

MINIMIZANDO PERDAS DO SETOR CÍTRICO POR MEIO DO MAPEAMENTO DE PROCESSOS APLICADO À GERAÇÃO DE EFLUENTES

Antonio Valdecir CÔNSOLO*
Profa. Angela de Britto PEREZ*

RESUMO

A preocupação com o meio ambiente, nas últimas décadas, vem fazendo as empresas do setor agroindustrial direcionarem seus olhares em buscas de novas formas de produção mais limpa; no entanto, a percepção e o reconhecimento da necessidade de novas práticas ambientais, no fundo refletem a inserção da variável ambiental na melhoria dos processos, reduzindo seus resíduos na fonte, otimizando seus custos de produção. Este trabalho teve como objetivo minimizar as perdas do setor cítrico, identificando através do mapeamento dos processos, respostas mais rápidas aos possíveis desvios no setor cítrico, buscando através de análises químicas criar métodos preventivos, que possam ser o diferencial na tomada de decisões. Os resultados obtidos trouxeram para o processo maior facilidade na identificação dos problemas relacionados ao setor fabril, possibilitando ações rápidas que garantam a efetividade do processo.

PALAVRAS CHAVE: Mapeamento de processos. Setor Cítrico. Geração de efluentes.

ABSTRACT

Concern for the environment in recent decades, has been doing business in the agribusiness sector, direct their eyes in search of new forms of cleaner production, however, the perception and recognition of the need for new environmental practices, basically reflects the inclusion the environmental variable on improving processes, reducing your waste at source by optimizing their production costs. This work aims at to minimize losses in the citric sector, by identifying through process mapping, quicker answers to possible deviation in the citric sector, searching through chemicals analysis to create preventive methods that can be a differential in decision making. The results brought to the process easiness in identifying plant related problems, making possible fast actions that ensure process effectiveness.

KEYWORDS: *Process mapping. Citric sector. Effluent generation.*

INTRODUÇÃO

Na indústria de produção de suco de laranja, a obtenção de um produto final a partir das matérias-primas (variedades de laranja) disponíveis no mercado, requer uma grande quantidade de informações. Essas informações podem apoiar a empresa criando uma diferenciação em sua competitividade que a levará à excelência dos negócios.

* Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga – FATEC-TQ - Avenida Dr. Flávio H. Lemos 585. Portal Itamaracá. 15.900-000 – Taquaritinga – SP-Brasil. e-mail: antoniovalconsolo@hotmail.com; angela.bp@bol.com.br

Porém, já há algum tempo as empresas do ramo cítrico vêm tendo outra variável para empenhar parte de seus esforços, a destinação correta dos resíduos gerados ao longo do processo produtivo do suco concentrado de laranja, melhorando ao mesmo tempo seus padrões operacionais; para isso se faz necessário entender a evolução das indústrias ao longo dos anos.

A indústria de suco de laranja foi alocada no Brasil em consequência de uma grande geada na Flórida, embora ainda seguisse os padrões americanos, alcançou rapidamente um nível tecnológico equivalente ou até superior ao dos países mais adiantados do setor. Na década de 80, o Brasil tornou-se o maior produtor mundial de laranjas, ultrapassando a região da Flórida, nos Estados Unidos.

“O desenvolvimento da indústria de suco de laranja se deu nos EUA na década de 30, devido ao aumento do consumo do produto. Em 1944 teve início a comercialização de suco concentrado e congelado de laranja” (VIEGAS, 1983, p.3).

O Brasil exportou o suco concentrado e congelado de laranja pela primeira vez em 1962, com o volume de 235 toneladas, gerando 84 mil dólares a primeira fábrica de suco concentrado e congelado de laranja, nos moldes americanos, implantada no Brasil foi a Suconasa (Sucos Nacionais S.A) em Araraquara-SP no ano de 1963, tinha causas, motivações, agentes, capital, tecnologia e mercados externos (HASSE, 1987, p. 3).

