

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**

**PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
NÍVEL MESTRADO**

**AVALIAÇÃO DO CONSUMO E DAS POTENCIALIDADES DE REÚSO DA
ÁGUA DE PROCESSO EM UMA AGROINDÚSTRIA DE VEGETAIS**

CRISTIANE KREUTZ

**CASCAVEL – Paraná – Brasil
2006**

CRISTIANE KREUTZ

**AVALIAÇÃO DO CONSUMO E DAS POTENCIALIDADES DE REÚSO DA
ÁGUA DE PROCESSO EM UMA AGROINDÚSTRIA DE VEGETAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em **Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente**.

Orientador: Prof. Dr. Ajadir Fazolo

**CASCADEL – Paraná - Brasil
Outubro – 2006**

CRISTIANE KREUTZ

AVALIAÇÃO DO CONSUMO E DAS POTENCIALIDADES DE
REÚSO DA ÁGUA DE PROCESSO EM UMA AGROINDÚSTRIA DE
VEGETAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, **aprovada** pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Ajadir Fazolo
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof^a. Dr^a. Simone Damasceno Gomes
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof. Dr. Silvio César Sampaio
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof^a. Dr^a. Ana Cláudia Barana
Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG

Cascavel, 03 de outubro de 2006

AGRADECIMENTOS

A Deus, por proporcionar-me a realização de mais um sonho.

A toda minha família, em especial aos meus pais Luciano e Olíria e aos meus cinco irmãos, pela paciência, apoio e incentivo.

Ao Cristiano, pelo companheirismo, apoio e motivação durante este período e a minha filha Maria Vitória, inspiração da minha vida.

Ao meu orientador Ajadir Fazolo, pela atenção, dedicação, ensinamentos e amizade.

Ao Senhor João Carlos Luqui que em seu nome estendo à LAR – Unidade Industrial de Vegetais, pela oportunidade, hospitalidade e respeito, e por toda a disponibilidade e contribuição para a realização da pesquisa.

A todos os colaboradores da LAR – Unidade Industrial de Vegetais, em especial a Janelise Bremm, pela colaboração, disponibilidade de tempo e contribuição para a realização da fase experimental da pesquisa.

A todos os amigos e amigas que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta conquista.

SUMÁRIO

	página
LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo geral.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Aspectos gerais do consumo de água.....	4
3.2 Água na indústria.....	6
3.3 Poluição e contaminação das águas.....	8
3.4 Reúso de água.....	10
3.4.1 Reúso industrial.....	15
3.5 Aspectos legais sobre reúso de água.....	17
3.6 Cooperativa Agroindustrial Lar.....	28
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1 Descrição do local da pesquisa.....	31
4.1.1 Dados gerais da Unidade Industrial de Vegetais – UIV.....	31
4.1.2 Delimitação do trabalho.....	32
4.1.3 Metodologia utilizada.....	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1 Descrição dos processos industriais.....	36
5.1.1 Descrição do processamento do milho enlatado.....	37
5.1.2 Descrição do processamento do brócolis congelado.....	46
5.2 Sistema de abastecimento de água.....	54
5.3 Consumo de água para o processo de enlatamento de milho.....	54
5.4 Consumo de água para o processo de congelamento de brócolis.....	60
5.5 Avaliação das possibilidades de reúso da água de processo na UIV.....	68
5.5.1 Possibilidades de reúso de água no ponto 14 – branqueamento rotativo e envase.....	70
5.5.2 Possibilidades de reúso de água no ponto 16 – esterilização.....	71
5.5.3 Possibilidades de reúso de água no ponto 22 – resfriamento.....	72
5.5.4 Demais etapas do processo de enlatamento de milho da UIV.....	74
5.5.5 Demais etapas do processo de congelamento de brócolis da UIV.....	75
5.6 Resumo da avaliação das possibilidades de reúso de água na UIV.....	76
6 CONCLUSÕES.....	77
7 RECOMENDAÇÕES.....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

LISTA DE TABELAS

		página
Tabela 1	Distribuição do consumo de água na indústria por atividade.....	7
Tabela 2	Usos da água em indústrias alimentícias.....	7
Tabela 3	Tipos de reúso de água.....	15
Tabela 4	Classificação das águas doces quanto ao seu uso.....	18
Tabela 5	Características físicas, químicas e microbiológicas ideais para a água a ser utilizada em agroindústria de alimentos e valores máximos permitidos (VPM) na água para consumo humano.....	20
Tabela 6	Requisitos de qualidade para água de uso industrial.....	22
Tabela 7	Padrão de qualidade recomendado para água de resfriamento e geração de vapor.....	24
Tabela 8	Diretrizes sugeridas pela USEPA para reúso de efluentes municipais.....	25
Tabela 9	Parâmetros e limites recomendados para reúso de água industrial.....	27
Tabela 10	Parâmetros característicos para água de reúso classe 1...	28
Tabela 11	Critérios aplicados para irrigação de áreas de acesso irrestrito e restrito em vários países.....	28
Tabela 12	Variedades de produtos processados na UIV.....	31
Tabela 13	Pontos de consumo de água do processamento do milho enlatado.....	33
Tabela 14	Pontos consumo de água do processamento do brócolis congelado.....	34
Tabela 15	Volume médio de água consumido nas diversas etapas de enlatamento de milho.....	55
Tabela 16	Volume médio de água consumido nas diversas etapas de congelamento do brócolis.....	61
Tabela 17	Quantidades de matérias-primas, produtos, consumo de água e geração de resíduos sólidos para nas duas linhas produtivas.....	67
Tabela 18	Valores comparativos entre as três linhas estudadas, quanto ao seu consumo de água por kg de matéria-prima processada e por produto final e geração de resíduos sólidos por kg de matéria-prima processada e por kg de produto final.....	67
Tabela 19	Pontos de coleta e tipo de análise realizada.....	68
Tabela 20	Características das águas de processo da UIV.....	69

LISTA DE FIGURAS

		página
Figura 1	Formas potenciais de reúso de água.....	13
Figura 2	Hierarquia para a eliminação da geração de resíduos....	17
Figura 3	Pátio de recebimento do milho.....	38
Figura 4	Tanque de despalhamento mecânico.....	39
Figura 5	Lavagem das espigas.....	39
Figura 6	Vista parcial da etapa de desgranamento.....	40
Figura 7	Lavagem dos grãos.....	41
Figura 8	Classificação mecânica dos grãos em peneiras rotatórias.....	41
Figura 9	Detalhe do branqueador rotativo.....	42
Figura 10	Transporte das latas até a envasadora.....	43
Figura 11	Detalhe da autoclave utilizada para esterilização e cozimento.....	44
Figura 12	Etapa de secagem externa das latas.....	45
Figura 13	Fluxograma do processamento de milho enlatado.....	47
Figura 14	Detalhe das mesas de corte do brócolis.....	48
Figura 15	Vista da esteira que encaminha os floretes para o tanque de lavagem.....	49
Figura 16	Vista superior do tanque de lavagem dos floretes de brócolis.....	50
Figura 17	Vista parcial do tanque de branqueamento contínuo da linha de congelados.....	51
Figura 18	Vista parcial do tanque de resfriamento da linha de congelados.....	52
Figura 19	Fluxograma do processamento de brócolis congelado...	53
Figura 20	Detalhe do triturador de resíduos de milho e do carregamento do caminhão.....	56
Figura 21	Distribuição do consumo de água nas diferentes etapas de enlatamento de milho.....	57
Figura 22	Balanço de massa do processo de enlatamento de milho.....	58
Figura 23	Detalhe do aspecto da água no tanque de desgranamento.....	59
Figura 24	Distribuição do consumo de água nas etapas do congelamento de brócolis.....	61
Figura 25	Balanço de massa do processo de congelamento de brócolis.....	62
Figura 26	Vista parcial da etapa de sanitização antes do túnel de congelamento.....	64

RESUMO

O crescimento populacional e o consumo excessivo dos diversos segmentos da sociedade acarretam um incremento direto na demanda de água. A minimização e a conservação da água é hoje um importante fator para o desenvolvimento industrial, em decorrência da escassez do recurso. Neste trabalho, buscou-se identificar e avaliar a possibilidade de reúso da água de processo na COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL LAR – Unidade Industrial de Vegetais. Foram avaliadas as linhas de produção de milho enlatado e brócolis congelado. A etapa experimental consistiu em elaborar fluxogramas dos processos industriais envolvidos, identificar e estimar a demanda de água nos pontos de consumo, realizar balanço de massa dos produtos e insumos envolvidos e realizar coletas de amostras dos pontos com potencialidades de reúso. Os principais resultados indicaram, para o brócolis, um consumo de 33,11 kg de água / kg de matéria-prima e para o milho enlatado 4,35 kg de água / kg de matéria-prima e 3,03 kg de água / kg de matéria-prima, considerando o reúso já praticado. Foram identificadas três etapas que apresentam potencialidade de reúso de água, das quais duas apresentaram viabilidade técnica, estimando-se assim, uma redução no consumo de água limpa de até 76,7 % para a linha de milho enlatado.

PALAVRAS-CHAVE: Reutilização de água; Indústria de Alimentos; Balanço de massa.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE CONSUMPTION AND OF THE POTENTIALITIES OF THE PROCESSING WATER REUSE IN A VEGETABLES AGRIBUSINESS

The population's growth and the excessive consumption of several segments of the society cause a direct increase of water demand. The minimization and the conservation of water is nowadays an important factor for the industrial development, due to the shortage of the resource. In this research, the aim consisted in looking for identifying and evaluating the possibility of the processing water reuse at COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL LAR - Vegetables Factory Unit. The productive canned sweet corn lines and frozen broccolis were appraised. The experimental stage consisted of elaborating flowcharts of the involved industrial processes, identifying and estimating the demand of water in the consumption points, accomplishing the mass balance of the products and involved inputs and to accomplish the samples collections of the points with reuse potentialities. The main results indicated a consumption of 33.11 kg of water / raw material kg for broccolis and 4.35 kg of water / raw material kg for canned corn, and 3.03 kg of water / raw material kg, considering the reuse already practiced. There were identified three stages that present potentiality of water reuse, two of them presented technical viability, estimating, thus, a reduction in the consumption of clean water up to 76.7% for the canned corn line.

KEY-WORDS: Water reuse; Foods Industry; Balance concepts.

1 INTRODUÇÃO

A água é o recurso natural mais precioso, sendo caracterizada como fonte de vida. Apresenta valor sócio-econômico e ambiental incalculável, uma vez que é fundamental para a produção agrícola e industrial, servindo de insumo à produção de alimentos e bens de consumo, para a geração de energia, como meio de transporte, bem como para a disposição final de efluentes industriais e domésticos.

De acordo com ASSIS (2001), o crescimento populacional, o consumo per capita da água para a agricultura, a indústria e o uso doméstico acarretam um aumento direto na demanda, já atingindo 41% do total disponível. Apesar dos 14 mil km³ de água disponível por ano, a distribuição é desigual e, muitas áreas do globo sofrem com a escassez, devido às secas localizadas, poluição dos lençóis subterrâneos, dos rios e dos lagos por despejos industriais ou esgotos, e pelo desperdício nas diversas formas de uso.

MIERZWA (2002) afirma que um dos problemas mais graves de poluição e contaminação dos recursos hídricos está diretamente vinculado a introdução de efluentes industriais nos corpos receptores, os quais, devido a sua composição diversificada, podem conter substâncias extremamente tóxicas e seus efeitos adversos comprometer todo o ambiente, causando a morte de várias formas de vida.

A crescente conscientização ambiental dentro do setor industrial, como reflexo das pressões ambientais (legislação ambiental e sanções mais restritivas, alto custo de disposição de resíduos, dentre outras), estimula a busca de respostas para os problemas de falta ou inadequação do gerenciamento dos recursos hídricos.

Diante deste cenário, o reúso de águas, atrelado à premissa de preservação ambiental, de minimização e de reutilização de recursos, surge como forma de contribuir para a manutenção e equilíbrio dos recursos hídricos. Ainda, baseada na filosofia do desenvolvimento sustentável, essa tecnologia busca manter a disponibilidade da água, para atender a esta geração e as futuras, sem comprometer o desenvolvimento sócio-econômico.

Sendo assim, não há dúvidas de que a utilização inteligente dos recursos hídricos não convencionais, como a captação da água das chuvas, as águas subterrâneas e o próprio reúso, constitui estratégia eficiente para a minimização do problema da escassez, pois representa um suporte à gestão das demandas e das diversas formas dos usos da água (REBOUÇAS, 2004).

Nesse sentido, buscando-se o gerenciamento das águas industriais, o objetivo desta pesquisa foi identificar e avaliar a possibilidade de reúso de água de processo da Cooperativa Agroindustrial Lar, Unidade Industrial de Vegetais, buscando estabelecer um reúso não potável para fins industriais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar e avaliar tecnicamente a possibilidade da reutilização da água de processo na COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL LAR – Unidade Industrial de Vegetais.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar fluxograma dos processos industriais envolvidos;
- Realizar inventário do consumo de água de processo utilizada no enlatamento de milho e congelamento do brócolis;
- Elaborar balanço de massa das matérias-primas e da água utilizada;
- Caracterizar a qualidade de água, por meio de análises físico-químicas e exames microbiológicos, para identificar reúsos específicos;
- Identificar possibilidades de estabelecer circuitos semi-fechados de reutilização e/ou de minimização de água.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aspectos gerais do consumo de água

A explosão demográfica que vem ocorrendo desde o final do século XIX, associada a fatores como a intensa industrialização, carência de alimentos, poluição e exaustão dos recursos naturais, tem provocado grandes alterações no meio ambiente, não somente pontuais, mas também globalizadas e, em especial, no que diz respeito ao uso dos recursos hídricos. Bresaola & Cantelli (2000) citado por MELO (2005).

Segundo ASSIS (2001), nos últimos 60 anos, a população mundial dobrou, enquanto o consumo de água multiplicou-se por sete.

Esse rápido crescimento da demanda de água se deve principalmente a três fontes: a agricultura, com um consumo de entre 70 a 80 %; o abastecimento industrial, com pouco menos de 20% e, com cerca de 6%, o consumo humano, tornando a água o recurso natural mais importante e escasso deste século, precisando de medidas de gerenciamento para seus usos (TUNDISI, 2003).

Além disso, o desenvolvimento industrial vem se caracterizando como uma das principais causas para o agravamento desse problema, pois seus processos geram diferentes tipos de resíduos e efluentes nas formas líquida, sólida e gasosa, que muitas vezes são descartados de maneira inadequada.

Os setores usuários das águas são os mais diversos, com aplicação para inúmeros fins. A utilização pode ter caráter consuntivo, em que somente parte dela retorna ao curso normal do rio, ou não consuntivo, em que praticamente toda a água captada retorna ao corpo d'água. Cada uso da água deve ter normas próprias, no entanto são necessários regras gerais que regulamentem as suas inter-relações e estabeleçam prioridades e regras para a solução dos conflitos entre os usuários (SETTI, et.al, 2001).

De acordo com HESPANHOL (2003), a grande questão que antepõe as entidades gestoras dos recursos hídricos está associada ao balanço entre demanda e oferta de água, para que os mesmos possam atender as

necessidades crescentes de todos os segmentos usuários. Os diferentes tipos de uso estão relacionados com a intensidade do desenvolvimento econômico e da atividade de cada região. Desta forma, pode-se considerar que o ciclo hidrológico em si, o suprimento e a demanda de água e o grau de atividade regional, representa uma inter-relação entre o aspecto social, econômico e ambiental, que deve ser considerado como um mecanismo para manter a sustentabilidade em termos de recursos hídricos.

O número e a intensidade dos usos múltiplos podem variar com a região, com seu grau de industrialização e urbanização, e ainda com as atividades agropecuárias e o sistema econômico e social. A densidade populacional e sua concentração também interferem na aplicação dos usos que são feitos com o recurso água. De acordo com TUNDISI (2003), todas as atividades humanas referentes aos usos múltiplos dos recursos hídricos produzem alterações na qualidade da água e também interferem na quantidade de água disponível.

Assim, pode-se dizer que existem duas razões pelas quais a alteração entre a disponibilidade hídrica e a demanda de água pode ocorrer: a primeira se deve a fenômenos naturais, associados às condições climáticas de cada área, que pode ser um fator determinante em várias regiões do mundo, como é o caso de alguns pontos do Nordeste brasileiro. A segunda está diretamente associada ao crescimento da população, que acaba exercendo pressão sobre os recursos hídricos pelo aumento da demanda, pelos problemas de poluição e contaminação da água, consequência de suas próprias atividades, ou pela falta de um gerenciamento adequado, visando o equilíbrio das atividades e de seus respectivos usos (MIERZWA, 2002).

