIRA, 2001). Após um série de estudos, com base no estudo de DEAN, em diversas cidades americanas ficou comprovado a eficácia da prevenção da cárie por meio da fluoretação por volta de 1 mg F/L da água de abastecimento, com um nível de fluorose aceitável.

A Organização Mundial da Saúde, em 1958, reconheceu a importância da fluoretação e instituiu Comitê de Peritos em fluoretação da água, que em seu primeiro relatório deu parecer favorável à fluoretação indicando-a como uma medida de saúde pública. O mesmo Comitê sugeriu que pesquisas de outros métodos e veículos de aplicação tópica de flúor fossem desenvolvidas, a fim de permitir o uso do composto em locais onde a fluoretação não pudesse ser implantada. Durante a 22^a Assembléia Mundial de Saúde, em 1996, a mesma recomendação foi feita aos Estados Membros (VIEGAS et al., 1987).

Assim, em 1962, o Serviço de Saúde Pública dos EUA estabeleceu limites para a adição de flúor nas diversas zonas climáticas da América do Norte, que foram consideradas determinantes para graduar as concentrações em função da temperatura média anual (18°C = 1,2 mg F/L; 19-26°C = 0,9 mg F/L; 27°C ou mais = 0,7 mg F/L). Este limites também foram adotados na América Central e do Sul como base para determinar as concentrações de flúor na água.

O *Public Health Service Drinking Water Standards* dos Estados Unidos recomenda níveis ótimos de flúor de 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2 mg F/L para temperatura média anuais, em °C, de 26,3 a 32,5; 21,5 a 26,2; 17,8 a 21,4; 14,7 a 17,7; 12,2 a 14,6, e 10,0 a 12,1; respectivamente (MURRAY, 1992)

3.2.2. Legislação

O Brasil foi um dos primeiros países da América Latina a estabelecer a fluoretação da água. Desde 1974, o Ministério da Saúde está autorizado a estabelecer normas e critério nacionais sobre a fluoretação, tendo em conta o conteúdo natural de fluoretos da água potável, o estado de saúde buco-dental da população, entre outros aspectos (MURRAY, 1992).

A partir de 1974, a fluoretação da água de abastecimento público passa a ser obrigatória no Brasil, onde existe Estação de Tratamento de Água (ETA), e é regulamentada por meio de legislação. A Lei Federal de número 6.050, de 24 de maio de 1975, dispõe sobre a fluoretação da água em

sistemas públicos de abastecimento, sendo devidamente regulamentada pelo Decreto Federal de número 76.872, d 22 de dezembro de 1975, que dispõe sobre a obrigatoriedade da fluoretação, estabelecendo que “os projetos destinados à construção ou ampliação de sistemas publico de abastecimento de água, onde haja estação de tratamento, devem incluir previsões e planos relativos à fluoretação da água” (BRASIL, 1974; BRASIL, 1975). Por sua vez, a operacionalização da medida tem seus padrões definidos pela Portaria do Ministério da Saúde número 635/BSB, de 26 de dezembro de 1975, que aprova e determina normas e padrões a serem seguidos, desde a concentração de íon flúor a ser utilizado, de acordo com as médias das temperatura máximas anuais de cada região, até os compostos recomendados, para a correta implementação da fluoretação das águas de abastecimento (BRASIL, 1975). Esta portaria dispõe entre outros itens sobre a concentração de íon fluoreto que representa a relação estabelecida entre a massa de íon fluoreto dissolvido na água e a massa da solução, normalmente expressa em partes por milhão (ppm) que representa miligramas de íon de flúor por quilograma de solução. Para um melhor entendimento desta norma admite-se que 1 litro de água, pesa 1 quilograma; portanto $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/litro}$ (BRASIL, 1975).

A mais recente legislação relativa à água de abastecimento dispõe que, são pertinentes à Portaria do Ministério da Saúde número 518, de 25 de março de 2004, sendo o valor máximo de fluoreto na água potável de 1,5 mg/L e Decreto número 79.367, de 9 de março de 2004, os procedimentos e as responsabilidades relativas ao controle e à vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2004).

3.2.3. Risco à saúde

Apesar dos resultados positivos na saúde publica, o flúor é uma substância tóxica e pode causar efeitos colaterais quando ingeridos grandes doses, ou mesmo, em baixas doses cronicamente. Este efeitos podem desencadear problemas gástricos reversíveis e redução temporária da capacidade urinária, fluorose dentária ou esquelética e, eventualmente, até mesmo a morte, uma vez que, estão diretamente relacionados à dose, tempo de ingestão e idade.

A dose que causa intoxicação aguda é denominada “dose tóxica provável (DTP) e é definida pela dose mínima necessário para provocar sintomas de intoxicação, ou até a morte, e que necessita de intervenção hospitalar ou terapêutica. A DTP do flúor é de aproximadamente 5 mg/ kg de peso corporal. A dose certamente letal (DCL), está entre 32 e 64 m F/kg de peso corporal (VIEGAS, 1987; WHITFORD, 1979; BUZALAF, 2003).

A fluorose se trata do efeito mais comum sobre a saúde pública, um efeito crônico da ingestão de doses superiores a recomendada, e estão ligados com sua capacidade de atuação tanto sobre os ameloblastos como sobre o estagio de maturação da formação do esmalte (ASSIS *et al.*, 1999). Tratando-se de um distúrbio sistêmico, que ocorre durante o desenvolvimento do dente, sempre há simetria no grau de fluorose entre os dentes homólogos afetados. Nem todos os dentes são acometidos por fluorose dentária, e o grau de fluorose é diferente de um grupo de dentes para outro. Esta constatação ressalta a importância da idade da população examinada, garantindo a verificação do real índice de ocorrência de fluorose.

A ocorrência e a gravidade da fluorose dentaria podem variar entre os diferentes indivíduos e populações, devido à influencia de fatores ambientais e fisiológicos, bem como à maior exposição e disponibilidade a diferentes fontes de ingestão de flúor. Este fatores, mesmo em comunidades onde a água de abastecimento publico não é fluoretada, podem resultar em concentrações aumentadas de flúor nos fluidos corporais e alterações nas manifestações aos efeitos tóxicos do flúor em tecido mineralizados com respostas individuais. Entretanto, há uma relação direta entre o aumento de quantidade de flúor ingerido por um indivíduo e a subsequente incidência e gravidade da fluorose (FEJERSKOV; THYLSTRUP, 1994; WHITFORD, 1994; DO CARMO *et al.*, 1995;BAELUM; RICHARDS, 1996; BUZALAF, CURY; WHITIFORD, 2001). Tendo caráter dose-dependente, o aspecto clinico da fluorose está diretamente relacionado à interação das concentrações de flúor no plasma e o tempo (idade da criança e duração da exposição), podendo variar desde linhas brancas finas até um esmalte opaco e de aspecto calcário, que pode se fraturar após a erupção e/ou se pigmentar. A quantidade de ingestão diária de flúor, normalmente aceita como ideal para a prevenção da cárie e segura para a de fluorose, é de 0,05 a 0,07 mg F/kg de massa corporal (BURT, 1992; BUZALAF; CURY; WHITIFORD, 2001). A partir de 6 meses de idade, inicia-se o processo de erupção dos primeiro dentes da criança. Uma vez que a fluorose é um distúrbio na formação do dente, em decorrência da ingestão excessiva de flúor durante o seu período de desenvolvimento, a prevenção deve se concentrar em crianças com menos de 6 anos de idade (THYLSTRUP; FEJERSKOV, 1978; ANGMAR-MÂNSSON; WHITFORD, 1990; BURT, 1992; LEWIS; BANTING, 1994; FEJERSKOV; HOROWITZ, 1996; ASSIS *et al.*). EVANS e DARVELL(1995), sugeriram que o período de risco para a fluorose dos incisivos centrais superiores compreende-se entre 15 e 24 meses para os meninos e, entre 21 e 30 meses para as meninas. Recentemente questionou-se este período para os incisivos centrais superiores (BARDBSEN, 1999). Em

geral, os dentes posteriores são os mais afetados em regiões com alta concentração de flúor, enquanto que em regiões com baixa concentração de flúor, os pré-molares e os segundo molares são os mais afetados (THYLSTRUP; FEJERSKOV, 1978).