“No início dos anos 80, o Brasil tornou-se o maior produtor e exportador mundial de suco, ultrapassando os EUA” (VIEGAS, 1983, p. 3).

Nos dias atuais, a maior parte da produção brasileira de laranja está concentrada no estado de São Paulo sendo atividade essencial de 322 municípios paulistas e 11 mineiros; onde a maior parte da produção destina-se à indústria do suco concentrado e congelado, mas também há o que chamamos de subprodutos com valor comercial obtidos durante o processamento, entre os quais subprodutos podemos citar óleos essenciais, líquidos aromáticos e farelo de polpa cítrica.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas e o primeiro de suco de laranja. Em 2005, o país exportou cerca de US\$ 750 milhões em frutas a exportação de suco de laranja é altamente concentrada, e o Brasil é o maior exportador respondendo sozinho por 81% do comércio mundial, o principal destino: EUA 72% e Europa 11%. Essa atividade econômica emprega cerca de 400 mil pessoas e gera divisas superiores a US\$ 1 bilhão anual; as exportações se, mantêm desde 1994 entre 1,1 e 1,2 milhão de tonelada.

A preocupação com a preservação do meio ambiente, no entanto, surgiu a partir da década de 70, quando se criou uma série de exigências às atividades potencialmente poluidoras, ou seja, que podem causar danos ao meio ambiente ou à saúde. Quando se fala em atividades potencialmente poluidoras pensa-se logo nas indústrias, porque representam o ramo de atividades mais conhecido como poluente. Isso explica o fato de as exigências de controle ambiental terem atingido as indústrias em primeiro lugar, e ainda serem as indústrias o alvo principal das normas que vêm sendo criadas. Essas normas têm que ser obedecidas por todas as atividades que possam causar algum impacto ambiental ou afetar a saúde da população, independente do tamanho ou porte da indústria.

1. Monitorando os processos por meio da caracterização do efluente via Fertirrigação

“A Fertirrigação, processo conjunto de irrigação e adubação consiste na utilização própria água de irrigação para conduzir ou distribuir adubo químico ou orgânico na lavoura, podendo ser feita por qualquer sistema de irrigação” (VIEIRA, 1986, p. 28).

Apesar de não ser uma prática exclusiva das indústrias cítricas, a fertirrigação, técnica adotada pelas empresas do ramo sucro-alcooleiro para destinação da vinhaça foi a saída para empresas que não possuem suas plantas instaladas próximas a corpos de água, sendo rapidamente adaptada para o efluente cítrico, que apesar de conter características similares, não chega a ser tão agressivo ao meio ambiente em condições normais de processamento; mesmo assim, vem sendo monitorado de perto pelos órgãos ambientais, em especial a CETESB, que vem preparando, já há algum tempo, normas específicas para o efluente cítrico, criando meios para que seu manejo seja diferenciado dos demais efluentes provenientes de outras práticas industriais.

O setor sucroalcooleiro é o que melhor uso faz dos efluentes gerados, esse uso não se dá apenas à crescente consciência ambiental, mas principalmente porque os efluentes produzidos têm grande quantidade de nutrientes, o que diminui o gasto com fertilizantes (ROSENFELD, 2003, p. 1).

Para aceitação ambiental do processo de irrigação ou fertirrigação do solo com efluente líquido industrial, são pressupostas a demonstração pelo empreendedor da biodegradabilidade no solo do efluente e fixação de taxa de aplicação aprovada pelo órgão ambiental, fato que remete a controvérsias, quanto à confiabilidade dos resultados.

Como existem vários focos aos quais os desvios de processo estão ligados, os profissionais ligados à área tentam criar meios para conhecer melhor seu processo, trabalhando de forma preventiva, de modo a validar planos de contenção. A partir desse modo de pensar, surgiu a necessidade de criar mapeamentos da fábrica, com o intuito de aumentar a certeza de que o monitoramento feito de fato corresponde à realidade.

1.1. A empresa em estudo

A empresa em estudo está entre as três maiores produtoras de suco concentrado do mundo. O trabalho foi realizado em uma de suas unidades que possuem capacidade aproximada de 25 milhões de caixa/safra, localizada no interior de São Paulo e utiliza a prática da fertirrigação para dispor seus efluentes.