É notável que o uso da água tem aumentando em níveis preocupantes, cujos conflitos podem ter dimensões globais, uma vez que a oferta está diminuindo qualitativa e quantitativamente e a demanda crescendo gradativamente. Deste quadro, de diferença entre oferta e demanda, surge a necessidade de rever a utilização de água de qualidade inferior para usos menos nobres (TRENTIN, 2005).

3.2 Água na indústria

Em relação ao consumo industrial, tem-se que a água é um elemento fundamental para manter as atividades da indústria, seja para o processo de fabricação, seja para o arrefecimento térmico e refrigeração do equipamento industrial, higiene, limpeza ou evacuação de seus rejeitos. As demandas industriais dependem de coeficientes de uso e de perdas de cada tipo, de cada ramo industrial e, ainda, da tecnologia adotada (GARRIDO, 1999).

De modo geral, a demanda de água industrial se concentra em toaletes, vestiários, bebedouros, preparação das refeições e lavagem da louça, limpeza geral, lavagem de pátios e áreas livres, rega de gramados e jardins, processos industriais, limpeza, enxágües/ banhos, resfriamento, formação do vapor em caldeiras, lavagem de veículos, entre outras.

Para SILVA & HESPANHOL (1999), o consumo de água nas indústrias pode variar em função de uma série de fatores, que vão desde o tipo de processo adotado até a própria disponibilidade de recursos hídricos locais. As demandas por água para fins industriais no Brasil têm sido estimadas de forma indireta, não havendo informações apoiadas em cadastros confiáveis de usuários. As informações disponíveis estão dispersas nos órgãos estaduais de recursos hídricos e de meio ambiente, não se dispondo de uma consolidação de abrangência nacional.

Assim, de acordo com SILVA & HESPANHOL (1999) e SAUTCHÚK et al. (2006), se considerarmos indústrias que são do mesmo ramo de atividade e tenham a mesma capacidade de produção, porém instaladas em diferentes regiões, ou que tenham "idades" diferentes, a probabilidade do volume de água consumido em cada instalação não ser equivalente é muito grande. A Tabela 1, na seqüência, apresenta a distribuição do consumo de água de algumas indústrias, por atividade.

OLIVEIRA, et al. (1997) afirmam que a busca da redução no consumo de água e de sua reutilização, nas indústrias, também tem aumentado, desde que se deixou de lado a idéia de sua disponibilidade ilimitada no meio ambiente. Desta forma, o menor consumo de água inicia uma reação em cadeia que envolve a menor retirada de água do ambiente e

consequentemente menor volume de efluentes. Isto exige menores estações de tratamento de esgoto, ETE's (com a possibilidade de maior eficiência), que por sua vez, consomem menos energia e produtos químicos para condicionamento, quando usados, e menor formação de lodo.

Tabela 1 Distribuição do consumo de água na indústria por atividade

Indústria	Distribuição do consumo de água (%)		
	Resfriamento sem contato	Processos e atividades afins	Uso sanitário e outros
Carne enlatada	42	46	12
Abatimento e limpeza de aves	12	77	12
Laticínios	53	27	19
Frutas e vegetais enlatados	19	67	13
Frutas e vegetais congelados	19	72	8
Moagem de milho a úmido	36	63	1
Açúcar de cana-de-açúcar	30	69	1

Fonte: Adaptado de MIERZWA (2002)

A melhor maneira para se diminuir o consumo de água dentro de uma indústria, é conhecer a demanda de cada setor. Na indústria de alimentos, por exemplo, o uso da água está aproximadamente assim distribuído, conforme Tabela 2:

Tabela 2 Usos da água em indústrias alimentícias

OPERAÇÃO	USOS (%)
Água para lavagem	41,9
Água para resfriamento/aquecimento	19,1
Água para resfriamento/reaproveitamento	14,4
Água de processo	12,7
Desperdícios e vazamentos	7,6
Consumo doméstico	3,3
Outros usos	0,9

Tabela 2 Cont.

Água para lavanderia	0,1
Uso total de água	100

Fonte: TOMAZ (2002).

Para MELO (2005), as indústrias de processos devem construir estratégias de administração global dos recursos hídricos disponíveis na planta a fim de que ocorra a sua minimização. Com a globalização da economia, e a conscientização da necessidade de um desenvolvimento mais próximo possível do sustentável, visando à preservação do meio ambiente e a manutenção dos ecossistemas, as indústrias têm que se adequar para atender a rigorosos padrões de qualidade, inclusive os relacionados ao desempenho ambiental.

Neste cenário de distribuição geográfica desigual dos recursos hídricos, o que se busca enfatizar é que a água não está terminando, até porque é um elemento cíclico da natureza, mas sim a forma de utilização e disposição final de toda a água utilizada pelo homem para uso doméstico, agrícola e industrial, que de alguma forma retorna a rede hidrográfica. Portanto, o que se discute é a possibilidade de reutilização desta água, considerando o “onde” e “de que forma” ela retornará ao ambiente, buscando sempre soluções globais para minimizar seu uso e diminuir sua demanda. Portanto, uma futura crise de água pode ser evitada, através de uma combinação de novas práticas de consumo e novas alternativas tecnológicas que podem ser adotadas (FITCH & STREIFF, 2002).

3.3 Poluição e contaminação das águas

A poluição industrial é um problema bastante complexo, com seus efluentes de vazão descontínua e alta concentração dos despejos líquidos, não-biodegradabilidade e toxicidade de alguns deles, bem como a presença de substâncias depletivas de oxigênio, objetáveis, corrosivas, materiais radioativos, entre outros. Este problema é ainda agravado, especialmente em

países em desenvolvimento, devido à necessidade de se providenciar métodos de controle ambiental seguros e econômicos, com a utilização de pessoal especializado (OLIVEIRA et al., 1997).

A atividade industrial é uma das que mais contribui para contaminação ambiental, principalmente as águas dos rios, visto que as maiorias dos processos industriais utilizam grandes volumes de água levando conseqüentemente a produção de efluentes líquidos contendo substâncias tóxicas ou difíceis de serem degradadas (PELEGRINI et al., 2005).

A indústria é fonte de poluição pontual, cujos impactos sobre os recursos hídricos são amplos devido à sua diversidade. As águas utilizadas nos processos industriais, contaminadas com os mais diversos produtos químicos, muitas vezes caracterizam-se por uma elevada carga de poluentes que, a depender do corpo receptor, será depurada com dificuldade (SAUTCHÚK et al., 2006).

Para SPERLING (2002), as águas de lavagem de equipamentos industriais e as águas de arrefecimento, descarregadas em grandes volumes e em temperaturas elevadas, podem modificar profundamente as condições ecológicas dos cursos de água. Além do efeito tóxico imediato, e algumas vezes cancerígeno, de alguns poluentes, existe o perigo de bioacumulação nos organismos com metais pesados. A disposição inadequada de resíduos sólidos industriais constitui também fonte de poluição das águas subterrâneas.

Diante do que foi apresentado, MIERZWA (2002) destaca que as indústrias têm grande responsabilidade pelos processos de degradação da qualidade das águas, não apenas devido à utilização deste recurso para o desenvolvimento das diversas atividades industriais, mas também devido à contaminação dos recursos hídricos, causada pela introdução das substâncias tóxicas presentes nos seus efluentes, nos corpos receptores, enfatizando ainda mais a necessidade deste segmento em buscar alternativas para o processo de minimização dos impactos ocasionados nos corpos hídricos.

3.4 Reúso de água

A demanda crescente por água tem feito do reúso planejado da água um tema atual e de grande importância. Neste sentido, deve-se considerar o reúso como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional e/ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da geração de efluentes e do consumo de água.

Os custos elevados da água industrial no Brasil, particularmente em regiões metropolitanas, têm estimulado as indústrias nacionais a avaliar a possibilidade do reúso, que pode ser definido como uma prática em que a água, após ser utilizada para um determinado fim, é reutilizada ou reaproveitada após receber tratamento adequado. Neste sentido, as indústrias serão induzidas a reduzir o consumo de água, por meio de uma sistemática de racionalização, reúso e minimização (HESPANHOL, 2003)

Desta forma, o reúso aplicado como uma estratégia operacional pode reduzir a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por outra de qualidade inferior. Portanto, grandes volumes de água potável podem ser poupados pelo reúso quando se utiliza a qualidade inferior (geralmente efluentes pós-tratados) para atendimento das finalidades que podem prescindir desse recurso dentro dos padrões de potabilidade.

Ao invés de ser dada ênfase para a busca de soluções para os problemas de poluição após os mesmos já terem sido criados, ou lançados no ambiente aquático, que é o usual, deve-se buscar alternativas que vissem evitar que a poluição seja gerada, eliminando-se a necessidade de adoção de métodos para o seu controle, bem como a possibilidade de ocorrência de qualquer efeito adverso aos seres humanos e ao meio ambiente (MIERZWA, 2002).

Tradicionalmente, têm sido utilizadas soluções “fim-de-tubo” para correção de problemas ambientais, que lidam com a poluição gerada. No entanto, esse controle da poluição não apresenta resultados satisfatórios, visto que os resíduos gerados são meramente transferidos de um meio para outro, ou de um local para outro, sendo considerado uma solução paliativa e temporária, visto os impactos que podem causar o lançamento freqüente.

Surge então, a prevenção à poluição, questão que tem sido bastante difundida, justamente por ir ao encontro da nova idéia de reduzir e até mesmo evitar a geração de resíduos na fonte geradora, ou seja, dentro da planta ou da unidade industrial, a partir de um gerenciamento e identificação dos pontos de geração dos resíduos (OLIVEIRA et al, 1997). Baseado nesta premissa é que se fundamenta o conceito de prevenção da poluição, envolvendo tecnologias que busquem a redução da geração dos poluentes na fonte geradora, enfatizando o processo de gestão dos recursos naturais utilizados, que está hierarquizado da seguinte forma: prevenção e a minimização do uso dos recursos naturais, seguido pelo processo de reciclagem e reutilização, para apenas em seguida efetuar o tratamento e por fim sua disposição. Dentro desta concepção é que está inserido o reúso de água.

O reúso de água é um conceito que foi criado pela Organização das Nações Unidas, em 1958. MIERZWA (2002) cita que a definição mais aceita mundialmente para termo reúso é: "uso de efluentes tratados para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis". E o próprio autor ainda comenta que, com base nesta definição, a prática do reúso se constitui em um modelo de gerenciamento de águas e efluentes e pode servir como fonte de substituição de água utilizada pela indústria, reduzindo o volume captado.

De acordo com o LAVRADOR FILHO (1987), citado por BREGA FILHO & MANCUSO (2003), o reúso da água pode ser definido como o aproveitamento das águas anteriormente utilizadas, uma ou mais vezes, para suprir demandas de outras atividades, ou de seu uso original. Os autores citados afirmam que o reúso de água subentende uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água e de como ela tenha sido usada anteriormente.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (1973), citada por BREGA FILHO & MANCUSO (2003), têm-se três classificações de reúso de água, as quais são: o reúso direto, o indireto e a reciclagem interna.

Para SAUTCHÚK et. al. (2006) e BREGA FILHO & MANCUSO (2003), o reúso direto é o uso planejado, deliberado de esgotos tratados, para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquíferos e água potável. O reúso direto é o uso planejado de água, conduzido ao local de utilização,

sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos. O reúso direto é o uso de águas residuárias recuperadas quando o transporte desta for realizado diretamente da planta de tratamento até seu destino de reúso.

Reúso indireto, segundo SAUTCHÚK et. al. (2006), BREGA FILHO & MANCUSO (2003), LEITE (2003) e HESPANHOL (2002), é aquele em que se trata um efluente para sua reutilização em uma determinada finalidade, que pode ser interna ao próprio empreendimento, ou outra externa, para uma finalidade distinta da primeira, como por exemplo, a prática de reúso de efluentes urbanos tratados para fins agrícolas. Ou ainda pode ser considerado reúso indireto, quando a água já tratada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída.

Segundo BREGA FILHO & MANCUSO (2003), o reúso indireto apresenta uma subdivisão, que se classifica em reúso indireto planejado e reúso indireto não planejado:

- Reúso indireto não planejado ocorre quando os despejos são realizados de forma não intencional e descontrolada.
- Reúso indireto planejado acontece quando os despejos são convenientemente tratados e racionalmente diluídos, visando à utilização do corpo receptor como manancial abastecedor à jusante do lançamento.

LEITE (2003) afirma que a reciclagem interna é o reúso de água internamente as instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição. A reciclagem da água é o reúso interno, antes de sua descarga para um sistema geral de tratamento ou qualquer outro local de disposição.

FELIZATTO (2001) reporta que, na escolha dos critérios de qualidade da água para reúso, os seguintes aspectos estão envolvidos: (1) Proteção à saúde pública; (2) Requisitos de uso; (3) Efeitos da irrigação; (4) Considerações ambientais; (5) Aspectos estéticos; (6) Percepção da população e/ou usuário e (7) Realidades políticas. Nesse sentido, o reúso da água não considera somente a sua reutilização para o abastecimento doméstico, industrial, agrícola e pecuário, mas também pondera a diluição dos despejos

nos corpos d'água receptores, o uso de cursos de água receptores para abastecimento (reúso indireto), a navegação desportiva e comercial, as atividades de recreação e desportos, a pesca recreativa, esportiva e comercial, e a geração de energia hidrelétrica. Nesse aspecto, o reúso de água deve sempre estar na pauta das atividades de gestão dos recursos hídricos, cumprindo seu papel importante na fase do planejamento da bacia hidrográfica (FELIZATTO, 2001).

A Figura 1 apresenta de forma esquemática, as formas potenciais de reúso.

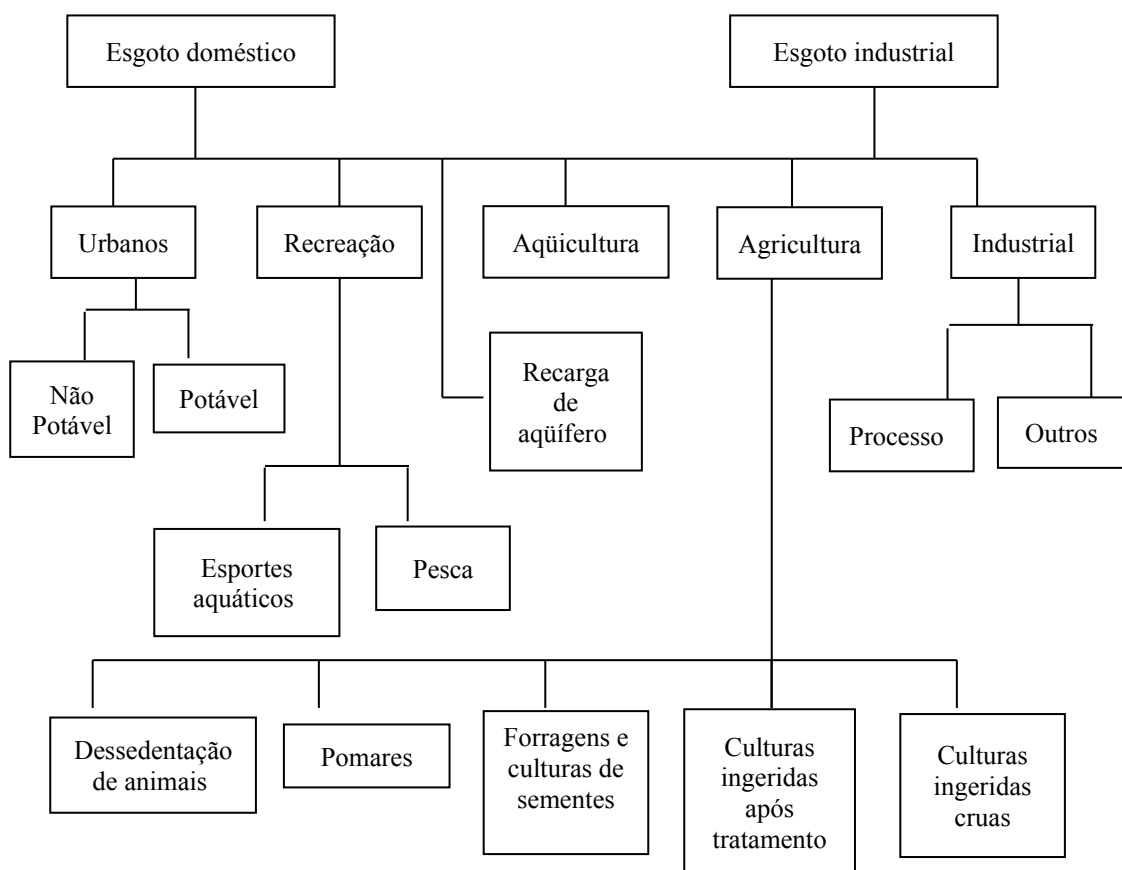


Figura 1 Formas potenciais de reúso de água.
Fonte: adaptado de HESPANHOL (2003)

Embora existam muitas possibilidades de reúso no mundo, e em particular no Brasil, para o atendimento aos mais variados usos que são feitos

dos recursos hídricos, os mais significativos são as formas de reúso industrial, urbano, agrícola e para recarga de aquífero (LEITE, 2003).