3.2.4. Fluoreto Natural em Corpos da Água

O flúor é o mais eletronegativo de todos os elementos químicos, tão reativo que nunca é encontrado em sua forma elementar na natureza, sendo normalmente encontrado na sua forma combinada como fluoreto. Para que haja disponibilidade de fluoreto livre, ou seja, disponível biologicamente, são necessárias condições ideais de solo, presença de outros minerais ou outros componentes químicos e água.

Traços de fluoreto são normalmente encontrados em águas naturais e concentrações elevadas geralmente estão associadas com fontes subterrâneas. Em locais onde existem minerais ricos em flúor, tais como próximos a montanhas altas ou áreas com depósitos geológicos de origem marinha, concentrações de até 10 mg/L ou mais são encontradas. A maior concentração de flúor registrada em águas naturais é de 2.800 mg/L, no Quênia. Na Tabela 3.4 são apresentadas concentrações de fluoreto em águas subterrâneas do estado de São Paulo.

Tabela 3.4 - Concentração de Fluoreto por Poço

Município	Número do Poço	F⁻ (mg/L)
Riolândia	6/03	8,20
Santa Albertina	13/14	4,40
Barretos	58/21	2,50
Coroados	91/11	5,00
Itápolis	140/05	2,20
Santo Expedito	153/04	4,40
Queiroz	158/07	4,40
Arealva	163/07	3,00
Presidente Prudente	177/82	11,60
Presidente Prudente	177/82	10,50
Presidente Prudente	177/82	13,30
Presidente Prudente	177/82	9,80
Leme	193/02	7,10
Leme	193/16	3,50

Município	Número do Poço	F⁻ (mg/L)
Teodoro Sampaio	200/06	9,20
Rio Claro	247/07	6,60
Rio Claro	218/04	2,10
Araras	220/22	2,68
Piracicaba	246/10	3,60
Piracicaba	247/21	4,90
Cosmópolis	249/11	5,60
Jaguariúna	249/36	6,40
Anhembi	273/03	10,40
Conchas	274/05	8,57
Campinas	277/60	3,90
Bofete	297/06	17,60
Pereiras	298/02	8,00
Pereiras	298/02	3,20
Pereiras	298/12	5,14
Pereiras	298/13	6,80
Campo Limpo	302/278	2,50
Taubaté	307/01	2,50
São Paulo	343/2541	8,90
São Paulo	343/3046	4,40
São Paulo	343/2659	2,60
Carapicuíba	342/921	2,10
Cubatão	363/10	2,20
Colômbia	371/03	2,40

Fonte: BERENHAUSER, 2001

Nos rios, represas, lagos e lagoas que são utilizados como fonte de água bruta abastecimento público, não são encontradas quantidades significativas de fluoreto para atender às exigências em termos de saúde pública e, portanto, é necessário adicionar, no final do processo de tratamento da água, quantidade suficiente para suprir esta deficiência.

3.3. Osmose inversa

3.3.1. Histórico

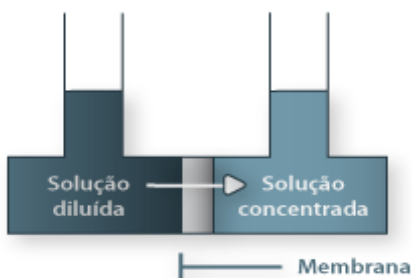
A potencialidade das membranas em separar solutos da água é conhecida há muito tempo. Pfeffer, Traube e outros pesquisadores estudaram

o fenômeno osmótico com membranas de cerâmica desde 1850. Em 1931, o processo foi patenteado como um método de dessalinização da água, porém a descoberta, que fez da osmose inversa um processo prático, foi o desenvolvimento de membranas anisotrópicas de acetato de celulose por Loeb e Sourirajan (BAKER, 2004, apud BANDEIRA, L.F.M., 2007). Com estas membranas, que permitem um maior fluxo permeado e alta seletividade, a dessalinização de água por osmose inversa tornou-se um processo de grande interesse prático e em poucos anos algumas plantas de demonstração foram instaladas nos EUA (BAKER, 2004, apud BANDEIRA, L.F.M., 2007).

A partir do início da década de 1970, em adição aos processos clássicos de separação como destilação, filtração, absorção, troca iônica, centrifugação, extração por solvente, cristalização e outros, surge uma nova classe de processos que utiliza membranas sintéticas como barreira seletiva. As membranas sintéticas surgem como uma tentativa de se imitar membranas naturais, em particular quanto as suas características únicas de seletividade e permeabilidade (HABERT *et al.*, 2006, , apud BANDEIRA, L.F.M., 2007).

3.3.2. Definição

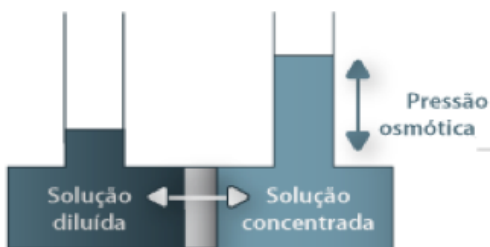
Para entendermos a osmose inversa, primeiramente precisamos compreender a osmose. A osmose é um fenômeno físico, onde temos dois meios com concentrações diferentes de um soluto em água, estes meios separados por uma membrana semipermeável, ou seja, só passa a água. Neste fenômeno o solvente, no caso à água, vai para o meio de hipertônica, ou solução concentrada, saindo do meio hipotônico ou solução diluída. Este fenômeno está demonstrada graficamente na Figura 3.2.



Fonte: <http://labvirtual.eq.uc.pt/>

Figura 3.2 - Osmose

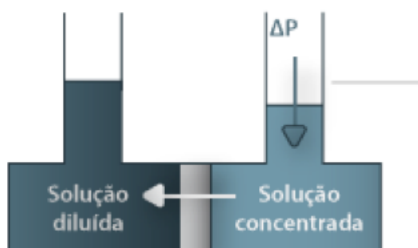
Com a passagem do solvente para a solução mais concentrada até que se atinja um equilíbrio, mesma concentração do soluto, nos dois meios gera um desnível de água chamado de pressão osmótica.



Fonte: <http://labvirtual.eq.uc.pt/>

Figura 3.3 - Osmose Inversa

Por sua vez a osmose inversa, tem o fluxo do solvente invertido. É aplicada uma pressão do lado mais concentrado, forçando a água através da membrana semipermeável para o lado menos concentrado.



