

ANÁLISE DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM UMA INDÚSTRIA DE MOLHO DE TOMATE

Liri Yoko Cruz Prieto Hojo¹; André Gorjon Neto²; Maria Cristina Rizk³; Carina Regina de Macedo⁴

RESUMO – No interior do Estado de São Paulo, está sendo implantada a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e o diagnóstico ambiental realizado em indústrias busca soluções para o uso racional deste recurso. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar o consumo de água em uma indústria de molhos de tomate. Para isso, foi necessário o acompanhamento do processo produtivo para a elaboração de fluxogramas referentes ao balanço de massa dos pontos de consumo de água e de geração de efluentes. Diante destas informações foi possível propor ações adequadas para a gestão de recursos hídricos no processo industrial. Assim, foram propostas medidas de redução do consumo de água e reutilização do efluente gerado no processo, que envolvem o treinamento dos funcionários, a adoção de pequenas mudanças na linha produtiva e a instalação de tanques de armazenamento de água.

ABSTRACT – In the interior of São Paulo State, it has been implemented the financial recovery for the using of water resources and the environmental assessment conducted in industries searches solutions to the rational use of this resource. Accordingly, the present study had the objective of evaluating the water consumption in an industry of tomato sauces. For this, it was necessary to monitor the process production aiming the elaboration of the flowcharts for the mass balance of the points of water consumption and effluent generation. Based on the obtained information it could be possible to propose appropriate actions to manage the water resources in the industrial process. Thus, it had been proposed to reduce the water consumption and the reuse of the wastewater generated in the process, which is relationship with the staff training, the adoption of small changes in the production line and the installation of water storage tanks.

Palavras-Chave – Água, Indústria, Diagnóstico Ambiental.

¹ Aluno de Graduação do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente. Rua Roberto Simonsen , 305 – Centro Educacional, CEP 19060-900, Presidente Prudente, SP, Brasil, Fone (18) 3229-5693, Fax (18) 3229-1533, liriprieto@gmail.com

² Aluno de Graduação do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente. Rua Roberto Simonsen , 305 – Centro Educacional, CEP 19060-900, Presidente Prudente, SP, Brasil, Fone (18) 3229-5693, Fax (18) 3229-1533, eng.andreneto@hotmail.com

³ Professor Assistente Doutor da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente. Rua Roberto Simonsen, 305 – Centro Educacional, CEP 19060-900, Presidente Prudente, SP, Brasil, Fone (18) 3229-5693, Fax (18) 3229-1533, crisrizk@fct.unesp.br

³ Aluno de Graduação do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente. Rua Roberto Simonsen , 305 – Centro Educacional, CEP 19060-900, Presidente Prudente, SP, Brasil, Fone (18) 3229-5693, Fax (18) 3229-1533, carina_regina@hotmail.com

⁴ Professor Assistente Doutor da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente. Rua Roberto Simonsen, 305 – Centro Educacional, CEP 19060-900, Presidente Prudente, SP, Brasil, Fone (18) 3229-5693, Fax (18) 3229-1533, crisrizk@fct.unesp.br

⁴ Aluno de Graduação do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente. Rua Roberto Simonsen , 305 – Centro Educacional, CEP 19060-900, Presidente Prudente, SP, Brasil, Fone (18) 3229-5693, Fax (18) 3229-1533, carina_regina@hotmail.com

1 – INTRODUÇÃO

De acordo com a pesquisa da Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudanças (ABCSEM), em janeiro de 2010, a produção de tomate movimentou uma cifra anual superior a dois bilhões de reais (cerca de 16% do PIB gerado pela produção de hortaliças no Brasil). Na região do oeste paulista, aonde se situa a empresa estudada, esse segmento representou 24% do PIB regional.

O tomate e seus derivados são a mais rica fonte de licopeno, entre os alimentos consumidos pela população mundial. O tomate, fruto da família das Solanáceas, apresenta altos níveis desse componente, que aparentemente tem sua disponibilidade aumentada com o processamento e aquecimento do tomate (Machado, 2005).