De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES), por motivos de praticidade e facilidade, o reúso pode ser classificado em duas categorias: potável e não potável (BREGA FILHO & MANCUSO, 2003).

O reúso potável se subdivide:

- Reúso potável direto: que ocorre quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- Reúso potável indireto: ocorrem quando o esgoto após tratamento é disposto na coleção hídrica para diluição, purificação natural seguido de captação para só então ser utilizado novamente, como água potável.

O reúso não potável está assim classificado:

- Fins agrícolas: irrigação de plantas alimentícias, cereais, árvores frutíferas, pastagens e forrações além de ser aplicável para dessedentação de animais;
- Fins industriais: abrange os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para utilização em caldeiras, entre outros;
- Fins domésticos: reúso para regas de jardins residenciais, descargas sanitárias, reservas contra incêndios e resfriamento de equipamentos de ar condicionado;
- Fins recreacionais: irrigação de parques e campos de esportes e enchimento de lagoas ornamentais;
- Manutenção de vazões de cursos d'água: utilização de efluentes tratados para manter uma dada vazão num curso d'água para diluir as cargas poluidoras a ele aportadas, possibilitando a manutenção da vazão mínima em épocas de estiagem;
- Aqüicultura: ocorre na produção de peixes e plantas aquáticas, visando a produção de alimentos e energia, utilizando os nutrientes presentes nos esgotos tratados;
- Recarga de aquíferos: através da infiltração e percolação de efluentes tratados, evitando o rebaixamento do nível do lençol freático;

A Tabela 3, abaixo, apresenta os tipos de reúso e faz uma relação com suas possíveis aplicações.

Tabela 3 Tipos de reúso de água

TIPOS DE REÚSO	APLICAÇÕES
Irrigação paisagística	Parques, cemitérios, campos de golfe, cinturões verdes, campi universitários, gramados.
Irrigação de culturas	Plantio de forrageiras, plantas fibrosas e grãos, plantas alimentícias, viveiros de mudas ornamentais, proteção contra geadas.
Usos industriais	Refrigeração, alimentação de caldeiras, lavagem de gases, água de processamento, lavagem do pátio.
Usos urbanos não potáveis	Combate ao fogo, descarga de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos, lavagem de ruas e pontos de ônibus.
Finalidades ambientais	Aumento da vazão de cursos d'água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca.
Usos diversos	Aqüicultura, recarga de aquíferos, fabricação de neve, construções, controle de poeira e dessedentação de animais.

Fonte: adaptado de CECHINN (2003)

3.4.1 Reúso industrial

O reúso industrial aumentou substancialmente a partir de 1990, depois que o reúso urbano ganhou popularidade, devido ao aumento populacional e sua conseqüente escassez de água, particularmente em regiões secas, e ainda pela pressão da própria legislação a respeito da conservação da água e da conformidade ambiental. Para encontrar um equilíbrio, decorrente do acréscimo na demanda, muitos países fizeram despertar para o processo de reutilização de água industrial, aumentando assim sua disponibilidade (USEPA, 1992).

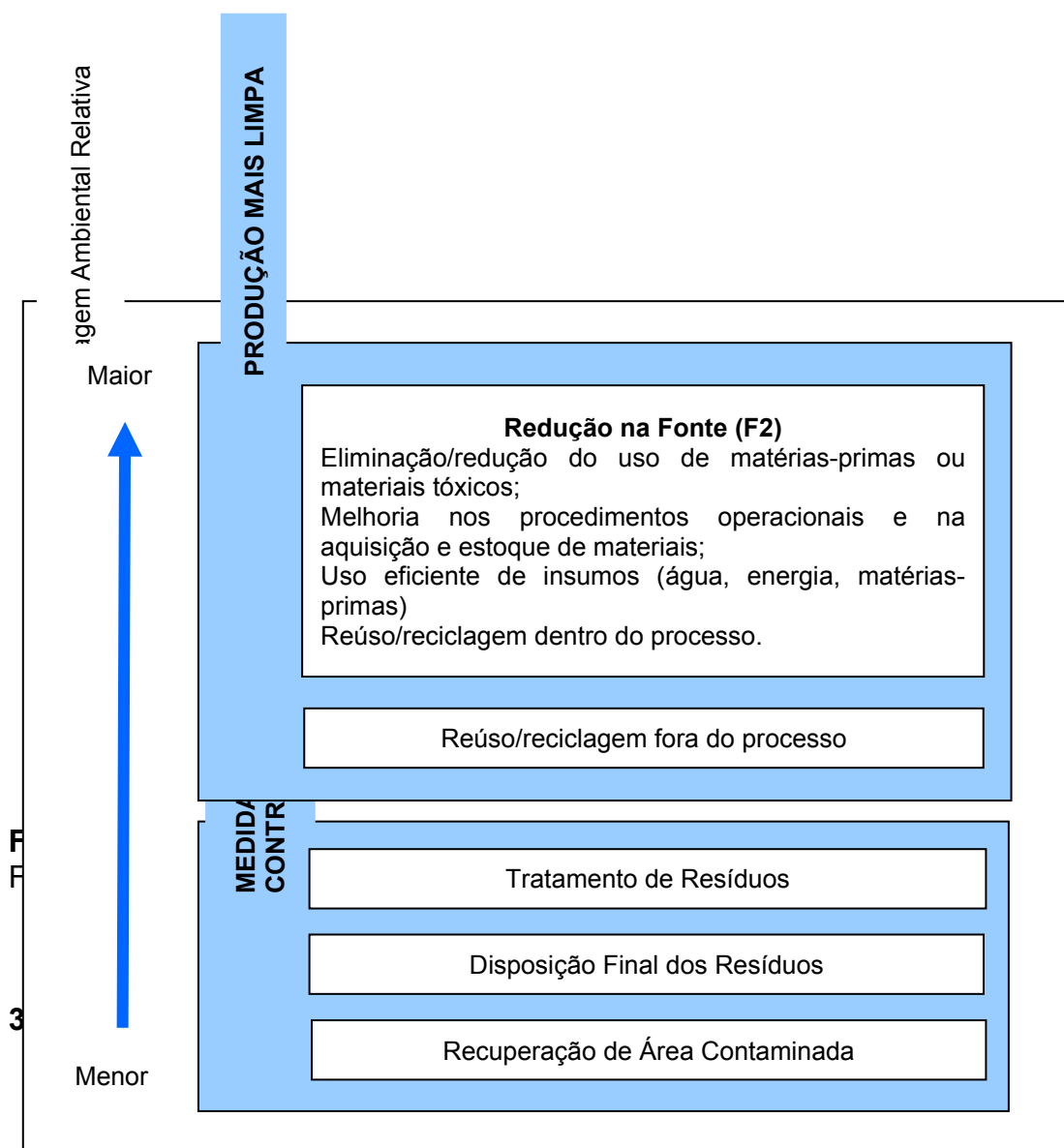
As indústrias, frequentemente, pensam que os custos com os efluentes são bem menores do que os custos reais. Como exemplo citado por ENVIROWISE (2001): foi realizada uma pesquisa com 10 companhias, as

quais estimaram os custos que seus efluentes geram, chegando a um total de 500 mil de Euros/ano. Entretanto, o custo real gerado pode ser de aproximadamente 13 milhões de Euros/ano. Muitas companhias conseguiram uma redução eficaz na geração de efluentes, tomando medidas simples sem custo ou de custo baixo, em períodos inferiores a um ano.

Sendo assim, eliminar o desperdício é a melhor opção, seguido da minimização da geração de efluentes na fonte geradora. Depois da redução, deve-se apontar para o reúso de água, como pode ser visualizado na Figura 2, na seqüência. O efluente pode também ser reciclado ou conservando o custo da eliminação (ENVIROWISE, 2001).

Para a maioria das indústrias, a água que alimenta as torres de refrigeração representa o maior uso, e esta água pode ser recuperada porque os avanços em tecnologias de tratamento de água permitem que as indústrias usem com sucesso águas com qualidade inferior. Diante desta possibilidade, e considerando que estes avanços permitem um efetivo controle dos depósitos, da corrosão e dos problemas biológicos associados frequentemente com o uso da água recuperada em um sistema concentrado da água de resfriamento, é que o reúso pode ser aplicado com sucesso numa planta industrial (USEPA, 1992).

Considerando a vasta possibilidade do reúso de água industrial, a qualidade da água para o reúso deve ser sistematicamente avaliada. Portanto, em função da aplicação industrial a que se destina o reúso, a água deverá atender a um padrão específico de qualidade. No reúso de água em processos industriais, a definição dos parâmetros de qualidade deverá variar de acordo com a especificidade de cada processo ou operação unitária empregada. Todavia, para cada nova aplicação, devem ser verificadas situações específicas para o emprego das técnicas de reúso (SILVA & HESPANHOL, 1999).



A base legal, constituída pelo conjunto de leis, decretos, normas e regulamentos relacionados ao uso e controle dos recursos hídricos, conforma um modelo de gerenciamento de águas adotado pelo Estado. No Brasil, por exemplo, até o advento da Lei de Recursos Hídricos, o modelo de gestão era o do gerenciamento pelo tipo de uso da água, existindo diversos órgãos e entidades públicas com atribuições de gestão da água, de forma desarticulada e ineficiente (BORSOI & TORRES, 2006).

Sabe-se que a prática do reúso de água deve estar referenciada e adequada as condições e parâmetros normativos de qualidade devidamente regulamentados, ou seja, que tenham base legal, a fim de garantir a proteção à saúde pública e ao meio ambiente. Sendo assim, RODRIGUES (2005), afirma

que o objetivo da implementação destes regulamentos e critérios legais, é para assegurar o estabelecimento de limites associados a determinadas práticas de reúso, visando maximizar seus efeitos benéficos.

De acordo com BLUMM (2003), SAUTCHÚK et al. (2005), NUNES (2006) e RODRIGUES (2005), em função da variabilidade de processos existentes e dos requisitos específicos de qualidade e ainda de acordo com o fim desejado, o reúso industrial deve ser tratado particularmente e deve ser considerado um tipo a parte, pois as condições em que ocorre são bastante específicas, devendo ser considerado cada caso.

De acordo com SILVA & MARTINS (2004) citado por NUNES (2006), não existem normas específicas que estabelecem os padrões de qualidade para o reúso planejado de águas, no Brasil. O que existe são limites máximos de impurezas para cada destino ou uso específico. Tais limites estão preconizados na Resolução 357, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que revoga a Resolução 20/86, onde são apresentadas as nove classes para águas doces, salobras e salinas.

A Tabela 4 apresenta as cinco classes referentes aos padrões estabelecidos para água doce no Brasil.

Tabela 4 Classificação das águas doces quanto ao seu uso

CLASSIFICAÇÃO	TIPO DE USO
Classe especial	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

Tabela 4 Cont.

Classe 1	<p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;</p> <p>b) à proteção das comunidades aquáticas;</p> <p>c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274, de 2000;</p> <p>d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;</p> <p>e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.</p>
Classe 2	<p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;</p> <p>b) à proteção das comunidades aquáticas;</p> <p>c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274, de 2000;</p> <p>d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;</p> <p>e) à aqüicultura e à atividade de pesca.</p>
Classe 3	<p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;</p> <p>b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</p> <p>c) à pesca amadora;</p> <p>d) à recreação de contato secundário;</p> <p>e) à dessedentação de animais.</p>
Classe 4	<p>a) à navegação;</p> <p>b) à harmonia paisagística.</p>

Fonte: BRASIL (2005a)

MIERZWA (2002) ressalta que, caso a água entre em contato com o produto final, o grau de qualidade será mais restritivo. Não havendo contato da água com o produto final, esta poderá apresentar um grau de qualidade menos restritivo que o da água para consumo humano.

Na Tabela 5, abaixo, são apresentadas as características físicas, químicas e microbiológicas consideradas ideais para a água a ser utilizada na

agroindústria de alimentos, e os valores máximos permitidos (VPM) para água de consumo humano.

Tabela 5 Características físicas, químicas e microbiológicas ideais para a água a ser utilizada em agroindústria de alimentos e valores máximos permitidos (VPM) na água para consumo humano.

Características	Ideal para indústria¹	VPM para consumo humano²
Acidez	Ausente	-
Alcalinidade	30-250 mg.L ⁻¹	-
Alumínio	-	0,2 mg.L ⁻¹
Amônia (como NH ₃)	< 0,5 mg.L ⁻¹	1,5 mg.L ⁻¹
Antimônio	-	0,005 mg.L ⁻¹
Arsênio	-	0,01 mg.L ⁻¹
Bário	-	0,7 mg.L ⁻¹
Cádmio	-	0,005 mg.L ⁻¹
Chumbo	-	0,01 mg.L ⁻¹
Cianeto	-	0,07 mg.L ⁻¹
Cloretos	< 250 mg.L ⁻¹	250 mg.L ⁻¹
Cloro residual	0,1-1,0 mg.L ⁻¹	0,2 – 0,5 mg.L ⁻¹
Cobre	-	2 mg.L ⁻¹
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Coliformes totais	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Cor Aparente	< 5 uH	15 uH
Cromo	-	0,05 mg.L ⁻¹
Dureza total	< 250 mg.L ⁻¹	500 mg.L ⁻¹
Fenóis	Ausentes	-
Ferro	< 0,2 mg.L ⁻¹	0,3 mg.L ⁻¹
Fluoretos	< 1 mg.L ⁻¹	1,5 mg.L ⁻¹
Gosto	Ausente	Não objetável
Manganês	< 0,2 mg.L ⁻¹	0,1 mg.L ⁻¹
Merúrio	-	0,001 mg.L ⁻¹
Nitrato (como N)	< 10 mg.L ⁻¹	10 mg.L ⁻¹
Nitritos (como N)	Ausente	1 mg.L ⁻¹

Tabela 5 Cont.

Odor	Ausente	Não objetável
Oxigênio consumido	< 1 mg.L ⁻¹	-
pH	6,5-8,5	6 – 9,5
Selênio	-	0,01 mg.L ⁻¹
Sílica	< 50 mg.L ⁻¹	-
Sódio	-	200 mg.L ⁻¹
Sólidos dissolvidos totais	< 500 mg.L ⁻¹	1000 mg.L ⁻¹
Sulfatos	< 250 mg.L ⁻¹	250 mg.L ⁻¹
Sulfeto de Hidrogênio	-	0,05 mg.L ⁻¹
Turbidez	< 5 UT	5 UT
Zinco	-	5 mg.L ⁻¹

FONTE: (1) Adaptado de RESENDE (2003); (2) BRASIL (2005b)

Já as tabelas 6 e 7, na seqüência, apresentam os padrões de qualidade de água para algumas indústrias e aplicações específicas.

Em função da insuficiência de estudos mais aprofundados sobre as questões epidemiológicas no Brasil capazes de proporcionar a determinação de parâmetros necessários a todos os tipos de reúso, sugere-se tomar como referência os padrões aplicados por países que já acumulam experiência no assunto. Desta forma, recomenda que sejam considerados os padrões da Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA) e da Organização Internacional da Saúde (WHO), conforme apresentado na Tabela 8, na seqüência, para os diferentes tipos de reúso aplicados ao reúso de efluentes municipais, devendo ser feitas às devidas adaptações, considerando as condições ambientais, sociais, econômicas e tecnológicas RODRIGUES (2005).

MIERZWA (2002) afirma que, de uma maneira geral, a prática do reúso só poderá ser aplicada caso as características do efluente disponível atendam aos requisitos de qualidade exigidos pela aplicação na qual se pretende reusar o efluente. Isto implica na necessidade de identificar as demandas potenciais para o efluente disponível. Sendo assim, a identificação das possíveis aplicações para o efluente pode ser feita por meio da comparação entre parâmetros genéricos de qualidade, exigidos pela aplicação na qual se pretende fazer o reúso, assim como do próprio efluente.