Fonte: <http://labvirtual.eq.uc.pt/>

Figura 3.4 - Pressão Osmótica

3.3.3. Aplicabilidade

O tratamento via membranas, como a osmose inversa, possui um gama enorme de aplicabilidade, desde produção de água até a indústria nuclear, como podemos verificar na Tabela 3.5:

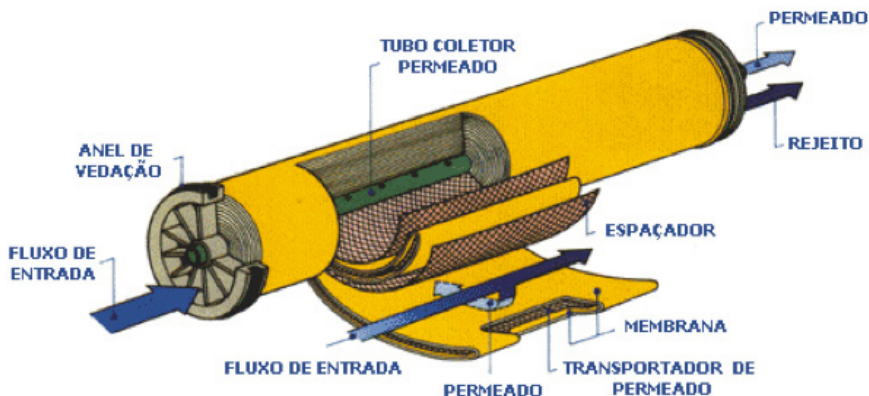
Tabela 3.5 - Aplicações de Membranas

Atividade	Aplicação
Produção de água	Dessalinização de água do mar e água salobra, desmineralização de água para caldeira, água ultrapura, pré-tratamento de água industrial, etc.
Indústria de alimentos	Concentração e clarificação de sucos de frutas, recuperação de aroma, fragrâncias, pectina e proteínas, concentração de leite e de soro de queijo, recuperação de produtos e insumos, etc.
Indústria farmacêutica e médica de uso laboratorial	Recuperação de produtos da fermentação, estudos bioquímicos e genéticos, fabricação de medicamentos, análises químicas, preparação de meios de cultivos de tecidos, produção de água pura esterilizada, biorreator a membrana, etc.
Indústria de biotecnologia	Separação, concentração e produção de aminoácidos, recuperação de enzimas, produção de antibióticos, etc.
Uso hospitalar	Soros para diálise, soluções farmacêuticas, alimentação de autoclaves, limpeza e lavagem de frascos, etc.
Recuperação de substâncias	Processamento de soja, pescado e amido, recuperação de açúcares, metais, tintas e xilose, e tratamento de efluentes de usinas de álcool, etc.
Separação óleo/água	Tratamento de águas residuais: da indústria petroquímica, do processamento de petróleo, do processamento de gorduras vegetais e animais emulsificadas, etc.
Indústria do açúcar	Pré-concentração do caldo de cana limpo e descoloração do açúcar.

Catálise homogênea	Separação de produtos de reação
Purificação de metais preciosos	Separação de ouro e de prata após o tratamento com cianeto de alguns complexos que contêm traços destes metais
Indústria automobilística	Reuso de água e recuperação de produtos químicos
Tratamento de esgoto	Desnitrificação, desfosforização e dessalinização de esgotos para recuperação e reciclo.
Processamento / tingimento de têxteis	Recuperação de corantes, agentes de superfície e auxiliares das águas residuais.
Indústria do couro	Tratamento de efluentes aquosos
Indústria de papel e celulose	Recuperação de lignina
Indústria eletrônica	Produção de água ultra-pura para a fabricação de condutores e para lavagem de microcircuitos.
Indústria nuclear	Despejo de águas radioativas

Fonte: CARVALHO, 2005

O tipo mais utilizado para tratamento de água é o de fluxo transversal da água desta forma favorecendo a autolimpeza. As membranas são disposta em varias camadas, formando um tubo, separadas por espaçadores que conduzem a água, cada membrana é recheada por um transportador de permeado e no centro deste tubo encontra-se o tubo coletor de permeado. Como podemos observar na Figura 3.5.



Fonte: <http://www.waterworlds.com.br/>

Figura 3.5 - Membrana Fluxo Transversal

3.3.4. Tipos de Membranas utilizadas

A membrana utilizada na osmose inversa não possui um único método e materiais utilizados na sua fabricação. As membranas mais comumente encontradas são os seguintes tipos:

- Acetato de Celulose;
- Poliamidas Aromáticas-Aramidas;
- Poliamidas Hidrazidas: indicada para dessalinização de águas muito concentradas;
- Poliamida de composição avançada;
- Polissulfonas – polisulfonadas.

4. Metodologia

A pesquisa foi elaborada no Laboratório de Potabilização de Águas (LAPOA), na unidade de análise de água na lagoa do Peri e no laboratório integrado de meio ambiente (LIMA), todos integrantes do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Devido a problemas no equipamento disponível para análise do carbofurano, o cromatógrafo líquido de alta eficiência, apresentou problemas não sendo possível efetuar análises no mesmo. Portanto, apenas foi estudado a metodologia para análise do carbofurano com base na bibliografia.

A metodologia adotada segue o fluxograma(Figura 4.1), que será explicada na sequência.

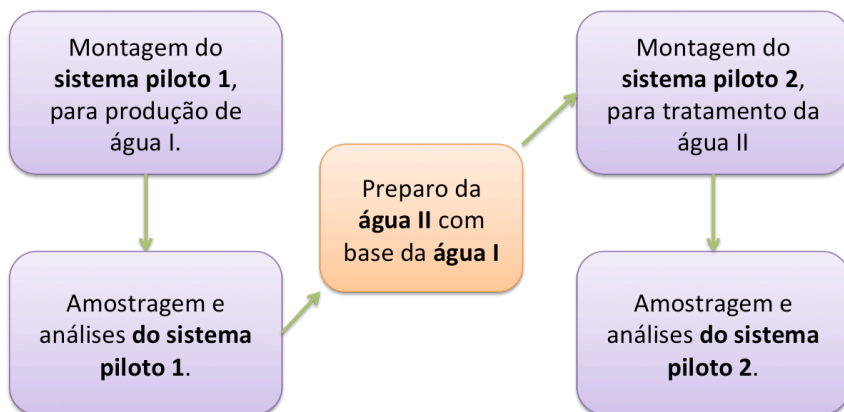


Figura 4.1 - Metodologia

4.1. Produção da água I

A produção de água I, ou ultrapura, se deu através do tratamento da água da rede municipal de abastecimento público, através do piloto 1 que se pode verificar seu fluxograma na Figura 5.7.

A água bruta utilizada foi a da CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) que foi analisada nos parâmetros de pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, absorvância e cor aparente, assim como as amostras realizadas após o filtro de areia, após o filtro de 5 µm, após o filtro de carvão ativado e da água tratada. Com estes parâmetros podemos analisar a variação ao longo das etapas da matéria orgânica através da absorvância a 254nm, a retenção de sólidos através da condutividade e STD e variação do pH.

Em relações a controles operacionais, as pressões eram medidas por manômetros encontrados na saída do rejeito da membrana de osmose inversa, na entrada e saída do filtro de 5 µm e carvão ativado. Foram tomadas precauções para que nas etapas anteriores a osmose inversa a pressão não ultrapasse 70 psi. Para regular a pressão de operação da membrana de osmose inversa foi colocado registro na saída do rejeito para ajuste adequado da pressão.

4.2. Amostragem e análises do sistema piloto 1

Todas amostras de água foram coletadas em embalagens PET com volume de 500 mL, previamente lavadas com água destilada. Durante cada coleta o frasco é preenchido completamente, sendo esta primeira coleta descartada, então a segunda coleta será a definitiva, após coleta o frasco é tampado e etiquetado. Durante a produção da água pura no sistema piloto foram coletadas amostras intermediária após o filtro de areia, após o filtro de 5 µm, após o filtro de carvão ativado, além da água bruta e tratada.