Devido à crescente demanda dos recursos hídricos na indústria, a exploração das águas subterrâneas se tornou uma das principais fontes de captação, em virtude da sua qualidade, abundância e baixo custo de extração, comparando-se com a baixa qualidade das águas superficiais, alto custo de tratamento para ser utilizada e a escassez verificada em algumas regiões. Dessa forma, o uso dos recursos hídricos subterrâneos vem se tornando estratégico para o desenvolvimento econômico das indústrias, portanto deve ser rigorosamente protegido contra a poluição.

Na indústria de molhos de tomate, a água é utilizada como meio de transporte do fruto, na lavagem do mesmo, na incorporação junto à matéria prima para a produção do molho, e na limpeza de equipamentos e pisos, entre outros.

Atualmente, a indústria nacional está submetida a dois grandes instrumentos de pressão. De um lado, as imposições do comércio internacional pela melhoria da competitividade e, do outro, as questões ambientais e as recentes condicionantes legais de gestão de recursos hídricos, particularmente as associadas à cobrança pelo uso da água (Hespanhol *et al.*, 2007).

Para se adaptar a este novo cenário, a indústria vem aprimorando seus processos e desenvolvendo sistemas de gestão ambiental para atender às especificações do mercado interno e externo. Em linha com esta tendência, já são encontrados bons exemplos de implantação de sistemas e procedimentos de gestão da demanda de água e de minimização da geração de efluentes. Dependendo da disponibilidade hídrica, além de iniciativas para a redução do consumo de água, a produção industrial fica condicionada à análise das seguintes opções, que não são necessariamente excludentes: manter a situação tradicional, utilizando água de sistemas públicos de distribuição e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; adquirir água de reúso ou água de utilidade, produzida por companhias de saneamento, através de tratamento complementar de seus efluentes secundários; ou, reusar, na medida do possível, os seus próprios efluentes, após tratamento adequado (Hespanhol *et al.*, 2007).

As medidas de racionalização de uso de água sempre influenciam a geração de efluentes, na medida em que menores consumos representam menores vazões de efluentes. De modo geral, uma primeira medida importante em qualquer programa de prevenção à poluição é o monitoramento (Santos e Ribeiro, 2005).

Nesse sentido, a realização do diagnóstico ambiental aplicado ao consumo dos recursos hídricos é de extrema importância para as empresas, pois a partir da análise do uso do recurso no processo produtivo e do balanço de massa, é possível propor medidas que reduzam o consumo de água, o seu reuso, bem como a redução da geração de efluentes.

2 – OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral identificar os pontos de consumo de água e de geração de efluentes durante o processo de fabricação de polpa de tomate concentrada, para que possam ser tomadas medidas adequadas de gestão do recurso hídrico no processo produtivo.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolver o presente trabalho, foi necessário realizar visitas técnicas às instalações da indústria a fim de se conhecer o processo produtivo; levantar dados com os funcionários responsáveis por cada setor, para a obtenção de informações referentes ao balanço de massa (entradas e saídas no processo), e medir a vazão em determinados pontos do processo produtivo.

O levantamento de dados foi realizado, inicialmente, no setor de descarregamento do tomate, aonde foi possível quantificar a água utilizada no tanque de armazenamento externo a partir da determinação do volume do tanque. O segundo ponto de coleta de dados foi no transportador hídrico, neste ponto foi possível verificar a vazão de água por meio da coleta de dados sobre as vazões das bombas que injetam água no transportador utilizado para o transporte do fruto. O terceiro ponto de levantamento foi na etapa de limpeza do tomate, aonde foi verificada a vazão de água utilizada na limpeza pela determinação da vazão da bomba que injeta água limpa. Outro ponto de coleta de dados foi na etapa de trituração, na qual foi quantificada a vazão de vapor d' água injetada através da bomba para que este processo ocorra. Também foram levantados dados na etapa de concentração (determinação da água evaporada do tomate) através de cálculos que relacionam a matéria prima de entrada e o BRIX de saída e no envase. Em alguns pontos (peneira estática e esteiras de seleção) foi quantificada a vazão média de geração de água residual, utilizando-se um

béquer de 1,8 litros e um cronômetro para determinar o tempo necessário para o preenchimento completo do béquer, e após calcular a vazão média.

Além das informações referentes ao consumo de água/geração de efluentes, foram também obtidas informações referentes ao consumo de matéria-prima, produção de produto final e geração de resíduos sólidos no processo produtivo.