Tabela 6 Requisitos de qualidade para água de uso industrial

Indústria e processo	Parâmetros (mg/L, exceto quando especificado o valor)														
	Cor	Alcalinidade (CaCO ₃)	Cloreto	Dureza (CaCO ₃)	Ferro	Manganês	Nitrato	pH (unidades)	Sulfato	SDT	Sólidos Suspensos	Sílica	Cálcio	Magnésio	Bicarbonato
Têxtil:															
Engomagem	5			25	0,3	0,05		6,5 - 10,0		100	5,0				
Lavagem	5			25	0,1	0,01		3,0 - 10,5		100	5,0				
Branqueamento	5			25	0,1	0,01		2,0 - 10,5		100	5,0				
Tingimento	5			25	0,1	0,01		3,5 - 10,0		100	5,0				
Papel e Celulose:															
Processo Mecânico	30		1000		0,3	0,1		6 - 10							
Processo Químico Não Branqueado	30		200	100	1,0	0,5		6 - 10			10	50	20	12	
Branqueado	10		200	100	0,1	0,05		6 - 10			10	50	20	12	
Produtos Químicos:															
Cloro e Alkali	10	80		140	0,1	0,1		6,0 - 8,5			10		40	8	100
Carvão de alcatrão	5	50	30	180	0,1	0,1		6,5 - 8,3	200	400	5		50	14	60
Compostos orgânicos	5	125	25	170	0,1	0,1		6,5 - 8,7	75	250	5		50	12	128
Compostos inorgânicos	5	70	30	250	0,1	0,1		6,5 - 7,5	90	425	5		60	25	210
Plásticos e resinas	2	1,0	0	0	0,005	0,005	0	7,5 - 8,5	0	1,0	2,0	0,02	0	0	0,1
Borracha sintética	2	2	0	0	0,005	0,005	0	7,5 - 8,5	0	2,0	2,0	0,05	0	0	0,5
Produtos Farmacêuticos	2	2	0	0	0,005	0,005	0	7,5 - 8,5	0	2,0	2,0	0,02	0	0	0,5
Sabão e detergentes	5	50	40	130	0,1	0,1			150	300	10,0		30	12	60
Tintas	5	100	30	150	0,1	0,1		6,5	125	270	10		37	15	125
Madeira e resinas	200	200	500	900	0,3	0,2	5	6,5 - 8,0	100	1000	30	50	100	50	250
Fertilizantes	10	175	50	250	0,2	0,2	5	6,5 - 8,5	150	300	10	25	40	20	210

Tabela 6 Cont.

Explosivos	8	100	30	150	0,1	0,1	2	6,8	150	200	5	20	20	10	120
Petróleo			300	350	1,0			6,0 – 9,0		1000	10		75	30	
Ferro e Aço:															
Laminação a quente								5 – 9							
Laminação a frio								5 – 9			10				
Diversas:															
Frutas e vegetais enlatados	5	250	250	250	0,2	0,2	10	6,5 – 8,5	250	500	10	50	100		
Refrigerantes	10	85			0,3	0,05									
Curtimento de couro	5		250	150	50			6,0 – 8,0					60		
Cimento		400	250		25	0,5	0	6,5 – 8,5	250	600	500	35			

Fonte: NEMEROW & DASGUPTA (1991).

Tabela 7 Padrão de qualidade recomendado para água de resfriamento e geração de vapor

Parâmetro*	Água de resfriamento	Geração de Vapor		
		Caldeira de baixa pressão (<10 bar)	Caldeira de média pressão (10 a 50 bar)	Caldeira de alta pressão (> 50 bar)
Cloretos	500	+	+	+
Sólidos dissolvidos totais	500	700	500	200
Dureza	650	350	0,1	0,07
Alcalinidade	350	350	100	40
pH	6,9 a 9,0	7,0 a 10,0	8,2 a 10,0	8,2 a 9,0
DQO	75	5,0	5,0	1,0
Sólidos suspensos totais	100	10	5	0,5
Turbidez	50	x	x	x
DBO	25	x	x	x
Compostos Orgânicos ++	1,0	1,0	1,0	0,5
Nitrogênio amoniacal	1,0	0,1	0,1	0,1
Fosfato	4,0	x	x	x
Sílica	50	30	10	0,7
Alumínio	0,1	5,0	0,1	0,01
Cálcio	50	+	0,4	0,01
Magnésio	0,5	+	0,25	0,01
Bicarbonato	24	170	120	48
Sulfato	200	+	+	+
Cobre	x	0,5	0,05	0,05
Zinco	x	+	0,01	0,01
Substâncias extraídas em tetracloreto de carbono	x	1	1	0,5
Sulfeto de hidrogênio	x	+	+	+
Oxigênio dissolvido	x	2,5	0,007	0,0007

* Limites recomendados em mg/L exceto para pH e Turbidez, que são expressos em unidades e UT, respectivamente.

+ Aceito como recebido, caso sejam atendidos outros valores limites.

++ Substâncias ativas em azul de metileno

Fonte: CROOK (1996).

Tabela 8 Diretrizes sugeridas pela USEPA para reúso de efluentes municipais

Tipos de reúso	Tratamento	Parâmetro	Padrões	Monitoramento	Distâncias de segurança
Agrícola para irrigação de culturas não comestíveis	- Secundário - Desinfecção	- pH - DBO - Sólidos Suspensos - Coliformes Fecais - CLR	6 a 9 ≤ 30 mg/L ≤ 30 mg/L ≤ 200 mg/L / 100 mL ≥ 1 mg/L	Semanal Semanal Diário Diário Contínuo	- 90 metros de poços de abastecimento potável - 30 metros de áreas com acesso de público
Recreacional (contato direto)	- Secundário - Filtração - Desinfecção	- pH - DBO - Turbidez - Coliformes Fecais - CLR	6 a 9 ≤ 10 mg/L ≤ 2 UNT ausente ≥ 1 mg/L	Semanal Semanal Contínuo Diário Contínuo	- 150 metros de poços de abastecimento potável, se o fundo do lago não for selado
Industrial para resfriamento sem recirculação	- Secundário	- pH - DBO - Sólidos Suspensos - Coliformes Fecais - CLR	6 a 9 ≤ 30 mg/L ≤ 30 mg/L ≤ 200 mg/L / 100 mL ≥ 1 mg/L	Semanal Semanal Diário Diário Contínuo	- 90 metros de áreas com acesso de público
Industrial para resfriamento com recirculação	- Secundário - Desinfecção	Variáveis, dependendo da taxa de recirculação			- 90 metros de áreas com acesso de público, que pode ser reduzido em função do nível de desinfecção

Tabela 8 Cont.

Tipos de reúso	Tratamento	Parâmetro	Padrões	Monitoramento	Distâncias de segurança
Industrial para outros usos	Depende do tipo de uso				
Ambiental	- Variável - Secundário - Desinfecção	Variável mas não excedendo: - DBO - Sólidos Suspensos - Coliformes Fecais	Variável mas não excedendo: ≤ 30 mg/L ≤ 30 mg/L ≤ 200 mg/L / 100 mL	Semanal Diário Diário	

CLR – Cloro Livre Residual

FONTE: adaptado de USEPA (1992).

De acordo com CECCHIN (2003), é considerada água com potencialidade de reúso industrial aquela em que os valores de suas concentrações não ultrapassem os limites impostos às características da água. A Tabela 9, abaixo, apresenta os parâmetros e os limites recomendados para reúso de água industrial.

Tabela 9 Parâmetros e limites recomendados para reúso de água industrial

PARÂMETRO	LIMITE RECOMENDADO
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	350
Cloro (mg/L)	500
Demanda química de oxigênio (mg O ₂ /L)	75
Demanda bioquímica de oxigênio (mg O ₂ /L)	25
Dureza	650
pH	6,9 - 9,0
Sólidos suspensos totais (mg/L)	100
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	500
Turbidez (UT)	50

Fonte: adaptado de CECCHIN (2003)

Nas Tabelas 10 e 11, são apresentados parâmetros característicos usados para água de reúso, cujos usos preponderantes são: descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, lavagem de veículos e, ainda, para fins ornamentais, como chafarizes ou espelhos d'água, citados por SAUTCHÚK et. al. (2005), que caracteriza esta água de reúso como sendo "Classe 1" e, também, os parâmetros de qualidade requeridos para água de reúso nas diversas categorias de reúso de esgotos municipais, dentre elas, a água de reúso utilizada para fins de proteção de incêndio, é classificada como reúso urbano irrestrito, apresentados pela Agência de Proteção Ambiental Norte Americana, USEPA (1992).

Tabela 10 Parâmetros característicos para água de reúso Classe 1

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais1	Não detectáveis
pH	Entre 6,0 e 9,0

Cor (UH)	≤ 10 UH
Turbidez (UT)	≤ 2 UT
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L
DBO ₅ (mg/L)	≤ 10 mg/L
Compostos orgânicos voláteis ³	Ausentes
Nitrato (mg/L)	< 10 mg/L
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L
Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L
Fósforo total ⁴ (mg/L)	≤ 0,1 mg/L
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólido dissolvido total ⁵ (SDT) (mg/L)	≤ 500 mg/L

FONTE: SAUTCHÚK et. al (2005).

Tabela 11 Critérios aplicados para irrigação de áreas de acesso irrestrito e restrito em vários países

Parâmetro	Chipre		Israel		Arábia Saudita
	IAI*	IAR**	IAI	IAR	IAI
pH	-	-	-	-	6,0 a 8,4
SST	10 mg/L	45 mg/L	10 mg/L	20 mg/L	10 mg/L
DBO	15 mg/L	30 mg/L	15 mg/L	35 mg/L	10 mg/L
OD	-	-	0,5 mg/L	0,5 mg/L	-
Coliformes	100/100m	1000/100mL	-	-	-
Fecais	L				

* IAI – Irrigação de Acesso Irrestrito

** IAR – Irrigação de Acesso Restrito

FONTE: adaptado de USEPA (1992) citado por TOSETTO (2005)

3.6 Cooperativa Agroindustrial Lar

A história da Cooperativa LAR teve seu início no ano de 1956, quando migrantes dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina colonizaram o Oeste do Paraná. A Cooperativa foi fundada em 19 de março de 1964 por 55 (cinquenta e cinco) agricultores, pequenos proprietários rurais no município de Missal, Estado do Paraná. Na Assembléia Geral de Fundação, a Cooperativa recebeu, inicialmente, o nome de Cooperativa Agrícola Mista CIPAL LTDA – COMASIL (MARIN, 2005).

Durante 14 anos, a COMASIL teve sua sede administrativa no município de Missal. No início de 1970, sua sede administrativa foi transferida para o município de Medianeira, Estado do Paraná, visando melhor atender aos programas de expansão do Oeste do Paraná, e também, pelo fato de Medianeira localizar-se no eixo rodoviário que interliga o extremo-oeste do Estado com as demais regiões. No ano de 1973, com a reforma do Estatuto Social, ocorreu a mudança da razão social de COMASIL para Cooperativa Agropecuária Três Fronteiras LTDA – COTREFAL.

A Cooperativa Agropecuária Três Fronteiras LTDA (COTREFAL) decidiu mudar, em 27 de julho de 2001, a razão social para Cooperativa Agroindustrial LAR, com a sigla “LAR”.

A Cooperativa Agroindustrial LAR atua em agronegócios, comercializando produtos agropecuários, industrialização de soja, mandioca, vegetais congelados e enlatados, aves, comercialização de produtos da área de supermercados e insumos agrícolas. Seu ramo de atividades econômicas e produtivas é assim subdividido:

a) Unidades Industriais:

- Industrialização da mandioca - Missal, PR;
- Industrialização de soja e empacotamento de produtos agrícolas comestíveis - Céu Azul, PR;
- Industrialização de aves e carnes - Matelândia, PR;
- Industrialização de vegetais congelados e conservas - Itaipulândia, PR;
- Industrialização de rações - Medianeira e Santa Helena, PR.

b) Produção de Leitões - Itaipulândia;

c) Produção de Matrizes de Suínos - Medianeira;

d) Unidade de Beneficiamento de Sementes de soja - Xanxerê, SC;

e) Unidade de Beneficiamento de Sementes de soja - Iguatemi, Maracaju, Aral, Moreira e Amambaí, MS.

f) Unidade de Beneficiamento de Sementes de trigo e aveia - Medianeira;

g) Matriseiro e Incubatório de pintainhos - Santa Helena;

h) Rede de Supermercados na área de ação da LAR;

i) Postos de Combustíveis - Medianeira e Boa Vista, município de Céu Azul.

Sua política de gestão contempla desde a plantação até a comercialização dos produtos e serviços produzidos pelo seu quadro de associados, bem como formação, capacitação e desenvolvimento de seus funcionários e associados (SERRAGLIO, 2005).

MARIN (2005) cita que em 1991 a Cooperativa implantou o programa de industrialização, mudando seu perfil de uma “cooperativa basicamente agrícola para uma cooperativa produtora de alimentos industrializados”, considerando o processo de globalização da economia e as novas alternativas e nichos de mercado, geração de trabalho e renda.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição do local da pesquisa

4.1.1 Dados gerais da Unidade Industrial de Vegetais - UIV

O trabalho experimental foi realizado na Cooperativa Agroindustrial LAR, Unidade Industrial de Vegetais (UIV), localizada no município de Itaipulândia, região oeste do Estado do Paraná. Essa unidade foi inaugurada em 1998, ocupa atualmente uma área construída de aproximadamente 7.120 m² e conta com um quadro de 150 colaboradores diretos que operam em três turnos de trabalho. A agroindústria tem como objetivo viabilizar as pequenas propriedades rurais lindeiras ao lago da Usina Hidrelétrica de Itaipu, otimizando a mão-de-obra das famílias associadas e agregando valor à produção da região.

Atualmente, a indústria possui uma capacidade instalada para processar cerca de 450 toneladas/mês de vegetais, em duas linhas principais de produtos: os congelados e os enlatados, conforme destacado na Tabela 12.

Tabela 12 Variedades de produtos processados na UIV

Vegetais congelados	Vegetais enlatados
Abóbora	<i>Abóbora</i>
Batata-cubo e Batata palito	<i>Azeitona</i>
Brócolis	<i>Dueto (milho verde e ervilha)</i>
Cenoura	<i>Ervilha</i>
Couve-flor	<i>Feijão</i>
Ervilha	<i>Pepino</i>
Mandioca palito e tolete	<i>Milho verde</i>
Milho verde	<i>Seleta de legumes</i>
<i>Polenta</i>	<i>Mix</i>

Fonte: LAR (2006).

A unidade industrial possui certificação ISO 9001:2000, em cadeia integral, oferecendo ao consumidor produtos 100% naturais, sem conservantes, o que garante a manutenção do sabor natural e de sua qualidade, de acordo com as conformidades e exigências do mercado nacional e internacional. Atualmente, sua posição no mercado é privilegiada, pois ocupa o primeiro lugar no ranking de maior indústria do país que processa enlatados e congelados.

4.1.2 Delimitação do trabalho

Conforme apresentado na Tabela 12, a indústria opera com uma variada gama de produtos vegetais enlatados e congelados, entretanto, o processamento depende de fatores sazonais (período de safra), mercado, entre outros. Dessa forma, para efeitos desta pesquisa, durante a coleta de dados de campo, a indústria estava processando milho enlatado e congelado e brócolis congelado, sendo, então, esses os produtos analisados.

O alvo desta pesquisa foi realizar uma avaliação do consumo da água utilizada no processamento industrial dos vegetais, não sendo consideradas as águas que abastecem a caldeira, os banheiros e aquelas incorporadas nos produtos, como salmoura e congelamento.

4.1.3 Metodologia utilizada

Para realização do trabalho foram executadas as seguintes atividades:

a) *Visita a indústria*: o processo de coleta de dados iniciou-se com visitas a unidade industrial, em que foram levantadas todas as atividades desenvolvidas, bem como, quais tipos de vegetais estariam sendo processados no período, os sistemas de abastecimento de água e de tratamento de efluentes, entre outros.

b) *Elaboração dos fluxogramas do processo industrial*: após definição dos vegetais a serem estudados (milho enlatado e brócolis congelado), foram elaborados de forma cuidadosa, com base nos fluxogramas existentes na unidade, fluxogramas de todas as etapas de industrialização desses vegetais, visando a identificação dos processos que fazem uso da água.

c) *Avaliação do consumo de água*: foi realizado o levantamento do consumo da água de processo durante o enlatamento do milho e o congelamento do brócolis. Foram identificados 25 pontos de consumo de água dentro dos processos industriais estudados e mais um ponto que abastece toda a unidade, denominado de cisterna, conforme apresentado nas Tabelas 13 e 14. Tais pontos foram definidos em função da relevância quanto ao consumo de água e estão dispostos nas tabelas de acordo com sua localização em cada etapa produtiva. Deve-se salientar que não foram contabilizados consumos nas instalações sanitárias, caldeira, entre outros.