As amostras da água pura foram coletadas após 6 horas de operação do sistema. As amostras das demais etapas do tratamento foram coletadas após a coleta da água pura, apenas sendo desligado para alteração da sua tubulação tornando possível a coleta em pontos intermediários do piloto.

Nestas amostras foram analisados os parâmetros de pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, cor aparente e absorbância. Também foram coletadas amostras apenas do permeado e do rejeito, após operar o sistema nas pressões de 90 até 150 psi aumentado de 10 em 10 psi para analisar a eficiência da membrana em função da pressão de operação, estas coletas foram feitas nas duas configurações da membrana de osmose inversa.

Todos esses parâmetros foram analisados no Laboratório de Potabilização da Água (LAPOA). Seguindo as recomendações de temperatura de preservação e o prazo para execução da análise, nos equipamentos da Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Equipamentos Utilizados para Análise

Parâmetro	Unidade	Equipamento
pH	-	Medidor Multi-Parâmetros HACH HQ40d
Condutividade de	µS / cm	Medidor Multi-Parâmetros HACH HQ40d; Condutivimetro SPRITE Ind 6000
Turbidez	uT	Espectrofotômetro HACH DR-2800
STD	mg/L	Medidor Multi-Parâmetros HACH HQ40d; Condutivimetro SPRITE Ind 6000
Cor Aparente	uH	Espectrofotômetro HACH DR-2800
Absorbância 254 nm	-	Espectrofotômetro Varian Cary 1-E

4.3. Preparação da água II

A água II, ou de estudo, foi preparada primeiramente coletando 15 L de água I do sistema piloto 1. Para a produção da água II a água I foi fortificada com flúor, foi escolhido o fluossilicato de sódio, devido a disponibilidade junto a estação de tratamento de água da lagoa do Peri, o mesmo foi cedido para CASAN. A concentração da água II definida foi de 10 mg F/L, pois apresenta uma boa representatividade em relação as águas encontradas em poços no Brasil, segundo Tabela 3.4. Segue o calculo da massa de fluossilicato de sódio necessário:

Tabela 4.2 - Características do Fluossilicato de Sódio

Compostos ⇒ Características ↓	Fluossilicato de Sódio (Na₂SiF₆)
Forma	pó
Peso Molecular (g)	188,05
% Pureza (comercial)	98,5
% Fluoreto (composto 100% puro)	60,7
Densidade (kg/m ³)	881 - 1153
Solubilidade a 25°C (g/100g H ₂ O)	0,762
pH solução saturada	3,5

Carga de íons de fluoreto necessária = (10 F⁻(mg/L)) x 15 L = 150 F⁻mg,

como o percentual de íons de fluoreto é de 60,7 temos que calcular a massa de fluossilicato de sódio puro necessário para obter esta carga de íons,

massa de fluossilicato de sódio puro = (150 F⁻mg) / 0,607 = 247,1 mg de fluossilicato de sódio puro,

Com um índice de pureza de 98,5%

Massa de fluossilicato de sódio = (247,1 mg) / 0,985 = 250,9 mg de fluossilicato de sódio.

Esta quantidade de 250,9 mg de fluossilicato de sódio será obtida através de uma da balança de precisão, para posterior mistura com a água

previamente tratada. Para análise da água de estudo a mesma deverá ser diluída 10 vezes, devido ao intervalo de leitura do equipamento ser inferior à concentração esperada.

4.4. Ensaio de filtração por osmose inversa

A filtração da água II foi através da mesma membrana previamente utilizada para obtenção da água I. O sistema piloto usado anteriormente foi modificado com a finalidade de apenas utilizar a filtração por osmose inversa. Foram colocados reservatório para coleta do permeado (água tratada). A água II de estudo foi bombeada através da membrana de osmose inversa diretamente como podemos observar na Figura 5.8

O sistema foi operado em 3 pressões diferentes 90 psi, 120 psi e 150 psi, para obtermos resultados sobre quais condições a membrana apresenta maior eficiência em relação a remoção dos micro-contaminantes, através de análises do permeado.

4.5. Amostragem e análises do sistema piloto 2

Foram coletadas amostras do permeado e do rejeito, as primeiras amostras serão coletadas após tratar 5 L em 90 psi da água de estudo e assim fazendo a primeira coleta, a segunda amostragem foi coletada após tratar mais 5 L em 120 psi e a terceira amostragem foi após mais 5 L em 150 psi da água de estudo ter sido tratada. Da água II também foi feita uma coleta antes da operação do sistema. Durante cada coleta o frasco foi preenchido completamente, sendo esta primeira coleta descartada, então a segunda coleta foi a definitiva, após coleta o frasco é tampado e etiquetado. Todas amostras de água foram coletadas em embalagens de água mineral, com volume de 500 mL, previamente lavadas com água destilada.

5. Resultados e Discussão

Os resultados são apresentados levando em consideração as etapas do desenvolvimento dos dois pilotos. Inicialmente apresenta-se a montagem e dos sistemas de tratamento denominados sistema piloto 1 e 2. Em seguida apresenta-se resultados da operação dos dois pilotos no sentido de verificar a eficiência dos dois sistemas de tratamento propostos.

5.1. Desenvolvimento do piloto de produção de água ultrapura

Após de estudos para determinar a melhor sequência de processos para a produção de água ultrapura, no que resultou o fluxograma da Figura 5.7, passamos a montagem das partes do piloto que é descrita a seguir:

Primeiro Processo de Tratamento: a água, proveniente da rede de abastecimento público, chega no reservatório de água bruta que possui uma bóia e sensor para acionamento da bomba apenas quando o reservatório estiver cheio. A água bombeada do reservatório segue para o um filtro de areia (Figura 5.1), com coluna de filtração de 70 cm, para remoção preliminar de turbidez e sólidos suspensos grosseiros.



Figura 5.1 - Filtro de Areia

Segundo Processo de Tratamento: é composto por um filtro de polipropileno (Figura 5.2), com tamanho dos poros de 5 μm , em formato tubular e com 50 cm de comprimento fabricado pela GENERAL ELETRICS (GE Water & Power) modelo Hytrex®.



Figura 5.2 - Filtro de 5 μ m

O meio filtrante fica localizado em um vaso (Figura 5.3), o fluxo tem origem pela parte superior do vaso passando pela lado externo em direção ao centro do meio filtrante. No centro também na parte superior encontra-se a saída da água, tanto na entrada como na saída, possui um manômetro (Figura 5.4) para medir a perda de carga e operar adequadamente o sistema piloto, operado em uma pressão de entrada de 80 psi e de saída de 60 psi.

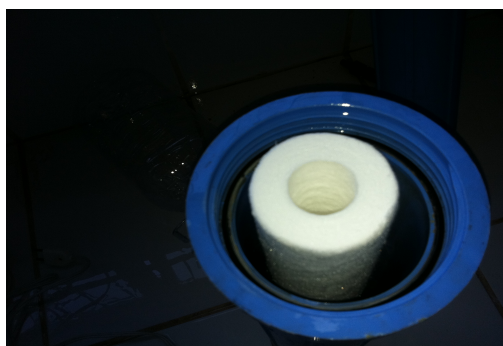


Figura 5.3 - Filtro de 5 μ m Dentro do Vaso



Figura 5.4 - Manômetros

Terceiro Processo de Tratamento: é composta por um filtro de carvão ativado (Figura 5.5), em formato tubular e com 50 cm de comprimento, possui anéis de borracha na parte superior e inferior para evitar a passagem sem passar pelo meio filtrante. Assim como a etapa anterior, o filtro fica localizado no centro de um vaso com entrada da água pela parte superior com fluxo do lado externo para o interno do filtro com saída pela parte central superior do vaso, porém operando com uma pressão de entrada de 60 psi e na saída em 45 psi.