A partir das observações realizadas, foi possível elaborar fluxogramas contemplando as etapas produtivas do processo industrial e o consumo de água/saída de efluente nestes pontos.

Com base nestas informações foi possível propor medidas corretivas que reduzam o consumo dos recursos hídricos e, conseqüentemente a geração de efluentes.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – Diagnóstico do uso do recurso hídrico

A figura 1 apresenta o balanço de entradas e saídas do processo de fabricação de polpa de tomate e serviu como ponto inicial para elaboração dos fluxogramas do processo produtivo. Pode-se observar que as entradas do processo produtivo são basicamente: água, energia elétrica, matéria-prima (tomate *in natura*), vapor, lenha e outros produtos auxiliares. As saídas do processo produtivo são: o produto final, efluente, resíduos sólidos e emissões atmosféricas. Vale ressaltar que o empreendimento apresenta dois períodos de produção – um de baixa produção e outro de alta produção, onde os balanços de entrada e saída apresentam alterações bastante significativas.

ENTRADA	PROCESSO	SAÍDA
Água (30m ³ /h)	PROCESSO	
Energia elétrica		Produto (1,0 ton/h ou 4 ton/h)
Matéria-prima (6,25 ton/h ou 25 ton/h)		Efluente (5ton/h ou 20ton/h)
Vapor		Resíduos sólidos (0,5 ton/h ou 1,7 ton/h)
Lenha		Emissões atmosféricas
Outros produtos		

Figura 1 – Balanço de massa do processo produtivo

O processo de fabricação da polpa de tomate concentrada pode ser dividido em três fases: o descarregamento da matéria prima, a concentração da polpa de tomate e o envase da polpa. Com o

objetivo de facilitar o estudo e a avaliação da água utilizada pelo processo produtivo elaborou-se um fluxograma geral (Figura 2).