Visando um melhor aproveitamento de sua produção e, em contrapartida, melhorar a disposição de seus resíduos, a empresa utiliza de monitoramentos diários para controlar suas emissões, através de análises físico-químicas que garantem a efetividade do processo; porém, visando uma melhoria contínua em seus métodos, surgiu a necessidade de criarem ações preventivas focadas na otimização do sistema de fertirrigação, aplicadas ao setor produtivo que é consequentemente o setor gerador.

1.2. Materiais e Métodos

Antes da discussão do assunto, é necessário entender como são feitas as medições de carga orgânica para efluentes. Para melhor controle de seus processos, as indústrias, sejam do setor cítrico ou não, costumam dividir seus processos para mensurar de forma mais eficiente suas perdas por desvios durante o processamento; através de análises químicas é possível quantificar o tamanho das perdas ocasionadas por esses desvios. Para efluentes, as mais comuns são análises de Demanda Química de oxigênio e Demanda Biológica de Oxigênio; neste caso utilizaremos a Demanda Química de Oxigênio mais conhecida como DQO.

1.3. Demanda Química de Oxigênio

A Demanda Química de Oxigênio

diz respeito à quantidade de oxigênio consumido por materiais ou substâncias orgânicas e minerais, que se oxidam sob condições definidas. No caso da águas, o parâmetro torna-se particularmente importante por estimar o potencial poluidor (no caso consumidor de oxigênio) de efluentes domésticos e industriais, assim por estimar o impacto sobre os ecossistemas aquáticos. Na impossibilidade prática de quantificar a demanda de tal oxigênio, o mesmo convencionalmente substituído por substâncias químicas oxidantes que, tendo sua quantidade medida antes e depois do contato do material em estudo, revelam o poder redutor ou demandador de oxigênio do mesmo (HANSON, 1990).

Os valores característicos de DQO nas áreas de processamento do setor cítrico são expressos na tabela a seguir.

Tabela 1 - Características de DBO e DQO dos efluentes das várias etapas do processo

Etapas do processamento	Referência 01	Referência 02
	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
Lavagem da Laranja	100 – 600	500
Área de Extração	1000 – 10000	500 – 1500
Condensados do suco	300 – 600	0 – 1500
Área de Embalagem	1000 – 10000	-
Condensados do Melaço	500 – 1000	0 – 500
Licor de prensagem do bagaço	100000	60000 – 120000
Centrífugas de Óleo	25000	20000 – 45000

Fonte: CETESB (1990)

Analisando os valores especificados para cada área do processo, ficaram mais claras as interações com o mesmo, de modo a direcionar as ações em busca da obtenção de um ambiente mais limpo, e em contrapartida melhor eficiência de processos.

2. Os controles utilizados na empresa

Os controles atuais se resumem em amostragens turno a turno, ou oito horas, com intervalos de coletas de uma hora, para efluentes ainda dentro da fábrica, em um tanque de equalização, e, para efluentes já dentro do sistema de fertirrigação em lagoas de armazenamento do efluente bruto.

Embora o método seja eficiente, saber qual a área que mais contribuiu para as oscilações do processo é extremamente complicado. Para isso, se fez necessário a elaboração de um estudo das áreas do processo que, por sua vez foi realizado em um período de trinta dias estrategicamente no pico de safra. Passo a passo foram realizadas caracterizações em cada área, considerando vazões de cada ponto amostrado e confrontando com a Demanda Química de Oxigênio, analisando os valores especificados para cada área do processo, ficaram mais claras as interações com o mesmo, de modo a direcionar as ações em busca de um objetivo comum, as rotinas de coleta propostas seguem conforme tabela a seguir.

Tabela 02 - Planejamento da amostragem

Ambiente de coleta	Rotina de coleta	Tempo entre coletas	Números de pontos amostrados
Processamento Cheio	24 horas	30 minutos	13 pontos

* Processamento cheio, capacidade total da fábrica, aproximadamente 150.000 caixas/dia.