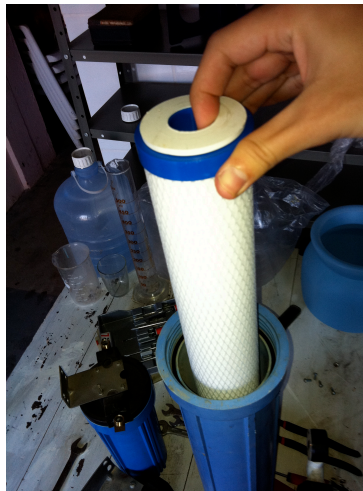


Figura 5.5 - Cartucho de Carvão Ativado

Quarto Processo de Tratamento: é composta por uma filtração, em membrana de osmose inversa de fluxo transversal da *Pure Fill Corporation* e em formato tubular, pressão máxima de operação de 150 psi, 50,0 centímetros de comprimento e com a saída da água tratada na parte superior vedada com um anel de borracha. O vaso onde o meio filtrante é acondicionado é semelhante ao da etapa anterior em dimensões e com o permeado com saída na parte central superior, porém possui um abertura na parte inferior. Foram testadas duas configurações, a primeira e incorreta com a saída do rejeito pela abertura na parte inferior do vaso e entrada pela parte superior lateral, assim como era utilizado nas membranas usadas anteriormente no piloto, sendo operado à uma pressão de 100 psi. Devido aos resultados inadequados a membrana foi operada em pressões de 90 até 150 psi com acréscimo de 10 psi para avaliar a eficiência da mesma, que se mostrou ruim.

A segunda configuração foi invertida colocando a saída no rejeito na parte superior lateral e a entrada da água pela abertura inferior, o permeado foi feita pelo parte central superior, seguindo o fluxo correto indicado na própria membrana. Sendo operado em pressões de 90 até 150 psi com acréscimo de 10 psi para avaliar a eficiência da mesma na remoção de sais em função da pressão, através da medição da condutividade e sólidos totais dissolvidos. Para produção da água I que serviu de base para água II foi operado na pressão de 150 psi.



Figura 5.6 - Membrana de Osmose Inversa

Quinto Processo de Tratamento: nessa etapa do tratamento é feito a desinfecção por lâmpadas ultravioletas, onde a água passa por tubos de

quartzo em um local enclausurado, para evitar o contato humano com a radiação, onde ocorre a desinfecção. Após a água pura segue para o reservatório de água tratada.

Fluxograma final do sistema de tratamento para produção de água ultrapura (piloto 1): após estudo e montagem das partes dos processos de tratamento, o fluxograma do sistema de tratamento resultou conforme a Figura 5.7. Este sistema possui o recurso de recircular a água automaticamente, após ficar um certo período de horas parado, representado pela linha laranja na Figura 5.7, para garantir a qualidade da água.

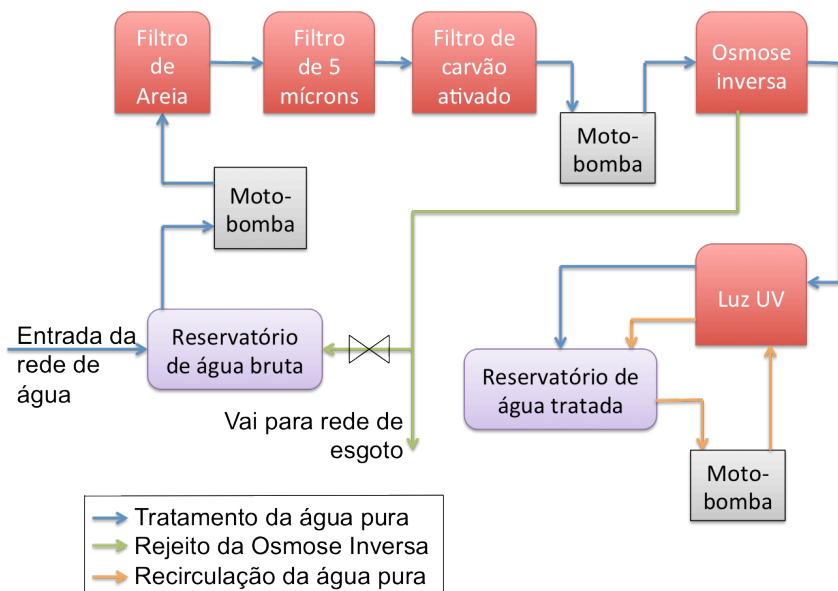


Figura 5.7 - Fluxograma de Produção de Água ultrapura (piloto 1)

5.2. Desenvolvimento do piloto de filtração por osmose inversa para remoção de micro-contaminantes

Levando-se em consideração ao estudo anterior para o desenvolvimento do sistema piloto 1 nos conduziu ao fluxograma da Figura 5.8, para possibilitar a remoção de micro-contaminantes de forma geral assim como especificamente a remoção do flúor.

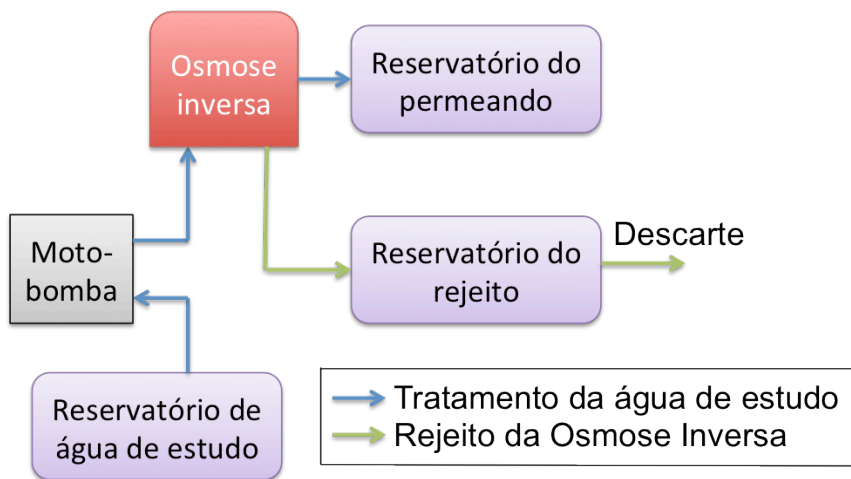


Figura 5.8 - Fluxograma Filtração por Osmose Inversa para remoção de micro-contaminantes (piloto 2)

5.3. Operação do sistema piloto e produção de água pura

Após operação do sistema piloto de produção de água I para ajustes, coletas realizadas e analisadas obtivemos os seguintes resultados:

Tabela 5.1 - Resultado das Coletas Intermediárias

Parâmetro	Un.	água bruta (1)	após filtro de areia (2)	após filtro de 5 µm (3)	após carvão ativado (4)	água pura (5)
pH	-	5,99 (16,4°C)	5,87 (19,4°C)	5,82 (19,2°C)	5,79 (18,6°C)	6,05 (16,7°C)
Condutividade	µS/cm	53,4 (18,0°C)	54,0 (17,8°C)	51,3 (18,2°C)	75,5 (17,1°C)	45,4 (17,5°C)
STD	mg/L	36,33	36,73	34,90	51,36	30,88
Cor Aparente	uH	1	1	0	0	0
Absorbância 254nm	-	0,0183	0,0258	0,0118	0,0161	0,0060

No valor de pH as alterações foram pequenas, sem grande variações assim como na cor que se mostrou praticamente ausente em todas as etapas, fato explicado pelo fato de água bruta ser água da rede municipal de abastecimento de água potável. No parâmetro da condutividade tivemos variações significativas de acordo com a posição da coleta, como podemos observar no Gráfico 5.1.