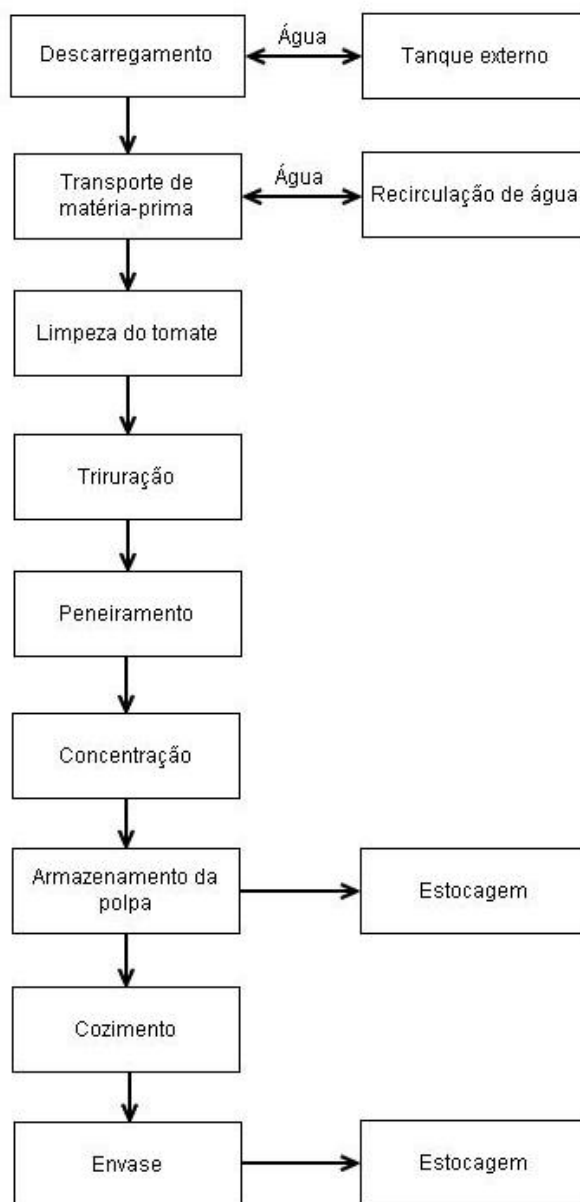


Figura 2 – Processo de fabricação de derivados industrializados do tomate

O processo produtivo ocorre da seguinte maneira: o caminhão carregado de tomate é descarregado utilizando água injetada por um canhão. O tomate descarregado é transportado através do transportador hídrico até a esteira elevatória aonde o tomate é limpo – processo de chuveiramento, para a retirada do excesso de resíduos de colheita (galhos e folhas). O processo seguinte corresponde à seleção, na qual os resíduos de colheita e frutos estragados são retirados manualmente para que a matéria prima seja triturada. Durante o processo de trituração, o tomate é aquecido com introdução de vapor e em seguida é peneirado, produzindo polpa de tomate e resíduos (casca e semente triturada). O processo seguinte é a concentração do molho de tomate, na qual, a

partir da introdução de vapor, a água da polpa do tomate é evaporada e o resultado final é uma polpa concentrada variando de 20 a 30 °BRIX. A etapa final do processo é a adição de condimentos, para a fabricação dos diversos produtos, e a embalagem dos mesmos.

A Figura 3 apresenta o fluxograma do uso do recurso hídrico nas etapas de descarregamento de matéria prima e de seu transporte, uma vez que a análise do processo produtivo permitiu constatar que estas duas etapas do processo são as que utilizam maior volume de água, e consequentemente geram quantidades significativas de efluente.