Fonte: Adaptado pelo autor (2010)

Confrontando as vazões dos pontos amostrados, com as vazões totais da fábrica, temos:

$$\text{Contribuição DQO} = \frac{\text{Vazão encontrada} \times \text{DQO encontrado}}{\text{Vazão Total} \times \text{DQO Médio}}$$

Com essa razão, tornou-se possível encontrar as contribuições de cada ponto em relação ao contexto real do ambiente fabril, o fechamento segue com as contribuições dos pontos juntamente com as variações de DQO ideal, conforme tabela abaixo.

Tabela 03 - Contribuições de Demanda Química das áreas.

Pontos Coletados	Vazão (m³/h)	DQO (mg/L) Encontrado	DQO (mg/L) Bom	% Variação Méd. X Ideal	Contribuição (%) DQO Total	DQO Fábrica Bom
Recepção	8,5	13950	2000	597,50%	5,43%	1,19%
Ralo/Carregamento	7,5	3500	2000	75,00%	1,20%	1,05%
Limpeza dos Wastes	35,0	16880	10000	68,80%	27,06%	24,44%
Limpeza dos Tastes	40,0	10200	9000	13,33%	18,68%	25,14%
Limpeza/ filtragem	15,0	12200	9000	35,56%	8,38%	9,43%
Extração	2,0	3820	500	664,00%	0,35%	0,07%
Silo de armazenamento	0,7	15000	500	2900,00%	0,48%	0,02%
Lavagem de Gases B	30,0	7606	6000	26,77%	10,45%	12,57%
Lavagem de Gases D	40,0	7400	6000	23,33%	13,56%	16,76%

Condensado vegetal	40,0	4467	800	458,38%	8,18%	2,23%
Saída Lavadora	64,0	1640	1500	9,33%	4,81%	6,70%
Centrífugas	6,0	3340	500	568,00%	0,92%	0,21%
Outros	5,0	2210	500	342,00%	0,51%	0,17%
TOTAL/MÉDIA	293,7	7435	4875	52,51%	100,00%	100,00%

*Valores (Bons) são especificações estabelecidas pela empresa.

Fonte: Adaptado pelo autor (2010)

3. Resultados e Discussões

Após análise dos pontos amostrados, evidencia-se que:

✓ **O ponto com maior vazão não mostrou ser o maior contribuinte;**

Embora tenha mostrado alta vazão, água de saída das lavadoras de frutas possui uma DQO baixa, pois é constituída em sua grande parte de condensado vegetal e sanitizantes (que garantem os baixos índices microbiológicos nas próximas etapas do processo), os desvios de processo nessa área se tornam mais comuns quando a fruta chega à lavadora deteriorada e acaba perdendo propriedades físicas na água, ou quando há arraste de óleos na etapa que antecede a obtenção do condensado.

✓ **Alguns pontos com DQO considerado baixo tiveram contribuição expressiva em função da alta vazão;**

O condensado vegetal do Waste (*Evaporador do Licor proveniente da prensagem do bagaço da laranja na fábrica de ração*) na maioria das vezes acaba arrastando durante seu processo de condensação partículas de Terpeno Cítrico, esse composto também é obtido pelo processo de evaporação/condensação e é muito agressivo ao oxigênio presente na água, esse mesmo condensado é usado na higienização dos frutos e acaba sendo incorporado no efluente que segue sistema de fertirrigação.

✓ **Há uma variação muito grande entre DQO ideal e real, que precisa ser tratada;**

Observou-se vários pontos de melhorias ao longo do processo que possam agregar valor a diminuição da DQO na empresa; melhora na obtenção do Terpeno Cítrico, melhorias operacionais como treinamentos e diálogos com os operadores a fim de evitar transbordamentos que possam chegar ao sistema de fertirrigação manutenções preventivas e preditivas em equipamentos que possam apresentar vazamentos futuros.