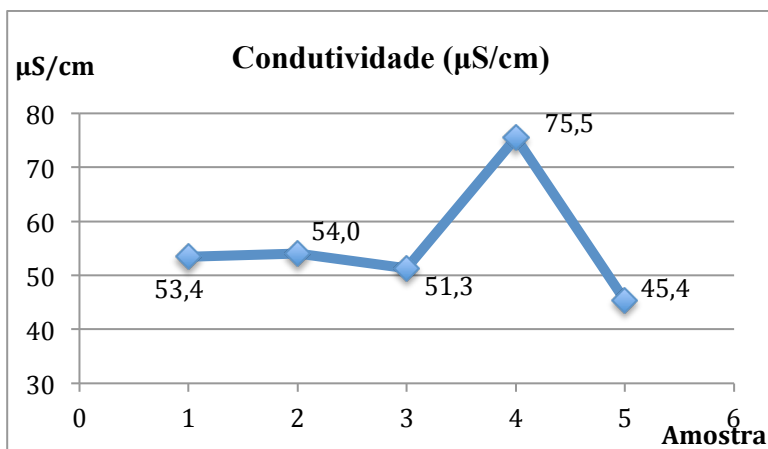


Figura 5.9 - Resultado das Coletas Intermediárias: Condutividade

Durante a filtração pelo filtro de areia e de 5 µm não houve alterações significativas. Porém após o filtro de carvão ativado temos um acréscimo de 47,2% no valor da condutividade, provavelmente, por se tratar um cartucho de carvão ativado novo, assim podendo liberar carbono na água aumentando sua condutividade. Na membrana de osmose inversa houve a maior redução, de 39,9%, devido a retenção de sólidos dissolvidos e sais presentes na água.

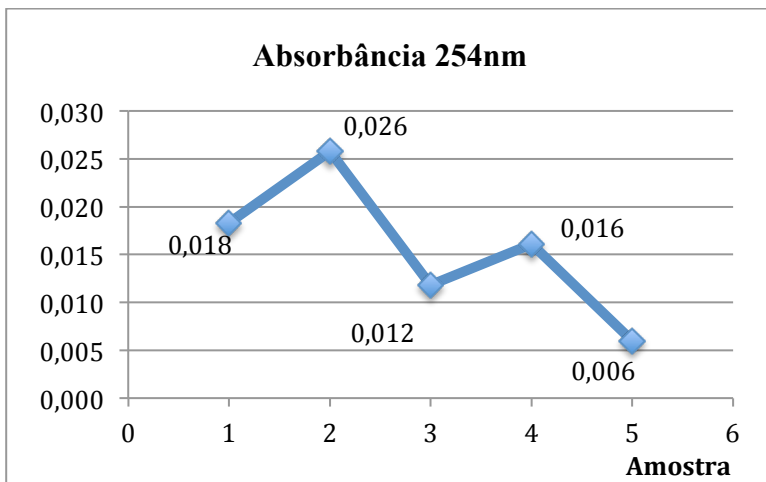


Figura 5.10 - Resultado das Coletas Intermediárias: Absorbância 254nm

Na absorbância à 254 nm, que demonstra a variação da matéria orgânica, tivemos no filtro de areia e no carvão ativado variações não esperadas no filtro de areia. Por se tratar de um filtro usado pode estar contaminado ou colmatado, assim não cumprindo adequadamente sua função ou a erros analíticos. No carvão ativado a variação da absorbância foi menor e assim como na condutividade sua variação se deve acontecer devido ao fato de ser um cartucho de filtro novo podendo liberar carvão alterando a absorbância da água a 254 nm. Após a filtração mecânica na membrana de 5 μm , já tivemos uma grande redução de absorbância onde houve ficou retido matéria orgânica, assim como outros sólidos maiores que passaram pelo filtro de areia. Novamente no filtro de carvão ativado houve alteração no parâmetro medido, provavelmente pelo mesmo motivo anteriormente citado, a liberação de carbono na água por se tratar de um cartucho novo. Na membrana de osmose inversa temos uma redução significativa, resultado de grande retenção de matéria orgânica e no meio filtrante.

Tabela 5.2 - Análises do Permeado e Rejeito em Diferentes Pressões (1)

Pressão	Permeado		Rejeito	
	Condutividade	STD	Condutividade	STD
psi	$\mu\text{S/cm}$	mg/L	$\mu\text{S/cm}$	mg/L
90	32,5	22,1	45,6	30,9
100	31,9	21,7	49,3	33,5

110	31,7	21,5	51,1	34,6
120	30,9	21,1	51,8	35,1
130	30,2	20,5	52,9	35,9
140	29,7	20,1	54,0	36,6
150	29,6	19,6	55,4	37,6

Foram realizados teste com pressões de operação diferente, variando de 90 até 150 psi com acréscimos de 10 psi, na membrana de osmose inversa, para avaliar o efeito do aumento da pressão com a eficiência da membrana. Na tabela abaixo temos um gráfico mostrando a variação da condutividade e dos sólidos totais dissolvidos em função da pressão de operação.

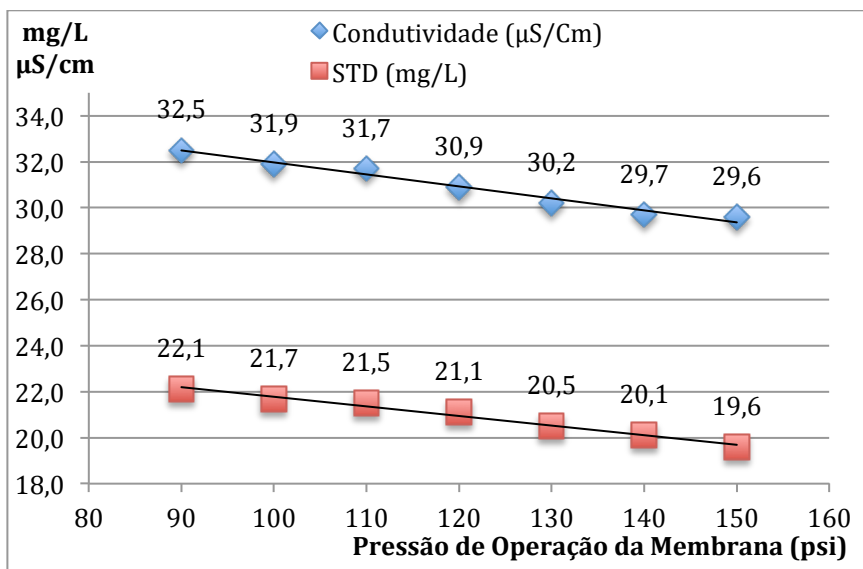


Figura 5.11 - Condutividade e STD em Diferentes Pressões (1)

No Gráfico 5.3 podemos observar pelas linhas de tendência linear, que quanto mais se aproxima da pressão de operação limite de 150 psi da membrana, maior a eficiência da mesma na remoção de sais e sólidos. A vazão de produção de água I medida foi de 5 litros à cada 7,03 minutos, resultando em uma vazão de 0,71 L/min. Este valores de condutividade e STD ficaram acima do esperado, pois além de variar pouco com o aumento da pressão, em teste em outros estudos com membrana a condutividade atingiu valores próximos ou inferiores à 15 µS/cm.