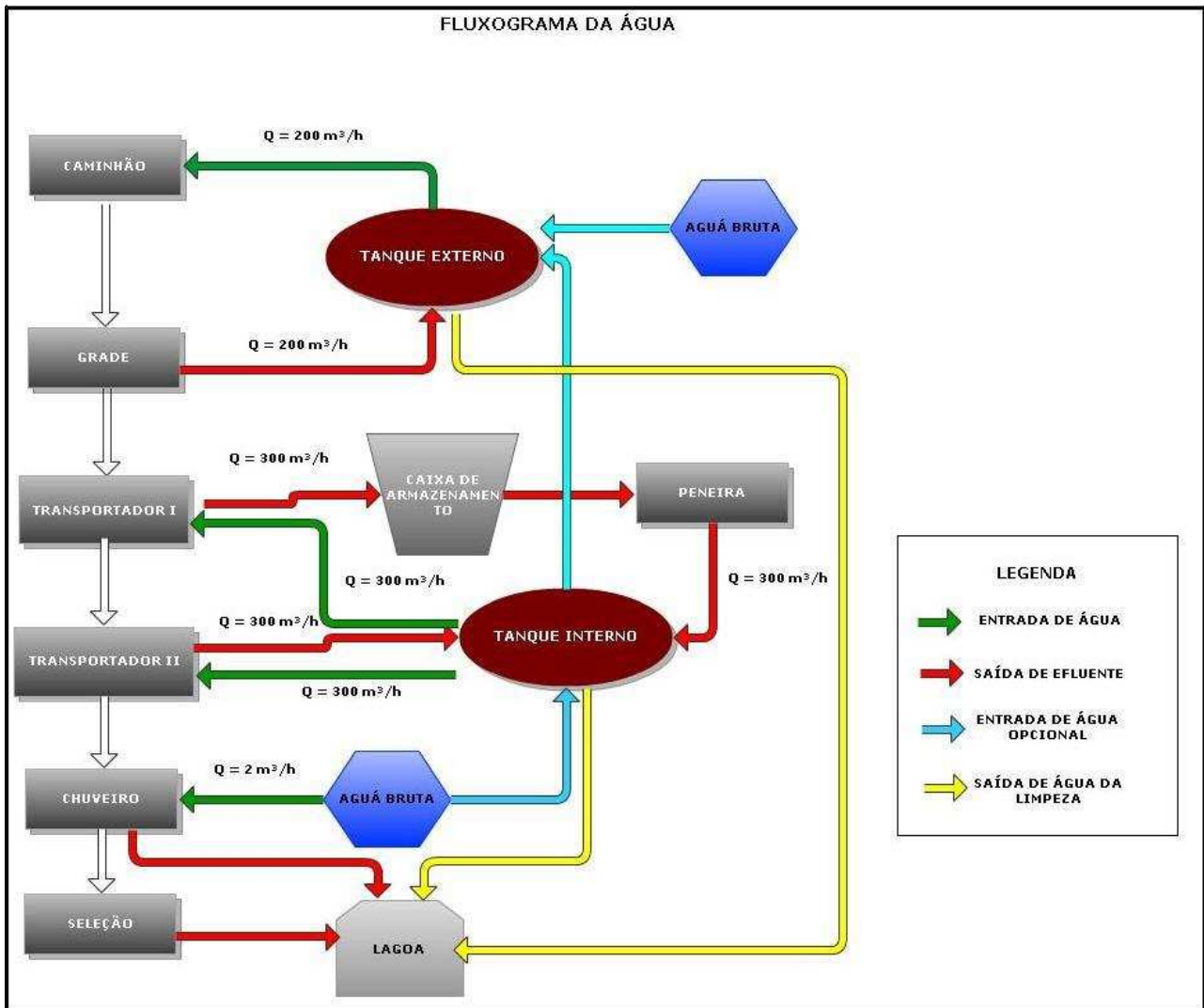


Figura 3 – Fluxograma do consumo de água na etapa de descarregamento e transporte da matéria prima

Devido à fragilidade do tomate, o mesmo é descarregado dos caminhões com o auxílio de água proveniente de um tanque externo com capacidade para armazenar 10 m³ de água que é bombeada e injetada no caminhão, permitindo assim a descarga da matéria prima. Após a descarga, há um gradeamento para separar a água e as impurezas grosseiras do tomate. A água é encaminhada

por tubulação para o tanque externo e é utilizada novamente. Este sistema opera de maneira cíclica e torna possível a reutilização da água, minimizando o consumo de água bruta.

Durante o transporte da matéria prima a água é bombeada do tanque interno (20 m³) para o transportador hídrico promovendo o transporte do fruto. Parte da água usada no transporte é direcionada para a caixa de armazenamento, onde há separação de sólidos grosseiros (folhas e galhos), que, após, é bombeada para a peneira estática onde ocorre a remoção de sólidos de menor tamanho. A outra parcela de água segue seu fluxo através do transportador hídrico e é despejada diretamente no tanque interno. Este mecanismo de recirculação da água tem como objetivo minimizar o consumo de água no transporte, no entanto a água residual apresenta elevada carga de matéria orgânica necessitando ser trocada constante. Para que esta troca ocorra, a peneira estática e a mesa de seleção apresentam tubulações de expurgo.

Do mesmo modo que os pontos de descarregamento e transporte apresentam elevado consumo de água, estes mesmos pontos são os que mais geram efluente no processo, uma vez que a água recirculada vai se tornando com qualidade inadequada para ser reutilizada após algumas vezes de reciclo.

Devido ao fato da empresa ter aumentado o número de concentradores no processamento de tomate, a mesma vem sofrendo desde o ano de 2009 uma geração de efluentes superior ao consumo de água, uma vez que durante a concentração da polpa de tomate é retirada água na forma de vapor, que é posteriormente condensada e despejada como efluente. Entretanto, no ano de 2010 algumas adaptações foram feitas no sistema de concentração e parte da água residual do processo de concentração passou a ser introduzida no sistema de transporte da matéria prima.

Em relação às quantificações das vazões, o primeiro ponto de geração de efluente foi identificado no transportador hídrico, que é caracterizado como uma tubulação aberta no qual o fruto é transportado, utilizando a água como meio transportador do caminhão até as esteiras de seleção. A partir da análise dos dados levantados, em um processamento diário de 600 toneladas de matéria prima é consumido diariamente 30 m³ de água bruta no seu transporte – a água residual descartada nesta etapa é o primeiro ponto de perda.

O segundo ponto foi identificado na peneira estática, este equipamento tem a função de retirar partículas sólidas da água de transporte, para que esta retorne ao sistema de transporte com uma menor quantidade de impurezas. Esta peneira foi classificada como um ponto de geração de efluente, pois durante a operação do equipamento parte dessa água escoava através das laterais e é descartada diretamente na canalização da ETE – Estação de Tratamento de Efluentes – e não retorna para o sistema. Para quantificar esta perda, foi realizado quatro ensaios de medição da vazão da água residual, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Determinação da vazão de água residual na saída da peneira

VOLUME (L)	TEMPO (S)	VAZÃO (L/S)
1,8	23,4	0,077
1,8	26,3	0,068
1,8	26,5	0,068
1,8	29,8	0,060

Assim, pode-se observar que a vazão média de geração de água residual na saída da peneira é de aproximadamente 0,07 L/s ou 5,9 m³/dia.