Tabela 13 Pontos de consumo de água do processamento do milho enlatado

Etapa	Ponto	Descrição do ponto
	0	Cisterna
Despalhamento	1	Tanque de despalhamento (externo)
	2	Bicos da despalhadeira externa
Lavagem	3	Bicos da lavagem da espiga (parte externa)
Desgranamento	4	Tanque do desgranador
	5	Alimentador do tanque do desgranador
Lavagem dos grãos; classificação mecânica	6	Bicos do lavador do caracol (em cima)
	7	Bicos da lavagem da peneira de baixo
	8	Bicos de lavagem da peneira superior
	9	Tanque debaixo do caracol
	10	Volume do último tanque da seção de lavagem
	11	Alimentador do último tanque da seção de lavagem
Branqueamento	12	Cano de saída da lavagem (no chão)
	13	Volume do tanque do branqueador rotativo
	14	Saída do cano do branqueador rotativo para a lagoa
Envase	15	Bicos para esterilização de embalagem vazia
Esterilização	16	Tanque de esterilização de lata cheia

Tabela 14 Pontos consumo de água do processamento do brócolis congelado

Etapa	Ponto	Descrição do ponto
Armazenagem	17	Hidratação do brócolis na armazenagem
Lavagem	18	Tanque de lavagem do brócolis
	19	Tanque do branqueamento contínuo
	20	Selo d'água do branqueador contínuo
	21	Reposição de água no tanque do branqueador contínuo
Resfriamento	22	Tanque de resfriamento
Sanitização	23	Esteira de sanitização anterior ao túnel de congelamento
Congelamento	24	Degelo do túnel de congelamento
Estocagem	25	Degelo das câmaras de congelamento

Em cada ponto foram realizadas duas medições de vazão. Para isso, utilizou-se um cronômetro digital e recipiente de volume conhecido. Não foi possível a instalação de hidrômetros devido às particularidades das operações unitárias, uma vez que elas não contam com malhas de medição ou controle de registro instalado.

Os dados encontrados foram convertidos em volume (m³) e massa (tonelada) de água consumida ou produzida diariamente. Para isso, considerou-se a jornada de trabalho, igual a 17,6 horas, equivalente a dois turnos de 8 horas e 48 minutos para os pontos com uso contínuo de água. Já para os pontos que correspondem a volume de tanques, em que há recirculação de água, os dados foram multiplicados por 4, uma vez que esta água é renovada a cada 4 horas de trabalho.

d) Elaboração do balanço de massa em cada linha: o balanço de massa pode ser uma ferramenta de gestão útil para a avaliação dos processos produtivos, a fim de quantificar as matérias-primas consumidas, os produtos, subprodutos e resíduos gerados. Desta forma, foram considerados como *inputs*, as matérias-primas, que correspondem ao milho, ao brócolis e à água que alimenta o sistema de produção; e os *outputs*, compostos pelos resíduos sólidos, efluentes líquidos e, ainda, os produtos finais: milho enlatado e brócolis congelado (LIMA, 2001).

A confecção do balanço de massa, somada as informações detalhadas e particularidades de cada etapa dos processos estudados foi a base para determinar as áreas mais críticas em relação ao consumo de água e sua contribuição na geração de efluentes, para posterior identificação e avaliação técnica de possibilidades de reúso de água.

e) *Análises físico-química e microbiológica*: de posse dos dados dos volumes consumidos em cada etapa, foram coletadas amostras dos pontos que apresentavam maiores potencialidades de reúso, em função da quantidade e do tipo de uso da água. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório Central da Cooperativa para realização de análise físico-química e microbiológica da água. Foram avaliados os seguintes parâmetros:

- Alcalinidade (método titulométrico);
- Coliformes termotolerantes (NMP);
- Condutividade elétrica (condutivímetro);
- Dureza (método titulométrico);
- Potencial hidrogeniônico (potenciômetro);
- Turbidez (turbidímetro nefelométrico).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo está estruturado em três partes distintas: na primeira, tem-se a descrição detalhada dos dois processos industriais estudados; na segunda, são discutidos os resultados do consumo de água nas duas linhas produtivas e, em seguida, são apresentadas as potencialidades de reúso identificadas nas etapas pesquisadas.

5.1 Descrição dos processos industriais

Conforme citado, o processamento industrial dos vegetais se dá basicamente em duas linhas principais: a que produz vegetais congelados e a que opera com vegetais enlatados.

As fases que compõem o processamento de vegetais enlatados, listadas na seqüência, descrevem de forma generalizada as etapas envolvidas, no entanto vale ressaltar, que cada vegetal possui suas particularidades que são acrescidas no decorrer das atividades de enlatamento. Sendo assim tem-se as seguintes etapas: (i) recepção e classificação da matéria-prima; (ii) preparo preliminar; (iii) lavagem; (iv) classificação mecânica; (v) branqueamento; (vi) seleção; (vii) enlatamento; (viii) recravação; (ix) esterilização; (x) secagem e encaixotamento; (xi) estocagem e; (xii) comercialização.

De modo genérico, o processo de congelamento de vegetais é composto pelas seguintes etapas: (i) recepção da matéria-prima e preparo preliminar; (ii) lavagem; (iii) seleção e classificação; (iv) operações complementares do preparo da matéria-prima (corte); (v) branqueamento; (vi) resfriamento; (vii) congelamento; (viii) embalagem; (ix) armazenamento congelado (estocagem) e; (x) comercialização.

O *lay out* das linhas de produção permite industrializar paralelamente matérias-primas congeladas e enlatadas, desde que sejam de diferentes vegetais, pois não é possível operar conjuntamente as linhas de enlatados e

congelados, com um mesmo tipo de matéria-prima. Este procedimento acontece para que as máquinas sejam otimizadas da melhor forma possível, no entanto, a operacionalização destas linhas de produção concomitantemente depende da sazonalidade dos produtos, ou seja, de sua safra durante o ano. Por outra forma, tem-se ainda a opção de se congelar qualquer tipo de vegetal sem que a linha de enlatados esteja em funcionamento.

Para exemplificar este arranjo, tem-se que, quando a unidade industrial opera com milho enlatado, por exemplo, um vegetal diferente deve ser congelado, uma vez que para o processamento do milho, a fase de preparação da matéria-prima é a mesma e, portanto, esta não consegue atender a demanda das duas linhas produtivas.

5.1.1 Descrição do processamento do milho enlatado

O processo de enlatamento de milho segue as seguintes etapas:

Recepção e classificação da matéria-prima

A matéria-prima é transportada *in natura* até a indústria por meio de caminhões que são pesados e, no mesmo momento, são recolhidas amostras com o objetivo de classificar o milho de acordo com os critérios de controle de qualidade. Essa etapa pode ser visualizada na Figura 3.



Figura 3 Pátio de recebimento do milho.

Despalhamento

Esta etapa inicia-se quando a matéria-prima é encaminhada a um tanque contendo água aquecida a uma temperatura de aproximadamente 95°C (Figura 4), permanecendo na unidade por alguns minutos. A seguir, as espigas percorrem um túnel de vapor, onde a palha é retirada por despalhadeiras mecânicas. Essa palha é separada, passa por um processo de moagem em triturador e segue para a área externa da indústria.

Lavagem

Após o despalhamento, as espigas recebem jatos de água aquecida a uma temperatura de 40°C, conforme apresentado na Figura 5. Nesta etapa, é realizada, também, a seleção manual das espigas que não foram completamente despalhadas.



Figura 4 Tanque de despalhamento mecânico.



Figura 5 Lavagem das espigas.

Desgranamento

Após a lavagem e seleção, as espigas são encaminhadas por meio de esteiras até a unidade desgranadeira, na qual os grãos são retirados mecanicamente. A alimentação das espigas é realizada manualmente. Os sabugos são encaminhados até um triturador, transformados em subprodutos e posteriormente comercializados. A Figura 6 traz uma vista parcial da esteira de alimentação da desgranadeira.



Figura 6 Vista parcial da etapa de desgranamento.

Lavagem dos grãos e classificação mecânica

Nesta fase, acontece a lavagem dos grãos (Figura 7), em água aquecida a temperatura de 60°C a 70°C, com o objetivo de retirar os “cabelos”,

películas e outras impurezas. Em seguida acontece o processo de seleção dos grãos por tamanho, através de anteparos e peneiras rotatórias (Figura 8).



Figura 7 Lavagem dos grãos.



Figura 8 Classificação mecânica dos grãos em peneiras rotatórias.

Inspeção e Seleção

Nesta etapa, os grãos são novamente selecionados retirando-se aqueles que apresentam algum defeito, tais como resíduos de palha, grãos escuros ou outras impurezas.

Branqueamento

O branqueador é um equipamento rotativo (Figura 9), contendo um reservatório de água aquecida por serpentina, a uma temperatura que varia entre 70°C a 90°C. À medida que o tambor gira, os grãos são forçados a atravessar a unidade em contato com a água aquecida. Ao final, o produto passa por uma etapa de resfriamento com a aspersão de água fria. O tempo total dessa etapa tem duração de aproximadamente 3 a 5 minutos.



Figura 9 Detalhe do branqueador rotativo.

Seleção

Essa nova seleção da matéria-prima tem como objetivo retirar os grãos que ainda estejam fora dos padrões de qualidade ou com a presença de possíveis resíduos remanescentes.

Envase

Na seqüência, os grãos são encaminhados, por uma esteira elevatória, até a envasadora rotativa automática. Nesta etapa, as latas são alimentadas por um despaltizador, que adiciona o milho até atingir o peso líquido drenado da embalagem, que é de 200 gramas. Depois de cheias, as latas são conduzidas automaticamente para a complementação do volume com salmoura, atingindo assim o peso líquido de 300 gramas. As latas com o milho passam por uma salmoureira, que adiciona a salmoura a uma temperatura de 85°C. A Figura 10 ilustra o momento em que as latas são encaminhadas para a envasadora.



Figura 10 Transporte das latas até a envasadora.
Recravação

Nesta etapa ocorre a colocação das tampas e o fechamento das latas em recravadeira automática.

Esterilização

Depois de fechadas, as latas são colocadas numa embalagem intermediária, denominada cesto, para serem conduzidas ao processo de esterilização. Essa etapa ocorre em autoclave (Figura 11), com temperatura aproximada de 122°C por um período de 1h10min, objetivando o cozimento e a esterilização do milho.



Figura 11 Detalhe da autoclave utilizada para esterilização e cozimento.

Resfriamento

O resfriamento é realizado na própria autoclave ou em tanque separado, por meio de recirculação de água fria, até que a temperatura da lata atinja cerca de 35°C.

Secagem e codificação da embalagem

Após saírem da autoclave, as latas são encaminhadas para secagem por meio da aspersão de ar comprimido, visando à retirada da umidade externa (Figura 12). Posteriormente, as tampas superiores das latas recebem o carimbo da codificação que compreende a data de fabricação, prazo de validade, número do lote e hora de processamento.



Figura 12 Etapa de secagem externa das latas.

Seleção e encaixotamento

Nesta etapa, as latas são selecionadas manualmente retirando-se as amassadas, com erro de litografia, ou outros defeitos. Aquelas que são aprovadas seguem para encaixotamento e paletização.

Estoque e expedição

Nesta etapa, as latas ficam armazenadas até serem liberadas para o carregamento.

O fluxograma do processamento de milho enlatado pode ser visualizado na figura 13, apresentada na seqüência.



Figura 13 Fluxograma do processamento de milho enlatado.

5.1.2 Descrição do processamento do brócolis congelado

Recepção e classificação da matéria-prima

A recepção da matéria-prima inicia-se quando o brócolis *in natura* chega a indústria, transportado em caminhões. Após o descarregamento, o brócolis é resfriado a uma temperatura controlada entre 0° a 10°C. Em seguida, realiza-se o laudo de recebimento e a classificação do produto.

Preparo ou corte

O preparo da matéria-prima é realizado na parte externa da unidade industrial, conhecida como área suja. Em mesas apropriadas de aço inox, os floretes do brócolis são cortados, em medidas padronizadas, com comprimento que varia entre 2,0 a 7,0 cm e diâmetro na faixa de 3,0 a 7,0 cm, retirando-se os talos. A Figura 14 ilustra o processo de corte dos floretes de brócolis.



Figura 14 Detalhe das mesas de corte do brócolis.

Acondicionamento

A matéria-prima já cortada em floretes é colocada em caixas plásticas e deixada na câmara de resfriamento, a uma temperatura de aproximadamente 5°C, até o momento do processamento. Nesse período, os floretes são molhados periodicamente com água potável, para evitar que fiquem com aspecto murcho.

Lavagem

Conforme a demanda, os floretes são colocados em uma esteira (Figura 15) e chegam ao tanque de lavagem (Figura 16) que contém água clorada a uma concentração de 2 mg/L, à temperatura ambiente.



Figura 15 Vista da esteira que encaminha os floretes para o tanque de lavagem.



Figura 16 Vista superior do tanque de lavagem dos floretes de brócolis.

Branqueamento

Esta etapa consiste em mergulhar, por meio de uma esteira com velocidade de 50 a 54 Hz os floretes em água aquecida a uma temperatura de 95°C, por um tempo de 15 minutos (Figura 17). A cada hora, é realizado um teste enzimático para verificar a eficiência do branqueamento, conforme padrão específico. Esta operação tem por finalidade inativar enzimas, destruir a microflora contaminante, fixar a cor do produto e retirar o ar dos tecidos.



Figura 17 Vista do tanque de branqueamento contínuo da linha de congelados.

Resfriamento

Após o branqueamento, o produto permanece na mesma esteira e passa por chuveiros com aspensão de água a temperatura ambiente, até o seu resfriamento (Figura 18).



Figura 18 Vista parcial do tanque de resfriamento da linha de congelados.

Inspeção final

Ao sair do tanque, os floretes passam por uma avaliação visual, com o objetivo de retirar os floretes que apresentam alterações ou que estejam fora dos padrões de qualidade exigidos.

Congelamento IQF (Individuality Quick Frozen)

Os floretes são congelados em esteira contínua, com líquido de refrigeração a base de amônia. Na entrada do túnel de congelamento, a temperatura está na faixa de 25°C. O processo de pré-congelamento inicia-se em esteira com maior velocidade e tempo de permanência do produto de aproximadamente 4 a 6 minutos. Em seguida, os floretes de brócolis seguem para a esteira de congelamento, que possui menor velocidade e o tempo de permanência na faixa de 6 a 8 minutos. A temperatura do produto, na saída do túnel, fica em aproximadamente – 18°C.

Embalagem

O acondicionamento dos produtos acontece em duas etapas: a primeira ocorre na saída do túnel de congelamento, em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 13 kg que são costurados e encaminhados para a câmara de estocagem. Em seguida, os produtos são embalados em caixas de papelão resistente, conforme a demanda de mercado, em embalagens de 500g e 1 kg. Nas embalagens são identificados o peso líquido do produto, o número de lote, a data de fabricação e o prazo de validade.

Estocagem e expedição

As embalagens são estocadas em uma câmara frigorífica, a temperatura próxima de -18°C , até o momento da expedição, considerando o prazo de validade do produto que é de no máximo 24 meses.

As principais etapas de processamento do brócolis são apresentadas na Figura 19.

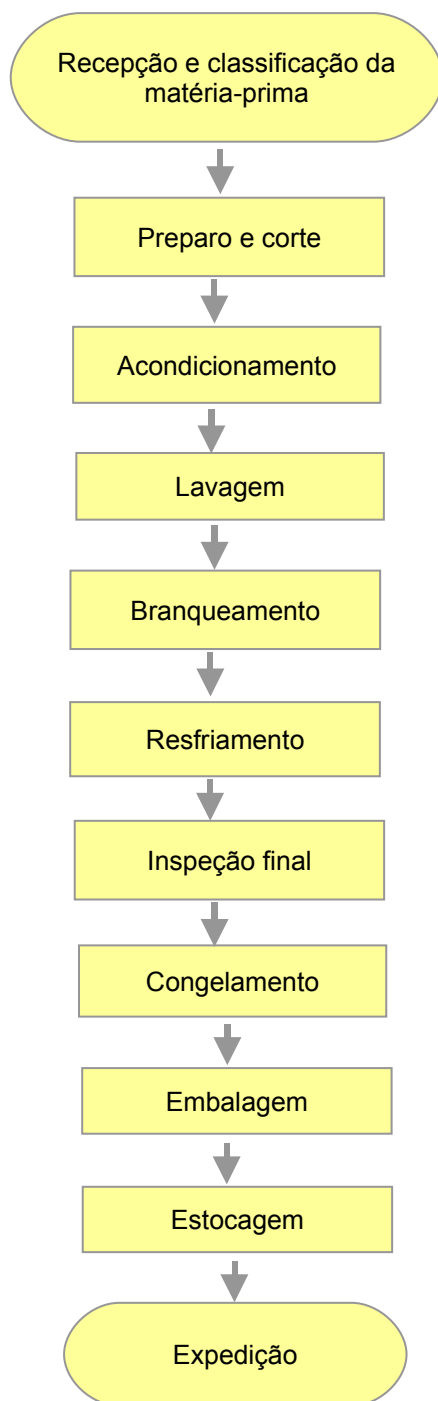


Figura 19 Fluxograma do processamento de brócolis congelado.

5.2 Sistema de abastecimento de água

Para atender a demanda de água da Unidade Industrial de Vegetais, é utilizada como fonte de abastecimento água subterrânea proveniente de três poços profundos. Cada poço possui uma capacidade média de produção de 23,46 m³/h, 10,80 m³/h e 4,62 m³/h, respectivamente, com períodos de funcionamento de até 21 horas diárias. A água é armazenada em uma cisterna, onde recebe cloro e bombeada para um reservatório elevado de onde distribuí para toda a unidade industrial. Este ponto foi denominado de *P0*.