Após pesquisa sobre informações técnicas sobre a membrana de osmose inversa, foi constatado que a primeira configuração utilizada, com entrada da água pela parte superior e saída do rejeito pela inferior, não é adequada para esta membrana. Então após a mudança para entrada da água para parte inferior e saída do rejeito na parte superior, como indicado na própria membrana, foram obtidos os seguintes resultados.

Tabela 5.3 - Análises do Permeado e Rejeito em Diferentes Pressões (2)

Pressão	Permeado		Rejeito	
	Condutividade	STD	Condutividade	STD
psi	$\mu\text{S/cm}$	mg/L	$\mu\text{S/cm}$	mg/L
90	16,7	11,4	49,0	33,2
100	14,5	10,2	52,2	35,4
110	13,9	9,4	52,8	35,8
120	12,5	8,4	53,4	36,2
130	11,9	8,0	53,9	36,6
140	11,5	7,8	55,2	37,5
150	10,9	7,4	56,2	38,1

Após alteração no sentido de entrada do fluxo da água pela membrana de osmose inversa, observamos uma qualidade superior da água em relação à configuração anterior, mesmo quando operado em pressões mais baixas. Para efeito de comparação a água destilada tem a sua condutividade de 0,5 até 3,0 $\mu\text{S/cm}$, a água produzida alcançou 10,9 $\mu\text{S/cm}$. A característica do rejeito se mostrou parecido nas duas configurações do fluxo da água, aumentando a concentração de condutividade e STD com a pressão devido a maior remoção de sais e sólidos dissolvidos.

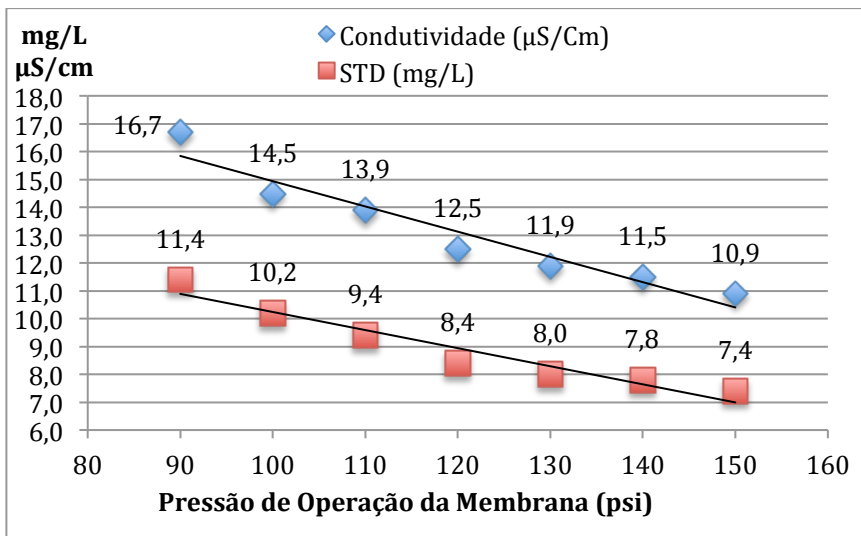


Figura 5.12 - Condutividade e STD em Diferentes Pressões (2)

Portanto esta configuração do sistema foi operado em 150 psi, por produzir uma água de melhor qualidade, para produzir a água I que serviu de base para o preparo da água II. A vazão média medida neste sistema operando a 150 psi foi de 5 litros à cada 10,14 minutos, resultando em uma vazão de 0,49 L/min, inferior à condição anterior, porém com qualidade superior.

5.4. Água II

Para preparo da água II, foi pesado em um balança de precisão o fluossilicato de sódio, e misturado na água pura por agitação. Após análises chegamos nos valores da Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Comparação entre Água Pura e de Estudo

Água I			Água II		
Condutividade	STD	Fluoreto	Condutividade	STD	Fluoreto
μS/cm	mg/L	mg/L	μS/cm	mg/L	mg/L
10,7	7,3	>0,1	72,3	49,2	9,7

A concentração de 9,7 mg/L de fluoreto na água se aproxima as concentrações citadas nas águas naturais de alguns poços , segundo Tabela 5.4, e da estabelecida pela metodologia de 10 mg/L. Com a adição do fluossilicato de sódio, que é um sal e libera íons, observamos um aumento de quase sete vezes na condutividade da água.

5.5. Remoção de micro-contaminantes

A concentração de 9,7 mg/L de fluoreto na água se aproxima as concentrações citadas nas águas naturais de alguns poços , segundo Tabela 5.4, e da estabelecida pela metodologia de 10 mg/L. Com a adição do fluossilicato de sódio, que é um sal e libera íons, observamos um aumento de quase sete vezes na condutividade da água.

Após a operação do piloto, apenas passando pela osmose inversa, com uma pressão na membrana de 90 psi, obtivemos uma concentração de fluoreto no permeado, água tratada, de 1,58 mg/L. Esta concentração está acima do permitido pela legislação, porém caso não seja a única fonte de água utilizada no abastecimento pode ser mistura com outra de concentração menor para se adequar.

Operando com a pressão de 120 psi, a concentração de fluoreto no permeado foi de 0,89 mg/L, com 150 psi, a pressão limite da membrana, a concentração de fluoreto medida foi de 0,47 mg/L.

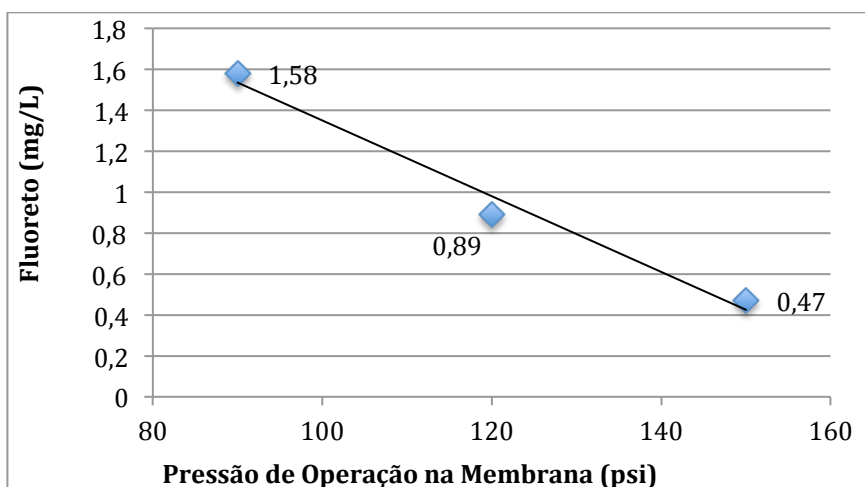


Figura 5.13 – Concentração de Fluoreto em Diferentes Pressões

No Gráfico 5.5 podemos observar a mesma tendência linear, que tivemos na diminuição da condutividade, na remoção de flúor, assim confirmando a tendência de quanto maior a pressão de operação maior a remoção de sais na membrana e maior é a produção em termos de volume de água tratada.

6. Conclusões

O estudo conseguiu cumprir com os objetivos proposto, criando uma metodologia para o estudo de remoção de micro-contaminantes, notadamente o carbofurano e o flúor. O estudo também gerou dois sistemas de tratamento por membrana, o primeiro para produção de água ultrapura associando às membranas a adsorção por carvão ativado e desinfecção por radiação ultravioleta. Os sistemas pilotos foram testados e se mostraram eficientes pois com o aumento da pressão de operação aumentados a produção de água e com condutividade e STD menores enquanto o rejeito diminui a vazão e aumenta a condutividade e STD.