✓ **Os pontos que mais contribuem estão ligados diretamente à limpeza dos equipamentos;**

A indústria cítrica tem uma gama considerável de equipamentos que precisam de limpeza e sanitização em períodos especificados pelo setor de qualidade da empresa, porém esses equipamentos geralmente são de grande porte e usam muita água para recircular em sua estrutura os descartes são

encaminhados para a fertirrigação carregados de resto de suco e soda cáustica, e podem alterar os índices de DQO forma expressiva.

✓ **Os residuais da lavagem de gases variam de forma inversa à eficiência do secador;**

Quando mais eficiente for o secador de palha mais eficiente será o sistema de lavagem de gases, pois menos fuligem será produzida pelo processo, pelo mapeamento de processos é possível quantificar as variações e propor ações estabilizem o processo de queima de biomassa nos secadores.

✓ **Desvios em pontos como Recepção e Ralo da área de carregamento de suco à granel, são operacionais e independem das condições de processamento.**

Nos pontos amostrados identificou-se que havia necessidade de treinamentos específicos que mostrassem ao operador os riscos de pequenos desvios na remoção de suco na limpeza dos isotanques no carregamento a granel.

Para recepção de frutas, treinamentos e implantação de programas de ordem e limpeza também contribuíram para melhor desempenho nos índices.

Uma vez identificadas as variáveis, são propostas as tratativas, através de Diagrama de Pareto, e posteriormente Diagrama de Ishikawa, popularmente conhecido como Diagrama de Causa e Efeito; identificadas as causas raízes as ações são validadas e monitoradas até serem implantadas definitivamente no processo.

3.1. Ações implantadas

Nos primeiros três meses após a realização do mapeamento realizado, seguem algumas ações que já foram realizadas:

- ✓ Mudança na rotina de limpeza dos equipamentos, alteração nos intervalos de 8 horas para 12 horas, o que resultou em uma economia de aproximadamente 50% no consumo de soda cáustica;
- ✓ Maior monitoramento na qualidade da entrada de biomassa nos secadores, o que possibilitou menos oscilações no processo de secagem, posteriormente diminui a carga de fuligem no descarte de água preta.

3.2. Ação em processo de validação

- ✓ Criação de sistemas de reuso de água para os pontos de maior vazão, e carga orgânica baixa, (águas residuárias mais fáceis de serem tratadas), em regime de circuito fechado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados mostram que ao considerar o efluente após o tanque de equalização, torna o controle carregado de incertezas já que o mesmo engloba todas as áreas em uma mesma amostra, o mapeamento de processo por sua vez consegue propor tratativas que aperfeiçoam o processo em busca da melhoria contínua, e em contrapartida agridem menos ao meio ambiente; houve melhora

significativa nas rotinas de limpeza dos evaporadores (Waste/Taste), trazendo novas alternativas de controle para o setor.

REFERÊNCIAS

CETESB. – *Estabelecimento de fatores de emissão para efluentes líquidos da indústria de suco cítrico concentrado*, 1985.

CETESB. – *Sucos Cítricos, série Produção mais limpa (P+L)*, São Paulo 2005.

CETESB. *Vinhaça - Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola*. São Paulo, Norma Técnica P4. 231; 2005.

CITRUSBR, *Associação Nacional dos Exportadores de sucos cítricos* /Disponível em: www.citrusbr.com.br/. Acesso em: 03 set. 2010.

HANSON, N. W. Standardized Methods of analysis. In: *Official standardized and recommended methods of analysis*, vol. 2. 1973.

ROSENFELD, U. *Irrigação e Fertirrigação nas regiões de SP e CO. I Simpósio de Tecnologia de cana de açúcar, 2003*.

VIEGAS, F. C. P.; STEGER, E.; ANTONIO, A. P.; FOX, K. I. & GRAY, L. E. *Processamento dos Produtos Cítricos com Máquinas FMC*, 1983.

VIEIRA, D. B. *Fertirrigação sistemática de cana-de-açúcar com vinhaça*, v.6, n.28, p. 26-30, 1986.