O terceiro ponto de geração de efluente foi identificado na etapa do chuveiramento, onde ocorre a limpeza do tomate pela lavagem do fruto com água limpa para eliminar os resíduos da lavoura ainda persistentes. Este equipamento é constituído de vários chuveiros com vazão total de 2 m³/hora instalados acima da esteira de elevação que direciona a matéria prima para a seleção, parte da água proveniente do chuveiramento escoar para o tanque interno e é reintroduzida no sistema e a outra parte é descartada diretamente para a canalização da ETE.

O quarto ponto de geração de efluente é encontrado na esteira de seleção, este processo é responsável pela escolha dos tomates e a retirada de caules, folhas e frutos estragados. Durante a seleção, os frutos ainda contêm água aderida à sua superfície, que escoar através da esteira por gravidade e é descartada diretamente para a canalização da ETE. Neste ponto de perda também foi determinada a vazão por meio de várias medições, e, conforme pode ser observado na Tabela 2, a vazão média de geração de água residual nesta etapa é de aproximadamente 0,06 L/s ou 5,7 m³/dia.

Tabela 2 – Determinação da vazão de água residual na saída da seleção

VOLUME (L)	TEMPO (S)	VAZÃO (L/S)
1,8	29,2	0,062
1,8	26,1	0,069
1,8	30,4	0,059
1,8	24,5	0,073

O quinto ponto de geração de efluente foi identificado durante a limpeza dos equipamentos, pois por se tratar de uma indústria de alimentos, esta deve seguir as normas adequadas de higiene, para isso são utilizados grandes volumes de água e soda que não são reaproveitados na indústria e são descartados diretamente na ETE.

Além disso, há a geração elevada de efluente, sem o consumo de água, no concentrador, que tem a função de elevar o BRIX da polpa do tomate devido à evaporação do fruto triturado. Nesta etapa, há a evaporação de cerca de 70 a 80% de água presente na polpa do tomate, que logo após é condensada. Esta água, ocasionalmente, é reutilizada nas etapas de transporte, entretanto, quando é produzida em grande quantidade é descartada diretamente, sem aproveitamento, na ETE.

As etapas de trituração e concentração do tomate demandam vapor, que é proveniente da caldeira da indústria, a qual utiliza como insumos água bruta e lenha. Na etapa de trituração o vapor auxilia na transformação do fruto em polpa e no seu pré aquecimento para a entrada no concentrador, nesta etapa o vapor é utilizado para elevar a temperatura da polpa, após esse vapor ser utilizado nos três estágios do concentrador, este é direcionado para uma torre alpina para ser resfriado e recirculado para a caldeira. A produção de vapor varia conforme a necessidade das etapas e da produção.

Assim, conforme o diagnóstico do uso da água descrito anteriormente, constatou-se um alto consumo dos recursos hídricos para o processamento da polpa de tomate concentrada, e, que o aumento da procura por este produto alimentício, fez com que a indústria aumentasse sua linha produtiva no ano de 2009, e, conseqüentemente, o consumo de água.

No estado de São Paulo existe a intenção de cobrança pelo uso da água, que até então não é feita pelo fato dessa água ser proveniente de captação subterrânea. Essa cobrança deve exigir da empresa um melhoramento do sistema de recirculação de água partindo do levantamento dos pontos de geração de efluente, a fim de evitar gastos com o consumo de água, o diagnóstico desenvolvido na indústria proporciona uma análise detalhada do sistema e pode auxiliar na sua reformulação.

4.2 – Proposição de medidas de melhoria

Após a realização do levantamento dos pontos de consumo de água e de geração de efluentes no processo de fabricação de molho de tomate, foi constatado que na peneira estática, no chuveiramento e na esteira de seleção a perda de água é relativamente baixa quando comparada com toda a água utilizada no processo. Entretanto, mesmo que essas quantidades sejam reduzidas é necessário criar novas alternativas para a minimização destes desperdícios.