A osmose inversa se mostrou uma alternativa eficiente para remoção de flúor na água de consumo, caso seja associado ao sistema de tratamento convencional, com uma remoção mínima de 84,7% e uma concentração muito próxima ou menor à máxima permitida da legislação. Quando operado à 90 e 150 psi obtivemos uma concentração de fluoreto de 0,89 e 0,47 mg/L respectivamente, assim não sendo necessário filtrar por osmose inversa toda a água necessária para abastecimento, podendo misturar com a água com excesso de flúor até atingir uma concentração limite da legislação. Assim reduzindo custos, pois a osmose inversa é um processo de tratamento caro.

7. Referências Bibliográficas

ALCHERA JR, SEIXAS MEP, MORAES EB, SILVA SJA. Alumina Ativada para desfluoretação de águas. Rev. DAE. 1987; 47(148):59-70. Apud BERENHAUSER, 2001.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA NATURAL. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA. Disponível em:
<http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/residuos/resultados_PARA.pdf>. Acesso em 02 de junho de 2011.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA NATURAL. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/residuos/resultados_PARA.pdf>. Acesso em 28 de março de 2011.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA NATURAL. Carbofurano Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/monografias/c06.pdf>>. Acesso em 29 de março de 2011.

ASCE & AWWA. Water Treatment Plant Design. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 1998.

ASSIS, G.F. et al. Mecanismos biológicos e influência de fatores ambientais na fluorose dentária e a participação do flúor na prevenção da cárie. 1999.

AWWARF. Water Treatment- Membrane Processes. New York: McGraw-Hill; 1996

BAELUM, V. et al. Daily dose of fluoride and dental fluorosis. Tandlaegebalde, v.91, 1987.

BANDEIRA, L.F.M. Remoção de metal pesado de efluentes aquosos através da combinação dos processos de osmose inversa e adsorção. Dissertação Programas De Pós-Graduação De Engenharia Da Universidade Federal Do Rio De Janeiro Como Parte Dos Requisitos Necessários Para A Obtenção Do Grau De Mestre Em Ciências Em Engenharia Química. 2007.

BARDSEN, A. “Risk periods” associated with the development of dental fluorosis on maxillary permanent central incisors. Acta Odontol Scand, v.57, n/5, p.247-56, 1999.

Bailey, H.C., DiGiorgio, C., Kroll, K., Miller, J., Hinton, D.E., and Starrett, G. 1996. Development of Procedures for Identifying Pesticide Toxicity in Ambient Waters: Carbofuran, Diazinon, Chlorpyrifos. Environ Toxicol Chem, 15(6):837-845, apud Department of Pesticide Regulation, Environmental Monitoring Branch. Environmental Fate of Carbofuran.

BERENHAUSER, A.H.T. Remoção de fluoreto de águas para abastecimento público pelo processo de osmose inversa, 2001.

BRASIL. Decreto Federal nº 4.074 de 04 de janeiro de 2002 do Ministério da Saúde. Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. 2002

BRASIL. Decreto Federal nº 76.872 de 22 de dezembro de 1975. Regulamenta lei nº 6.050 de 24 de maio de 1974. Brasília, DF, D.O.U., 1975.

BRASIL. Portaria nº 685/BSB, de 25 de dezembro de 195. Aprova as normas e padrões sobre a fluoretação da água dos sistemas públicos de abastecimento, destinada ao consumo humano. Brasília, DF, D.O.U., 1975.

BRASIL. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde. Estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e das outras providências. 2004.

BRASIL. Lei Federal nº 6.050 de 24 de maio de 1974. Brasília, DF, D.O.U., 1974.

DALSASSO, R. L. Pré-ozonização de águas contendo agrotóxicos, seguida de filtração direta, 1999. 147p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis.

DPR (Department of Pesticide Regulation), Environmental Monitoring Branch. Environmental Fate of Carbofuran, 2002.

CARVALHO, R. B., Desenvolvimento de Membranas de Osmose Inversa e de Nanofiltração Através do Processamento Simultâneo de Duas Soluções 142 Poliméricas, Exame de Qualificação ao Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2003.

DO CARMO, M.D. et al. Localidades com diferentes concentrações de flúor nas águas de consumo e a sua relação com a prevalência de fluorose dentária. *Odontol Mod*, v.22, n.4, p.18-21, 1995.

GICQUEL, L. Curso Agrotóxico. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 43p, 1998. Apud RAMIRES I., 2003.

KOZLOWSKI, F.F.; PEREIRA, A.C. Métodos de utilização de flúor sistêmico. In: PEREIRA, A.C. Odontologia em saúde coletiva. Planejando ações e promovendo saúde. Porto Alegre, Artmed, 2003. Apud RAMIRES I., 2003.

LEAO, J.C. Estudo do movimento do Carbofuran no perfil de um solo agrícola, 1997. 96p. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC.

LENZI, F.; Remoção de Carbofurano via Osmose Reversa, 2009. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC.

MEZZARI, M.P. Determinação do Carbofuran em amostras ambientais e avaliação de seu potencial de bioacumulação em *Poecilia Reticulata* por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE-UV). 2000. 101p. Dissertação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis. Apud RAMIRES I., 2003.

MURRAY, J.J. O uso de fluoretos na saúde pública. São Paulo, OMS/Ed. Santos, 1992. 131p. Apud RAMIRES I., 2003.

NARVAI, P.C. Vigilância Sanitária da fluoretação das águas de abastecimento público no município de São Paulo, Brasil, no período de 190-1999. São Paulo, 2001. Dissertação (Livre-Docente) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. Apud RAMIRES I., 2003.

OPAS. Organização Pan-Americana de Saúde. Manual de Vigilância da saúde de populações expostas a agrotóxicos. Brasília, edição de 2000, 72p, 1996.

ORP. Observatoire des Résidus de Pesticides. Disponível em: <<http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr>>. Acesso em 03 de junho de 2011.

Osmose Inversa. Disponível em: <<http://labvirtual.eq.uc.pt/>>. Acesso em: 13 nov. 2010.

Osmose Inversa. Disponível em: < <http://www.waterworls.com.br/Acesso> em: 13 nov. 2010.

PEREIRA, A.C. et al. Prevalência de cárie e fluorose dentária em escolares de cidades com diferentes concentrações de flúor na água de abastecimento. *Rev Bras Odont Saúde Coletiva*, v.2, n.1, p.34-9, 2001.

PROSAB. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. Sao Carlos: ABES, 2001.

RAMIRES, I. Avaliação da concentração de flúor na água de abastecimento público de Bauru, antes e depois do procedimento de fluoretação. Bauru, 2003.

SANTOS, M.G.S. Determinação de Resíduos de Carbofurano e do Metabólito 3-Hidroxi-Carbofurano em águas de lavouras de arroz irrigado em Santa Catarina, 2007. Dissertacao de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduacao em Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, SC.

STOPPELLI, I. M.B., MAGALHÃES, C. P. Saúde e segurança alimentar: a questão dos agrotóxicos. *Ciência & Saúde Coletiva*, v.10, p.91-100, 2005.

USEPA. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. What is a Pesticide? Disponível em: <<http://www.epa.gov/pesticides/whatis.html>>. Acesso em 14 de junho de 2011.

Wikipedia (Ed.). Carbofurano Fonte: Disponível em: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Karbofuran/>>. Acesso em: 19 mar. 2011.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking – water quality, 2nd ed. Geneva: WHO, 1998.