5.3 Consumo de água para o processo de enlatamento de milho

Na Tabela 15 são apresentados os volumes de água consumida nas diferentes etapas do processamento de aproximadamente 93,1 toneladas de milho enlatado.

Tabela 15 Volume médio de água consumido nas diversas etapas de enlatamento de milho

Etapas do processo	Ponto	Volume médio (m³/dia)	Coefficiente de variação (%)
Despalhamento	P1	9,42	0,0
	P2	30,49	0,05
Lavagem	P3	122,87	0,007
Desgranamento	P4	1,64	0,0
	P5	6,33	0,0
Lavagem e classificação mecânica	P6	50,26	0,01
	P7	36,46	0,01
	P8	30,82	0,03
	P9	3,38	0,008
	P10	1,04	0,0
	P11	34,28	0,89
Branqueamento	P12	63,36	0,0
	P13	21,13	0,42
	P14	26,4	0,28

Tabela 15 Cont.

Envase	P15	5,27	0,28
Esterilização	P16	51,84	0,0

Durante a fase experimental, ao se analisar a quantidade de matéria-prima *in natura* processada, observaram-se variações diárias substanciais, devido ao fornecimento do milho. Desse total, aproximadamente 33% se converteu em produto enlatado, e o restante, considerado resíduo sólido, constituído de palha, sabugo e cabelos de milho, foi encaminhado por uma esteira até um triturador e posteriormente vendido como subproduto aos agricultores associados à Cooperativa, agregando valor no processo de gerenciamento de resíduos. A Figura 20 mostra o triturador alimentando um caminhão com esses resíduos.



Figura 20 Detalhe do triturador de resíduos de milho e do carregamento do caminhão.

A Figura 21 apresenta a distribuição do consumo de água nas diferentes etapas deste processo. Nota-se que a maior parcela da água é utilizada para a lavagem, tanto da espiga quanto dos grãos, e também para o transporte hidráulico.

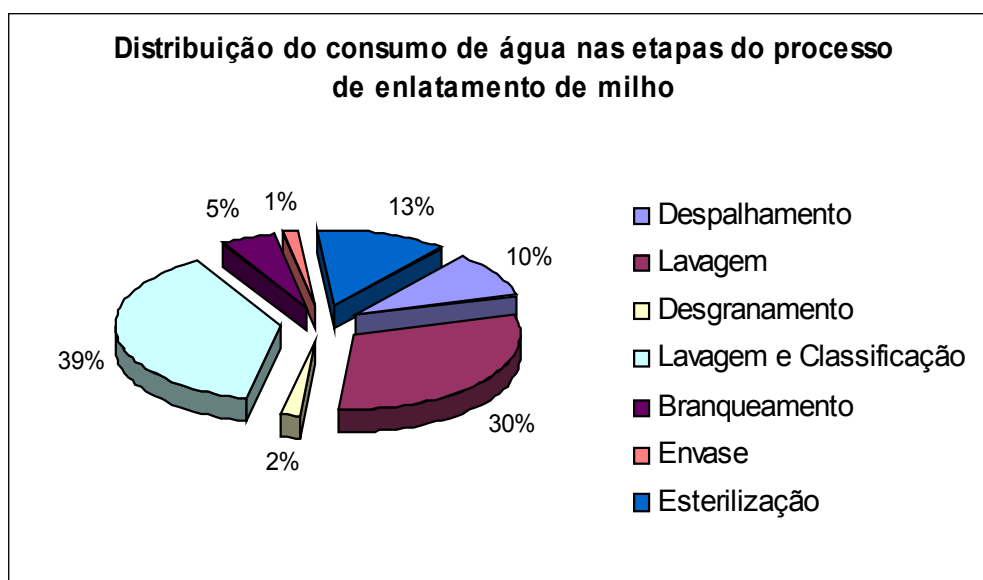


Figura 21 Distribuição do consumo de água nas diferentes etapas de enlatamento de milho.

A Figura 22, na seqüência, traz o balanço de massa, em que são apresentados os dados de entradas e saídas de água e resíduos sólidos.

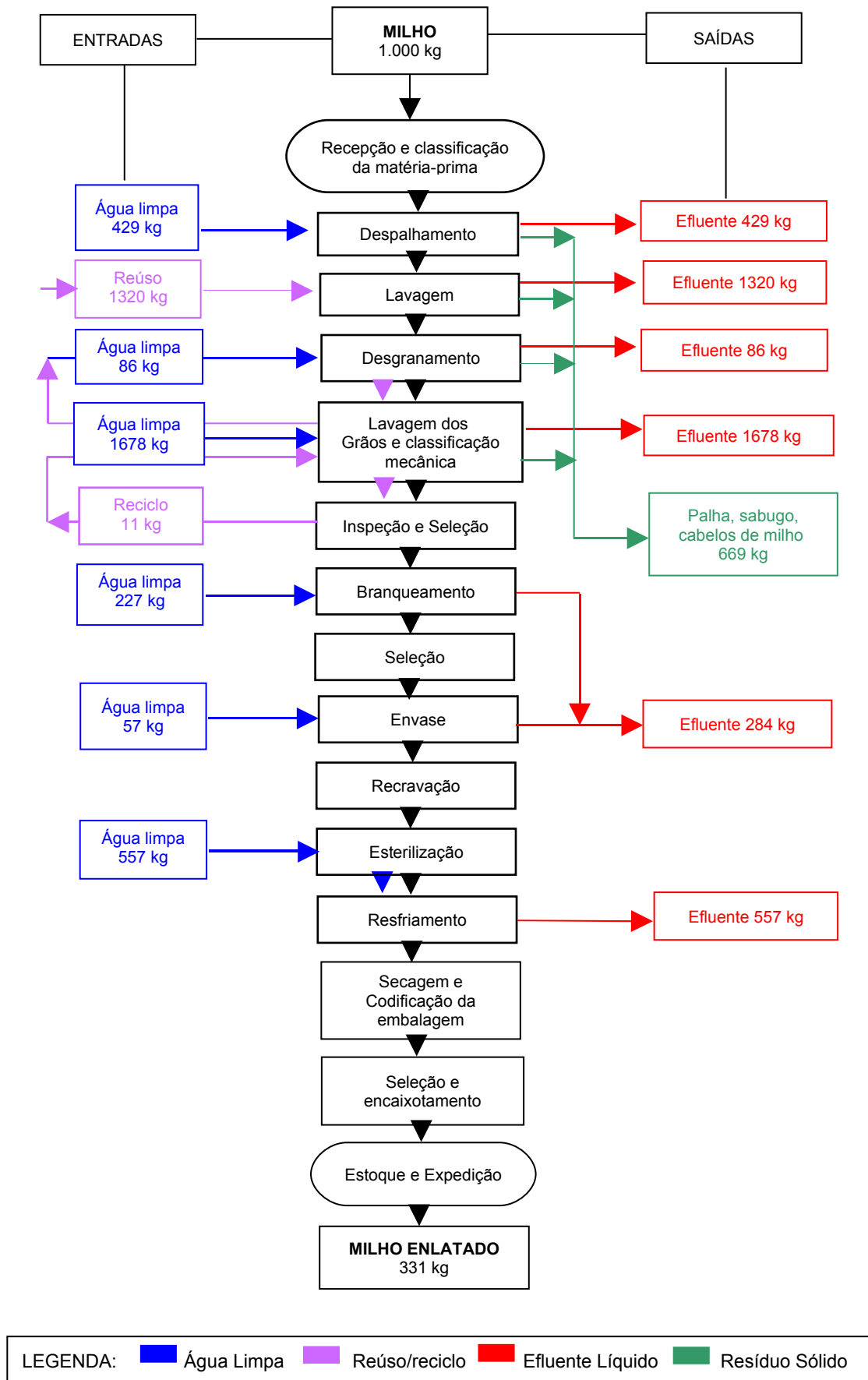


Figura 22 Balanço de massa do processo de enlatamento de milho.

De acordo com o balanço realizado, a quantidade de matéria-prima processada e utilizada como base de cálculo, foi de 93,1 toneladas, sendo que 33% foram convertidos em produto final e 67% foram descartados como resíduos sólidos.

Como forma de tornar mais eficaz o processo produtivo, a UIV prima pela otimização do uso das máquinas e equipamentos para maximizar os rendimentos da linha de produção. Para tanto, eventualmente ocorrem o processamento de vegetais congelados e milho enlatado concomitantemente. Quando isso acontece há um reúso significativo de água, de uma linha para outra, logo, tem-se aí um cenário de grande relevância para o presente trabalho. Assim, no processo de enlatamento de milho, o total de água limpa consumida, convertida em massa, foi de 282,36 toneladas.

Das 282,36 toneladas de água limpa que alimentam o processo de enlatamento de milho, a etapa de despalhamento necessita de 429 kg de água para processar 1 tonelada de milho.

Para a etapa de lavagem, denominada de *P3*, há um consumo mais expressivo, ou seja, para cada tonelada de milho processado são gastos 1.320 kg de água. Nesta etapa, quando a indústria opera simultaneamente com as linhas de enlatado e congelado, é praticado o reúso da água, proveniente do sistema de resfriamento da linha de congelados.

A água reutilizada na lavagem das espigas, ponto denominado de *P3*, que representa 30% do total consumido para o processo de enlatados, é proveniente da etapa de resfriamento, da linha de congelados. Este reúso acontece toda vez que as duas linhas estão em operação e independe do tipo de matéria-prima que está sendo resfriada na linha de congelados, pois a etapa de lavagem das espigas requer qualidade inferior àquela água do resfriamento, portanto, salienta-se a importância de dar continuidade a este procedimento, para a redução da captação de água limpa.

A redução no consumo de água captada da cisterna é significativa, pois quando o reúso acontece, o consumo total está estimado em 282,36 toneladas de água, o que significa dizer que para cada tonelada de milho a ser enlatado, tem-se a utilização de 3034 kg de água. Quando este reúso não é possível, o volume, em termos de massa, necessário para suprir as necessidades hídricas de cada etapa é de 405,23 toneladas, isso quer dizer

que para cada tonelada de milho que será enlatado, há um consumo de 4354 kg de água limpa.

Para a etapa de desgranamento há um baixo consumo de água, representando apenas 2% do total demandado. Além disso, uma vez alimentado, a água do tanque é recirculada. Nesta fase, não se identifica possibilidade de reúso, pois a água apresenta-se com elevada concentração de sólidos, conforme pode ser observado na Figura 23.



Figura 23 Detalhe do aspecto da água no tanque de desgranamento.

De acordo com o gráfico (Figura 21) e o balanço de massa (Figura 22), merece destaque a operação de lavagem e classificação mecânica dos grãos, pois representa cerca de 39% da água utilizado em todo o processo de enlatamento. Para esta etapa, cada tonelada de milho produzido, consome aproximadamente 1678 kg de água.

Nas etapas de branqueamento e envase, são consumidos cerca de 5% e 1% do total de água gasta pelo processo, respectivamente, não se configurando em ponto crítico. Vale ressaltar que a água utilizada na etapa de envase corresponde ao processo de esterilização da embalagem ainda vazia.

A operação de esterilização de embalagens fechadas consome 13% do total da água demandada, ou seja, para processar 1 tonelada de milho é necessário 557 kg de água. Apesar deste percentual não ser significativo em relação às etapas de lavagem e classificação mecânica dos grãos, pode-se considerar um ponto com elevada potencialidade de reúso, já que esta água não entra em contato direto com o produto e é utilizada uma única vez, sendo em seguida descartada para a linha do sistema de tratamento. Durante as medições observou-se que a água apresenta-se límpida, não sendo notada a presença de sólidos suspensos ou decantáveis.

5.4 Consumo de água para o processo de congelamento de brócolis

O processo de congelamento do brócolis é sazonal, entre junho a agosto. Do total de matéria-prima que chega a agroindústria, cerca de 75% se transformam em produto, sendo o restante compreendido pelos resíduos sólidos formados pelos talos. Estes por sua vez são doados aos agricultores associados.

Para o processamento de 10,7 toneladas de brócolis, o consumo de água nas diversas etapas do processo é apresentado na Tabela 16.

Tabela 16 Volume médio de água consumido nas diversas etapas de congelamento do brócolis

Etapas do processo	Ponto	Volume médio (m³/dia)	Coefficiente de variação (%)
Acondicionamento	P17	8,01	0,01
Lavagem	P18	2,30	00,0
	P19	3,80	0,0
Branqueamento	P20	5,28	0,47
	P21	3,60	0,0
Resfriamento	P22	270,75	0,57
Congelamento	P23	47,52	0,47
	P24	10,80	0,0
Estocagem	P25	2,25	0,0

Observa-se que foram consumidos cerca de 354,31 m³ de água, com média de aproximadamente 33,10 m³ de água por tonelada de matéria-prima processada. A Figura 24 apresenta a distribuição do consumo de água nas diferentes etapas do processo. Consta-se que, desse total, a maior parcela de água (76%) é utilizada na etapa de resfriamento.

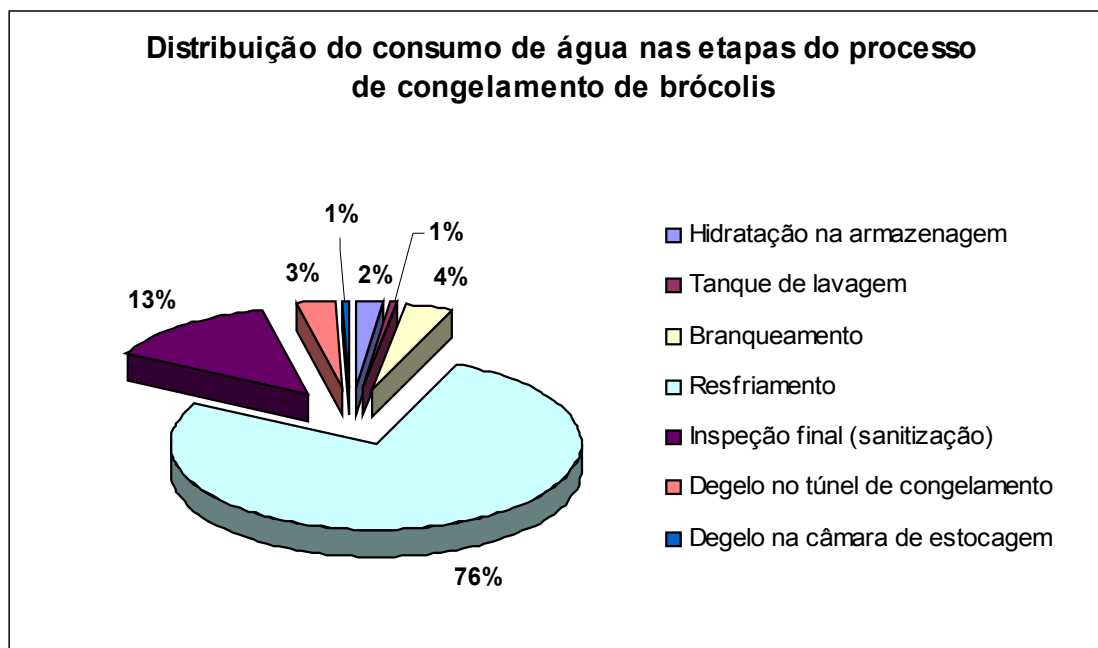
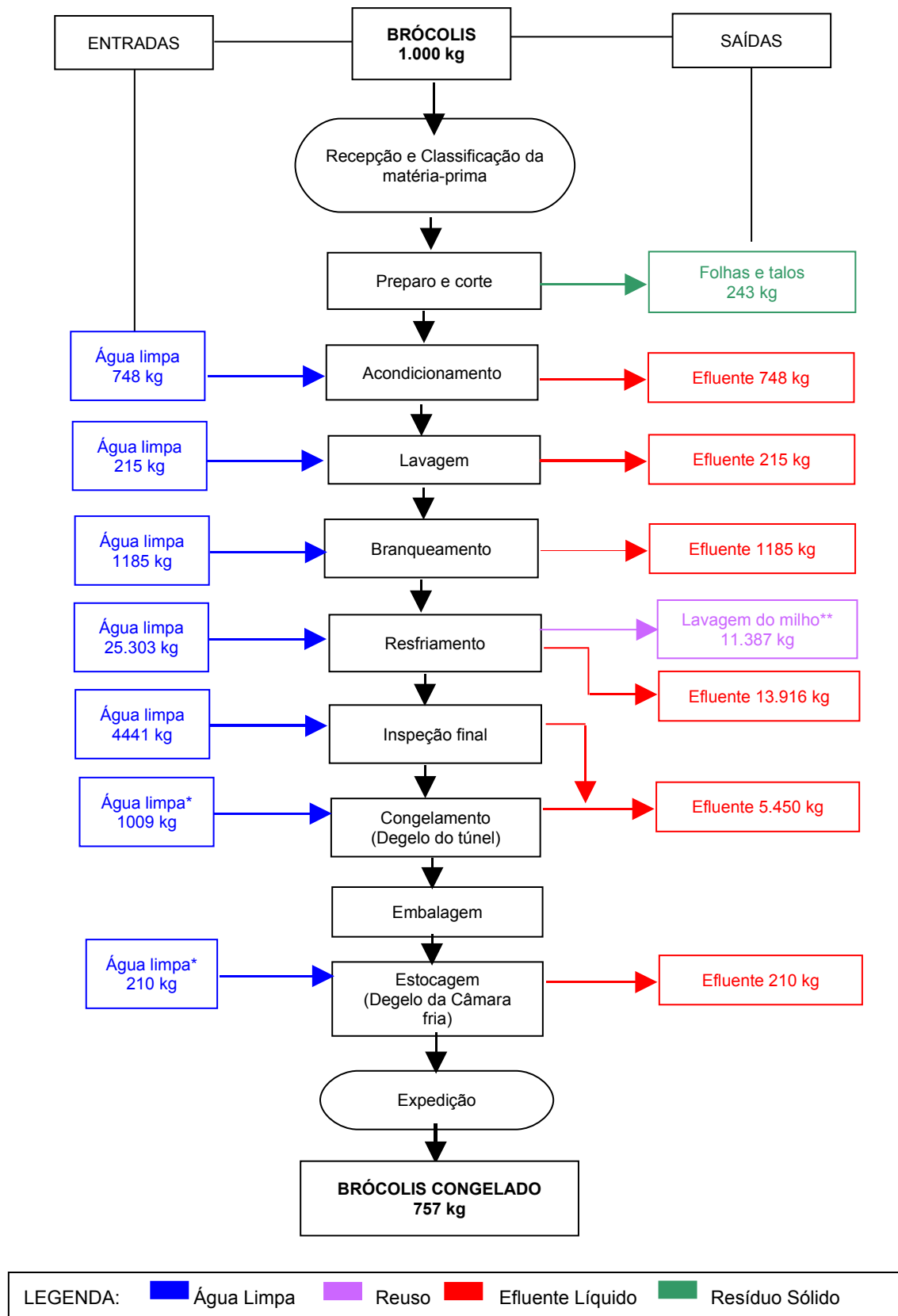


Figura 24 Distribuição do consumo de água nas etapas do congelamento de brócolis.