Assim, sugere-se que a água desperdiçada na peneira estática possa ser recirculada para o tanque interno ou para o transportador hídrico, pois ambos se localizam próximos à peneira. Entretanto, os resíduos devem ser segregados da água residual para não prejudicar o funcionamento das bombas e as etapas de transporte e limpeza.

A água da etapa de chuveiramento e das esteiras de seleção que são direcionadas para a ETE podem ser recirculadas para o tanque interno devido ao fato de estarem próximas ao tanque e por ser

considerada uma água nova que foi injetada no chuveiramento e contém pouca matéria orgânica, porém os resíduos também devem ser segregados da água para não prejudicar o funcionamento das bombas e as etapas de transporte e limpeza.

Conforme comentado anteriormente, o local onde ocorre a maior quantidade de geração de água residual é nos concentradores. Assim, a instalação de tanques para o armazenamento de parte deste volume de água residual forneceria uma água com baixíssimo teor de impurezas e que poderia ser utilizada em diversos locais durante o processo como, por exemplo, no transporte, na limpeza do piso e dos equipamentos e nos banheiros.

Algumas outras medidas são sugeridas para melhorar a gestão dos recursos hídricos no empreendimento em questão, tais como:

- Instalação de hidrômetros para quantificar o consumo de água em cada setor da indústria forneceria um controle mais efetivo sobre o consumo de água em cada setor. Esse controle permite a implantação de ações específicas para cada uma das atividades;

- Instalação de bicos nas mangueiras, já que a indústria utiliza muita água em todo seu processo, principalmente na limpeza contínua. Estes bicos aumentam a pressão e diminuem a vazão, minimizando o gasto de água com limpeza;

- Utilização de técnicas de limpeza a seco o quanto for possível, em todas as áreas, pisos e superfícies, antes de qualquer lavagem com água;

- Gerenciar adequadamente as quantidades de água e produtos de limpeza/sanitização, utilizados durante a limpeza, visando à utilização de quantidades estritamente necessárias;

Além dessas medidas corretivas, os funcionários também devem receber o treinamento adequado para evitar o desperdício de água quando realizam a limpeza dos pisos e dos equipamentos e nas demais atividades por eles realizadas.

Assim, a redução no consumo de água irá refletir positivamente nos custos pela cobrança do uso da água, e nos gastos com reagentes na ETE.

5 – CONCLUSÕES

Através do presente trabalho foi possível realizar um diagnóstico ambiental na indústria em questão e assim identificar os pontos de consumo de água e de geração de efluentes durante o processo de fabricação de polpa de tomate concentrada, para que possam ser tomadas medidas adequadas de gestão do recurso hídrico no processo produtivo.

Os principais pontos de consumo de água foram identificados nas etapas de descarregamento do tomate e no seu transporte por meio do transportador hídrico, estas etapas consomem durante o

processo 10 m³ e 20 m³ respectivamente. Os principais pontos de geração de efluentes foram verificados no descarregamento, no transporte do fruto e no concentrador, a única etapa na qual não foi realizado ainda um grande reaproveitamento de água foi na etapa de concentração.

Com a implantação da cobrança pelo uso da água, a adoção de medidas simples tais como a instalação de hidrômetros, monitoramento da vazão nos setores diversos da indústria, recirculação da água residual, proporcionam um impacto positivo sobre o empreendimento, tanto no campo econômico quanto no de responsabilidade ambiental.

BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS – ABCSEM. Notícia. Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/noticia.php?cod=284>. Acesso em: 2 de agosto de 2010.
- HESPANHOL, I., MIERZWA, J. C., RODRIGUES, L. DI B., SILVA, M. C. C., 2007, *Manual de Conservação e Reúso de água na Indústria*. 1ª Edição. Rio de Janeiro: DIM.
- MACHADO, C. X.; 2005; *Tomate o papel do licopeno na proteção antioxidante*; Monografia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre; RS; Br.
- MUNHOZ, J. R.; 2009; *Otimização no Planejamento Agregado de Produção em Indústrias de Processamento de Suco Concentrado Congelado de Laranja*; Tese de Doutorado; Universidade Federal de São Carlos; São Carlos; SP; Br.