A Figura 25, na seqüência, apresenta o balanço de massa elaborado a partir das entradas de matéria-prima e água e das saídas que compreendem o produto final, resíduos sólidos e água residuária. Utilizou-se a unidade funcional de 1.000 kg para a matéria-prima processada, sendo que aproximadamente 76% foram convertidos em produto final e o restante descartado como resíduos sólidos ou transportados com os efluentes para o sistema de tratamento.



* água não incorporada ao processo produtivo, utilizada para fins de degelo

** pode ir para a lavagem das espigas de milho

Figura 25 Balanço de massa do processo de congelamento de brócolis.

Das 33,11 toneladas de água limpa por tonelada de brócolis *in natura* que alimentam o processo, a etapa de hidratação da matéria-prima, denominada também de “acondicionamento”, utiliza cerca de 748 kg de água. Já para a etapa de lavagem, referente ao *P18*, tem-se que sua demanda hídrica igualmente não é expressiva, representando 1% do consumo total, o que significa dizer que para cada tonelada de brócolis processado, são gastos 215 kg de água.

Na etapa de branqueamento do brócolis, há um consumo que representa cerca de 4% da demanda total de água, o que equivale, em termos de massa, a 1185 kg por tonelada de matéria-prima.

Na seqüência, tem-se a etapa de resfriamento dos floretes de brócolis. De acordo com a avaliação feita, e com base nas Figuras 24 e 25, esta fase é classificada como um ponto crítico, por utilizar aproximadamente 76% da água total consumida. Assim, nessa etapa, tem-se que para cada tonelada de brócolis processado, são necessários 25.303 kg de água limpa. Entretanto, deve-se destacar que, parte desse volume, ou seja, aproximadamente 45%, podem ser reutilizados na linha que processa milho enlatado, especificamente na etapa de lavagem da espiga.

Com o segundo maior consumo de água, tem-se a etapa de inspeção final do produto, conhecida também como sanitização, que antecede o congelamento. Aqui, a água desempenha dupla função; primeiramente é utilizada para efetuar a sanitização do produto (Figura 26) e, em segundo lugar, tem a função de fazer o degelo da esteira que leva o brócolis ao túnel de congelamento. Para esta fase são necessários 4.441 kg de água limpa para cada tonelada de brócolis processado, valor que representa 13% da demanda total.



Figura 26 Vista parcial da etapa de sanitização antes do túnel de congelamento.

Durante as medições, observou-se que esta água não apresentava partículas em suspensão a ponto de torná-la visualmente turva, sendo considerada então, um ponto com potencial de reutilização, podendo ser encaminhada para a lavagem na área externa do pátio.

A água utilizada nas etapas de congelamento e estocagem, que representa cerca de 4% do total demandado, é captada diretamente da cisterna, e é utilizada para efetuar o degelo do túnel de congelamento e da câmara fria. Esta água, considerada de boa qualidade, é utilizada uma única vez e, em seguida, descartada para o sistema de tratamento de efluentes, apresentando potencialidade de reúso em cascata.

A Tabela 17 apresenta um panorama geral sobre as quantidades de matérias-primas processadas nas duas linhas produtivas, bem como apresenta os valores de rendimento, consumo total de água e geração de resíduos sólidos. Já a Tabela 18 apresenta uma comparação entre as duas linhas estudadas, quanto ao seu consumo de água por kg de matéria-prima processada, consumo de água por kg de produto final e ainda apresenta dados

comparativos da quantidade de resíduos sólidos gerados por kg de matéria-prima e por produto final.

De acordo com os dados da Tabela 18, observa-se que a linha de brócolis congelado apresenta um maior consumo de água por kg de matéria-prima *in natura*, seguida do milho enlatado, sem e com reúso, respectivamente.

Quanto ao parâmetro kg de água consumida / kg de produto final, a linha de milho enlatado apresenta um consumo menor, em função da sua alta capacidade produtiva, superando a marca das 90 toneladas por dia.

Em termos de geração de resíduos sólidos, houve significativa variação entre as linhas de milho enlatado e brócolis congelado, considerando os parâmetros de kg de resíduo sólido / kg de matéria-prima e kg de resíduo sólido / kg de produto final. Observou-se que a contribuição da linha de milho enlatado é superior, apresentando 0,67 kg de resíduos sólidos / kg de matéria-prima *in natura* e 2,03 kg de resíduos sólidos / kg de produto final. A linha de brócolis congelado apresentou menores quocientes em termos de geração de resíduos sólidos.

Tabela 17 Quantidades de matérias-primas, produtos, consumo de água e geração de resíduos sólidos para as duas linhas produtivas

Parâmetro	Produtos		
	Milho Enlatado		Brócolis congelado
	Com reúso	Sem reúso	
Matéria-prima (ton/dia)	93,10	93,10	10,70
Produto final (ton/dia)	30,72	30,72	8,10
Consumo de água (ton/dia)	282,46	405,33	354,28
Resíduos sólidos (ton/dia)	62,38	62,38	2,60

Tabela 18 Valores comparativos entre as duas linhas estudadas, quanto ao seu consumo de água por kg de matéria-prima processada e por produto final e geração de resíduos sólidos por kg de matéria-prima processada e por kg de produto final

Parâmetro	Produtos		
	Milho Enlatado		Brócolis congelado
	Com reúso*	Sem reúso	
kg água / kg matéria-prima <i>in natura</i>	3,03	4,35	33,11
kg água / kg produto final	9,16	13,19	43,74
kg resíduo sólido / kg matéria-prima <i>in natura</i>	0,67	0,67	0,24
kg resíduo sólido / kg produto final	2,03	2,03	0,32

(*) considerando-se o reúso da água, já realizado pela indústria, na etapa de lavagem das espigas, proveniente da etapa de resfriamento de vegetais congelados.

5.5 Avaliação das possibilidades de reúso da água de processo na UIV

Diante dos dados que foram apresentados nos balanços de massa dos dois processos produtivos, foram avaliados os pontos com maior consumo de água e/ou que apresentavam melhor aspecto estético, a fim de se avaliar as potencialidades de reúso da água utilizada na UIV.

A Tabela 19 apresenta as etapas selecionadas dos processos estudados, os pontos específicos de coleta de água e as análises que foram realizadas. As amostras foram coletadas nas tubulações de saídas desses pontos.

Tabela 19 Pontos de coleta e tipo de análise realizada

PROCESSO	PONTO	TIPO DA ANÁLISE
	PONTO 0 (Cisterna)	Alcalinidade Condutividade elétrica Dureza pH Turbidez
Enlatamento de milho	PONTO 14 (Branqueador rotativo e envase)	Alcalinidade Condutividade elétrica Dureza pH Turbidez
Enlatamento de milho	PONTO 16 (Esterilização)	Alcalinidade Condutividade elétrica Dureza pH Turbidez
Congelamento de brócolis	PONTO 22 (Resfriamento)	Alcalinidade Coliformes termotolerantes Condutividade elétrica Dureza pH Turbidez

O balanço de massa realizado nos processos de enlatamento de milho e congelamento de brócolis identificou 3 etapas que apresentam consumo de

água elevado ou potencial para reúso, sendo assim, denominados de “ponto crítico”. O ponto 0 não é considerado como ponto crítico por se tratar da água da cisterna que alimenta toda a unidade industrial, no entanto uma amostra de água foi igualmente encaminhada para determinação dos parâmetros citados na Tabela 19, para efeito de comparação. Já os pontos 14, 16 e 22 são denominados pontos críticos.

A água utilizada nesses pontos é definida por MIERZWA (2002) como sendo fluido auxiliar, ou seja, pode ser utilizada em diversas atividades, destacando-se a preparação de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, veículo, ou ainda, para as operações de lavagem. O autor afirma ainda que, da mesma forma que a água utilizada como matéria-prima, o grau de qualidade da água para uso como um fluido auxiliar irá depender do processo a que esta se destina.

As características físico-químicas da água de cada ponto crítico estão apresentadas na Tabela 20 e serão discutidas na seqüência.

Tabela 20 Características das águas de processo da UIV

PARÂMETRO	PONTOS DE COLETA			
		Milho enlatado		Brócolis congelado
	0	14	16	22
Alcalinidade	100	180	40	100
Coliformes termotolerantes (NMP org/100 mL)	NA	NA	NA	≤ 16
Condutividade elétrica (μ S/cm)	203	1.055	152,2	225
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	49,99	119	17,99	47,99
pH (unidade)	8,76	4,70	7,99	8,48
Turbidez (UT)	1,07	188	12,80	12,50

NA – Não aplicável

O uso da água na agroindústria de alimentos é intenso, envolvendo desde a limpeza dos equipamentos e do ambiente até o processamento. A água pode conter vários componentes dissolvidos ou em suspensão que lhe

conferem características específicas e que podem limitar o seu uso na agroindústria por torná-la um veículo de contaminação do alimento, particularmente, quando contém microrganismos e substâncias corrosivas e/ou incrustadoras que causam danos aos equipamentos acima dos níveis permitidos pela legislação sanitária (RESENDE, 2003).

De acordo com a Portaria MS nº. 518 de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, os resultados encontrados para a água da cisterna (Ponto 0) revelam que a mesma está em conformidade com os padrões de aceitação para consumo humano, bem como atende aos padrões de qualidade para uso industrial, para os parâmetros de alcalinidade, dureza, pH e turbidez. Vale ressaltar que a análise microbiológica, para determinação de coliformes termotolerantes não foi realizada, pois a água passa por processo de desinfecção com a adição de cloro. Quanto à condutividade elétrica tem-se que para esta amostra de água, a quantidade de íons dissolvidos é baixa.

5.5.1 Possibilidades de reúso de água do ponto 14 – branqueamento rotativo e envase

As etapas de branqueamento rotativo e esterilização de latas vazias, também denominada de envase, somam um total de 26,4 toneladas de água consumida para processar toneladas de matéria-prima, que mesmo não sendo caracterizado como um ponto crítico, devido ao baixo consumo, presumiu-se a possibilidade de reúso em cascata, pelo tipo de uso que ela é submetida.

O resultado da análise de alcalinidade revelou um valor 180 mg/L de CaCO_3 , sendo que os limites para uso de água industrial não devem ultrapassar a 250 mg/L de CaCO_3 e os valores para reúso devem ser inferiores a 350 mg/L de CaCO_3 .

Para o parâmetro dureza, o valor medido foi de 119 mg/L de CaCO_3 , e RESENDE (2003) apresenta que os valores, considerados ideais para água de uso industrial, não devem ultrapassar 250 mg/L de CaCO_3 .

O valor do pH encontrado foi de 4,70, não atendendo ao limite estipulado pelos parâmetros de qualidade de água para uso industrial, cuja

faixa é de 6,5 a 8,5 (MIERZWA, 2002) e (RESENDE, 2003) e igualmente não atende aos padrões de qualidade de água de reúso, em que a faixa deve ficar entre 6,9 a 9,0 (CECHINN, 2003). Entretanto, esse quesito pode ser facilmente ajustado, com a adição de substâncias alcalinizantes.

Outro parâmetro de qualidade da água industrial que não atende aos padrões é a condutividade elétrica, cujo valor medido foi de 1.055 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para este parâmetro efetuou-se a comparação com sólidos dissolvidos totais, preconizados em legislação, uma vez que a condutividade elétrica depende da quantidade de sais dissolvidos na água e é aproximadamente proporcional à sua quantidade. Sua determinação permite obter uma estimativa rápida do conteúdo de sólidos de uma amostra, conforme mencionado MORGADO (1999).

E por fim, a análise de turbidez apresentou valor de 188 UT, bem acima dos padrões recomendados, sendo assim a água, da etapa de branqueamento rotativo e envase não se enquadra nos padrões recomendados, para reúso direto, sem tratamento prévio.

5.5.2 Possibilidades de reúso de água do ponto 16 – esterilização

Para o Ponto 16, cuja amostra é referente à etapa de esterilização, tem-se que os resultados de alcalinidade, dureza, pH, cujos valores encontrados foram de 40 mg/L de CaCO_3 , 17,99 mg/L de CaCO_3 , e 7,99, respectivamente, atendem aos padrões de qualidade exigidos para uso industrial, pois conforme menciona NEMEROW & DASGUPTA (1991) citado por MIERZWA (2002), com valores de 250 mg/L de CaCO_3 , 250 mg/L de CaCO_3 e de 6,5 a 8,5, respectivamente. Tal alternativa de reúso apresenta uma margem de segurança ainda maior, se comparar os mesmos parâmetros da amostra com os parâmetros de qualidade da água de reúso, apresentado por CECHINN (2003) que são de 350 mg/L de CaCO_3 , 350 mg/L de CaCO_3 , e de 6,9 a 9,0 respectivamente.

Considerando os valores de 500 mg/L determinados pelos padrões de qualidade da água para uso industrial e para reúso, para o parâmetro de

sólidos dissolvidos totais e afirmando que a condutividade elétrica depende da concentração de sais dissolvidos na água, que é aproximadamente proporcional a sua quantidade, afirma-se que o Ponto 16, cujo valor é de 152,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, atende a ambos os limites recomendados.

Quanto à turbidez, se a amostra do Ponto 16 for comparada com padrões de qualidade para água potável e de uso industrial o resultado encontrado não atende a tais requisitos. No entanto, os parâmetros de qualidade para reúso de água, apresentados por CECHINN (2003), indicam que este ponto atende, pois o limite determinado é de 50 UT não necessitando de tratamento específico para ser reutilizada.

Portanto, afirma-se que a água do Ponto 16, referente a etapa de esterilização de latas cheias, cuja demanda de água representa 13% do total consumido pelo processo de enlatamento de milho, tem possibilidade de reúso em cascata, sem necessidade de tratamento prévio.

Desta forma, o que se propõe é a instalação de um dispositivo de captação de água, com uma unidade de armazenamento temporário, como por exemplo, uma cisterna, ligada à rede de distribuição da unidade industrial, para na seqüência, esta água ser direcionada a outros usos. A proposta compreende a reutilização total da água usada para a esterilização das latas cheias, para alimentar o tanque de despalhamento, que pode ser caracterizado como uma unidade receptora de água de reúso, que tem um consumo estimado em 10%, contribuindo, desta forma, para reduzir a geração de efluentes, conseqüentemente, otimizando o uso de água nobre ou potável.

5.5.3 Possibilidades de reúso de água do ponto 22 – resfriamento

De acordo com as análises realizadas e apresentadas na Tabela 20, o reúso equivalente a aproximadamente 45% ou 122,87 toneladas de água consumida nesta etapa, o que equivale a 4095 kg de água por tonelada de milho a ser congelado e a 1320 kg de água por tonelada de milho a ser enlatado, continuará sendo efetuado, uma vez que os parâmetros de qualidade desta água não causam implicações sobre a qualidade do processo, tampouco

do produto, pois atendem aos requisitos de qualidade de água para uso industrial. Portanto, considerando que os resultados da alcalinidade, dureza e pH foram de 100 mg/L de CaCO_3 , 47,99 mg/L de CaCO_3 e 8,48, respectivamente e que os limites para uso da água industrial são estimados em 250 mg/L de CaCO_3 , 250 mg/L de CaCO_3 e de 6,5 a 8,5, respectivamente, esta água apresenta possibilidade de reúso.

Com relação aos 225 $\mu\text{S}/\text{cm}$ referentes a condutividade elétrica, afirma-se que não há implicações em função de sais dissolvidos nesta água, se comparado com os 500 mg/L de sólidos dissolvidos totais preconizados pelos padrões de qualidade da água para uso industrial e para reúso.

Se a turbidez do Ponto 22 for comparada com os padrões ideais de qualidade da água para uso industrial, ou mesmo para consumo humano, este parâmetro não atenderia. No entanto, CECHINN (2003) apresenta os parâmetros para água de reúso, cujo limite recomendado para turbidez é de 50 UT, sendo assim, a água do resfriamento se enquadra e tem possibilidade de reúso, sem implicações adversas, pois apresenta turbidez de 12,5 UT.

Para os outros 55%, recomenda-se um sistema de circuito semi-fechado, em que a água já utilizada passa a ser armazenada e retorna à mesma etapa, desempenhando a mesma função. Tal procedimento de reúso deverá ser submetido a análises físico-químicas mais criteriosas e específicas a fim de garantir o atendimento aos requisitos legais e a qualidade no processo. Após esse aproveitamento, a água poderá ainda ser encaminhada a cisterna de água de reúso, para satisfazer as demandas hídricas na etapa de lavagem dos grãos e classificação mecânica, considerando que seus parâmetros físico-químicos permitem tal reúso em cascata.

Este ponto foi o único em que foi realizado exame microbiológico, sendo detectada a presença de ≤ 16 organismos/100mL para coliformes termotolerantes. Isso pode ser explicado em função do contato direto da água com a matéria-prima, e principalmente pelo fato de que até esta etapa do processo de congelamento do brócolis, não foi efetuado nenhum procedimento de esterilização microbiológica, o que acontece posteriormente, na fase de esterilização das latas cheias.

Portanto, pode-se recomendar que, a água da etapa de resfriamento, cuja demanda representa 44% do total consumido pelo processo de congelamento, tem potencial de reúso em cascata, sem necessidade de tratamento prévio, reduzindo significativamente a necessidade de reposição de água limpa no processo produtivo.

5.5.4 Demais etapas do processo de enlatamento de milho da UIV

Este item se dedica a fazer uma análise das demais etapas do processo de enlatamento de milho e congelamento de brócolis da UIV, que, a princípio, não apresentaram potencialidades de reúso em função de suas particularidades.

A etapa de despalhamento do milho, com um consumo de 429 kg de água por tonelada de matéria-prima, pode servir como “unidade receptora de água de reúso”, pois em função do uso que se faz dela, não há necessidade de água com características potáveis, portanto, poderia ser alimentada com água de reúso do processo de esterilização.

Quanto à etapa de lavagem, já foi mencionada que esta continuará sendo alimentada por água de reúso, proveniente da etapa de resfriamento do processo de congelamento de brócolis ou mesmo do próprio milho, pois seu uso não requer água com qualidade compatível para consumo humano, mas com requisitos para uso industrial. Trata-se de uma operação preliminar, de preparação da matéria-prima, considerando que as etapas subseqüentes serão cada vez mais restritivas quanto à qualidade requerida.

Nas etapas de desgranamento e lavagem dos grãos e classificação mecânica, não foram identificadas possibilidades de reúso, apenas salienta-se a importância e necessidade de continuar com a recirculação já existente. Essas etapas podem ser abastecidas com água de reúso, como por exemplo, a proveniente do ponto *P14*, que compreende os efluentes das etapas de branqueamento rotativo e esterilização de latas vazias, praticando-se assim, o reúso em cascata, ou seja, como mencionado por MIERZWA (2002), sem a necessidade de tratamento prévio.

5.5.5 Demais etapas do processo de congelamento de brócolis da UIV

A linha de congelados tem etapas básicas que são iguais para qualquer tipo de vegetal, que são elas: o branqueamento contínuo, o resfriamento, a inspeção final, congelamento, embalagem, estocagem e expedição. No entanto, a industrialização de cada vegetal possui particularidades que são acrescidas no decorrer de seu processamento. Assim, como as etapas básicas do processo de congelamento, das quais apresentam consumo de água, já foram analisadas e discutidas, neste item será feita menção às três etapas exclusivas do processo de congelamento de brócolis.

Para a etapa de branqueamento contínuo, não foi identificada possibilidade de reuso, tampouco poderá servir de unidade receptora de água já utilizada, pois em função do baixo consumo não se caracteriza como “ponto crítico” e, ainda, pela qualidade requerida para uso da água.

A água consumida para a etapa de congelamento e estocagem refere-se a usada para o degelo do túnel de congelamento e da câmara fria, respectivamente, logo, não se caracteriza como sendo uma água utilizada diretamente no processo industrial. Tal demanda não pode ser substituída por água de reuso, no entanto seu efluente, como não entra em contato com o produto e por ser usado uma única vez para fazer o descongelamento dos locais citados, apresenta potencialidade de reuso.

Portanto, para estas etapas, tem-se a opção de reuso de água para fins higiênicos, ou seja, poderá ser empregada para utilização em bacias sanitárias, através do seu armazenamento em cisterna. De acordo com NUNES (2006), a estimativa de consumo de água para fins higiênicos em indústrias varia de 50 a 70 litros / operário. Considerando então, os 150 colaboradores da UIV e utilizando uma média de consumo de água para fins higiênicos de 60 L/operário, tem-se um volume de 9.000 litros de água por dia.

As etapas de hidratação e lavagem do brócolis não são caracterizadas como “pontos crítico”, pois seu consumo, somado, representa 3% da demanda

hídrica total do processo, sendo assim se enquadraram nas propostas de reúso de água apresentadas acima.

Uma particularidade no congelamento do brócolis é o acréscimo da etapa de sanitização que antecede a etapa de congelamento, também conhecida como inspeção final, que representa um consumo de 13%. A proposta de reúso de água para as 47,52 toneladas de água que são consumidas é o seu aproveitamento como reserva de proteção contra incêndio.

Da mesma forma que no processo de congelamento do milho, o uso que se faz da água na etapa de congelamento é referente ao descongelamento do túnel, logo, segue a mesma proposta, que é realizar o reúso desta água para fins higiênicos.

5.6 Resumo da avaliação das possibilidades de reúso de água na UIV

Com base no que foi apresentado, segue abaixo um resumo das possibilidades de reúso de água de processo estabelecidas para a Unidade Industrial de Vegetais.

- A água do Ponto 14 (Branqueamento Rotativo e Envase) apresenta potencialidade de reúso, desde que passe por tratamento prévio; como sugestão indica-se o uso para lavagem externa de pisos;
- O volume de água do Ponto 16 (Esterilização) apresenta possibilidade de reuso em cascata, podendo alimentar o tanque de despalhamento de milho;
- A água do Ponto 22 (Resfriamento) poderá ser completamente reutilizada nas etapas de lavagem da espiga e lavagem e classificação mecânica do milho;
- A água utilizada para o degelo, que corresponde às etapas de congelamento e estocagem, poderá ser reutilizada em bacias sanitárias, suprindo toda a demanda de água para fins higiênicos da UIV;
- A água consumida na etapa de sanitização do brócolis poderá ser armazenada em cisterna e reutilizada como reserva de proteção contra incêndios.

6 CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, pode-se concluir que:

- Foram identificadas três etapas que apresentam potencialidades de reúso de água: Ponto 14 que corresponde ao efluente da etapa de branqueamento rotativo e envase; Ponto 16, esterilização da lata de milho e, ainda, o Ponto 22 correspondente a etapa de resfriamento do brócolis;
- De acordo com análises realizadas duas etapas apresentaram potencialidade técnica de reúso, que são elas: Ponto 16, esterilização da lata de milho e Ponto 22, resfriamento do brócolis;
- Por meio do levantamento quantitativo do consumo de água nas linhas estudadas, tem-se um consumo de água limpa estimado em 3,03 kg de água / kg de matéria-prima *in natura* para o enlatamento do milho 33,11 kg de água / kg para o congelamento do brócolis;
- Para o Ponto 22, referente à etapa de resfriamento, recomenda-se um sistema de circuito semi-fechado, em que a água já utilizada passa a ser armazenada e retorna à mesma etapa, desempenhando a mesma função;
- Os resultados das análises de amostra de água coletada na entrada do sistema (Ponto 0 - cisterna) revelaram que ela atende aos padrões de aceitação para consumo humano;
- Para as amostras coletadas nos pontos 16 (esterilização) e 22 (resfriamento), as análises revelaram que os efluentes atendem aos requisitos de qualidade para uso industrial, sem tratamento prévio;

- Quanto ao Ponto 14 (branqueamento rotativo e envase), as análises revelaram que os efluentes não atendem aos requisitos de qualidade para uso industrial, sem tratamento prévio;
- Considerando-se as potencialidades de reúso apresentadas, estima-se uma redução de 76,7 % no consumo de água limpa, para a linha de milho enlatado.
- No processamento do brócolis, não foram identificadas etapas que servissem de unidades receptoras de água de reúso.

7 RECOMENDAÇÕES

Para o desenvolvimento de pesquisas futuras, recomenda-se:

- Avaliar o consumo de água para outros tipos de vegetais;
- Estudar aplicações de reúso de água para outros tipos de vegetais;
- Realizar balanço energético;
- Realizar um levantamento da viabilidade econômica das alternativas de reuso apresentadas;
- Avaliar a interferência do reúso de água na carga poluidora dos efluentes industriais;
- Avaliar as eficiências dos processos estudados, considerando os efeitos da variável “tempo”, provocado pelo reúso da água;
- Efetuar estudos adicionais quanto à aplicação dos efluentes industriais como biofertilizante, pelo sistema de fertirrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, J. C. **Preservação da água: questão de sobrevivência**. 3ª edição. Rio de Janeiro: CREA, 2001.

BLUM, J. R. C. **Critérios e padrões de qualidade da água**. In: Reúso de água. São Paulo: Manole, 2003. 579p.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. **A Política de Recursos Hídricos No Brasil**. 2006. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/revista/rev806.pdf> Acesso em: 27/03/2006.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº. 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 18 mar. de 2005a. 23 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS n.º 518/2004**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005b. 28 p.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. **Conceito e reúso de água**. In: Reúso de água. São Paulo: Manole, 2003. 579p.

CECCHIN, C. **Reúso de água: Um modelo proposto para a redução de consumo de água industrial através da metodologia do gerenciamento de processos**. Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina. 127p.

CROOK, J. **Water Reclamation and Reuse**, Chapter 21 of Water Resources Handbook, Larry W. Mays, McGraw-Hill, 1996. p. 21.1 - 21.36.

ENVIROWISE. **Reducing water and waste costs in fruit and vegetable processing**. United Kingdom, 2001. Disponível em: www.envirowise.gov.uk Acesso em: 13.05.2005.

FELIZATTO, M. R. **ETE CAGIF: Projeto Integrado de Tratamento Avançado e Reúso Direto de Águas Residuárias**. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa, 2001.

FITCH, K.; STREIFF, T. **Disponibilidade de Água**. Swiss Reinsurance Company, 2002. Disponível em: www.swissre.com Acessado em 27.01.2006.

GARRIDO, R. J. **O combate a seca e a gestão dos recursos hídricos no Brasil**. In: O estado das águas no Brasil. Brasília, 1999.

HESPANHOL, I. **Potencial de Reúso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos**. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7. nº. 4, 2002.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos**. In: Reúso de água. São Paulo: Manole, 2003. 579p.

LAR - UNIDADE INDUSTRIAL DE VEGETAIS Disponível em: <http://www.lar.ind.br/v3/unidade.php?industria=5&acao=visualizar>
Acessado em 15.10.2005

LEITE, A. M. F. **Reúso de Água na Gestão Integrada dos Recursos Hídricos**. Brasília, 2003. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) Universidade Católica de Brasília. 120p.

LIMA, J. W. C. **Análise ambiental: processo produtivo de polvilho em indústrias do extremo sul de Santa Catarina**. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. 149p.

MARIN, R. **Lar na História: os 40 anos da Cooperativa Agroindustrial Lar**. 1ª edição. Cascavel: Gráfica Tuicial, 2005

MELO, A. R. **Otimização do Reúso de Água em Lavadores Contínuos da Indústria Têxtil**. Florianópolis, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. 219p.

MIERZWA, J. C. **O Uso Racional e o Reúso Como Ferramentas para o Gerenciamento de Águas e Efluentes na Indústria: Estudo de Caso da Kodak Brasileira**. Volume 1 e 2. São Paulo, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 401p.

MORGADO, A. F. **Águas Naturais**. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de engenharia química e engenharia de alimentos. 1999. Disponível em <http://lema.enq.ufsc.br/Arquivos/AGUAS%20NATURAIS.htm> Acesso em 23.10.2006.

NEMEROW, N. L.; DASGUPTA, A. **Industrial and Hazardous Waste Treatment**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 743p.

NUNES, R. T. S. **Conservação de Água em Edifícios Comerciais: Potencial de uso racional e reúso em shopping center**. Rio de Janeiro, 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 144p.

OLIVEIRA, C. A. A.; SANTOS, T.P.; DANIEL, L. A. **Aplicação do Reúso de Água como Medida Minimizadora de Efluentes Industriais**. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu, 1997. 11p.

PELEGRINI, N. N. B.; PATEMIANI, J. E. S.; PELEGRINI, R. **Água para consumo: um bem limitado**. 2005. Disponível em: www.ceset.unicamp.br/lte

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora, 2004. 207p.

RESENDE, J. M.; FIORI, J. E.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R.; BOTREL, N. **Processamento do Palmito de Pupunheira em Agroindústria Artesanal - Uma atividade rentável e ecológica**. Embrapa Agrobiologia - Sistemas de Produção. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pupunha/PalmitoPupunheira/higiene.htm> Acesso em: 15/08/2006.

RODRIGUES, R. S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reúso no Brasil**. São Paulo, 2005. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 192p.

SAUTCHUK, C.; FARINA, H.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L. H.; COSTI, L. O.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; MAY, S.; BONI, S. S. N.; SCHMIDT, W.. **Conservação e Reúso de Água em Edificações**. São Paulo: MMA / ANA / FIESP / SindusCon – SP, Prol Editora Gráfica, 2005. Disponível em: http://www.fiesp.com.br/download/publicacoes_meio_ambiente/conservacao_reuso_edificacoes.pdf Acesso em: 24/01/06

SAUTCHÚK, C. A.; LANDI, F. D. N.; MIERZWA, J. C.; VIVACQUA, M. C. R.; SILVA, M. C. C.; LANDI, P. D. N.; SCHMIDT, W.. **Conservação e Reúso de Água. Manual de Orientações para o Setor Industrial**. Volume 1. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicacoes/secao2/index.asp?id=166> Acessado em 24.01.2006

SERRAGLIO, M. A. **Responsabilidade Social Empresarial: Um Estudo Sobre a Cooperativa Agroindustrial Lar**. Medianeira, 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Faculdade Educacional de Medianeira – FACEMED)

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I.C.. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL; Agência Nacional de Águas – ANA, 2001. 328p.

SILVA, J. O. P.; HESPANHOL, I. **Reúso de água na Indústria de Curtimento de Couros: Estudo de Caso no Distrito Industrial de Franca – SP**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1999. 16p.

SPERLING, E. V. **Poluição de Ambientes Aquáticos: Tendências Futuras Para Os Países Latino-Americanos**. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Cancun, 2002.

TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residências – Um estudo atualizado sobre uso racional da água**. São Paulo: Navegar Editora, 2002. 113p.

TOSETTO, M. S. **Tratamento terciário de esgoto sanitário para fins de reúso urbano**. Campinas, SP, 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. 250p.

TRENTIN, C. V. **Diagnóstico Voltado ao Planejamento do Uso de Águas Residuárias para Irrigação nos Cinturões Verdes da Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Paraná. 129p.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Paulo: RiMa, IIE, 2003. 247p.

USEPA. **Guidelines for Water Reuse: Manual**. EPA/625/R-92/004. Environmental Protection Agency: Washington, United States, 1992.