

Aplicação do método FMEA para análise de falhas do processo de fabricação de açúcar

Patricia de Castro Sousa (FHO - Uniararas) patriciakastro@yahoo.com.br
William Douglas Paes Coelho (FHO - Uniararas) prof_williamdouglas@yahoo.com.br

Resumo:

O presente trabalho tem como objetivo realizar um mapeamento do processo de fabricação de açúcar através do método de análise do modo e efeito de falhas (FMEA), visando melhorar a qualidade e a confiabilidade do processo. Visto que o processo é composto por muitas variáveis que determinam os muitos tipos de açúcar existentes no mercado, os considerados de baixa qualidade, que tem menor valor e demanda, estão relacionados à falhas de processos. Para tanto, foi realizado um estudo de caso em uma empresa fabricante de açúcar e etanol, localizada no interior de São Paulo. O estudo propiciou a identificação das causas potenciais de falhas do processo, sua priorização e elaboração de ações corretivas e preventivas, dando suporte às decisões estratégicas da empresa e contribuindo para a maior confiabilidade do processo e qualidade do produto final.

Palavras chave: Processo de fabricação de açúcar, FMEA, Causas de falha.

Application of FMEA method for analysis sugar manufacturing process fail

Abstract

This article have the objective of doing a mapping of the sugar producing process by the fail mode effect analysis, expecting to improve the process quality and reliable. Seems that, the process is composed for several variables that determinate the many kinds of sugar on the market, these considerate with low quality, with demand and price less, are related to the process fail. Therefore, it was developed an study in a ethanol and sugar producing plant, located in São Paulo. This study propitiated the identification of potential process fail causes, the prioritization of them and elaboration of corrective a preventive actions, providing strategic decision assistance, contributing for higher process reliable and final product quality guarantee.

Key-words: Manufacturing process of sugar, FMEA, Fail causes.

1. Introdução

O açúcar é um produto com demanda global crescente e as novas exigências dos clientes internos e externos juntamente com a competitividade no setor, estão levando as empresas a investirem na melhoria da qualidade de seus produtos e a buscarem soluções para reduzir custos e aumentar os lucros.

Para Garvin (2002) a qualidade é um ponto estratégico de competição de grande importância,

de acordo com Oakland (1994) as empresas que utilizam a qualidade de forma estratégica, melhoram o desempenho em confiabilidade, entrega e preço, ganham clientes, obtêm vantagens em recursos de negócios e se tornam competitivas. A qualidade, no entanto, conforme analisa Garvin (2002), deve ser voltada para atender as necessidades do usuário, atendendo às especificações definidas por tal. Neste contexto Carvalho e Paladini (2006) colocam que a qualidade é uma relação entre a organização e o mercado consumidor.

O açúcar é obtido através de um processo de cristalização controlada, a partir do caldo de cana-de-açúcar previamente tratado. A qualidade do açúcar é dada por um conjunto de especificações que formam uma variedade de tipos de açúcar, definidas, de acordo com as preferências do comprador. Paulino (2009) lista as especificações típicas do açúcar, que podem ser conferidas na Tabela 1. Considerando que a matéria-prima é a mesma pra todos os tipos de açúcar, no sistema produtivo, porém, o que define a qualidade do produto, é a eficiência do processo de produção, visto que, a variação das especificações ocorre por falhas existentes no processo.

| Características | Unidade | | TIPOS DE AÇÚCAR | | | | | |
|---------------------|--------------|------|---------------------------------------|-----------|-----------|--------|---------------|------|
| | | | Tipo 1 | Tipo 2 | Tipo 3 | Tipo 4 | VHP | VVHP |
| Cor ICUMSA | UI | máx. | 100 | 150 | 180 | 400 | 1200 | 450 |
| Polarização | °Z | min. | 99,8 | 99,7 | 99,7 | 99,5 | 99,00 - 99,49 | 99,6 |
| Umidade | % | máx. | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,10 | 0,15 | 0,1 |
| Resíduos Insolúveis | 1 a 10 mg/Kg | máx. | 5 | 5 | 9 | – | – | – |
| Pontos Pretos | n°/100g | máx. | 7 | 7 | 15 | – | – | – |
| Part. Magnetizáveis | mg/Kg | máx. | 2 | 1 | 5 | – | – | – |
| Cinzas | % | máx. | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,10 | 0,15 | 0,12 |
| Sulfito | mg/Kg | máx. | 10 | 10 | 15 | 20 | – | < 1 |
| Dextrana | mg/Kg | máx. | – | 100 | 150 | – | – | 80 |
| Amido | mg/Kg | máx. | – | 180 | 180 | – | – | 80 |
| Turbidez | NTU | máx. | – | 20 | 20 | – | – | 50 |
| Granulometria | AM em mm | min. | – | 0,5 - 0,8 | 0,5 - 0,9 | – | – | 0,9 |
| | CV em % | máx. | – | – | – | – | – | 25 |
| | Fundo | máx. | – | – | – | – | – | 0,2 |
| Aparência | – | – | Cristal branco, sem empedramento | | | | | |
| Sabor | – | – | Doce característico | | | | | |
| Odor | – | – | Característico, sem odor desagradável | | | | | |

Fonte: Adaptado de Paulino (2009)

Tabela 1 – Especificações do açúcar

O principal fator que influencia na qualidade do açúcar, é a cor UI (unidade ICUMSA) - aumentando a qualidade do mesmo de acordo que a cor UI decai. Assim, o açúcar Tipo 1, apresenta qualidade superior aos demais e detém a preferência do mercado consumidor, o que aumenta o valor agregado do produto e proporciona melhores rendimentos a empresa. No entanto, há uma grande dificuldade do processo em adequar o produto final à qualidade demandada, acontecendo do açúcar produzido não ser o desejado, comprometendo o atendimento ao cliente, gerando estoques, retrabalho e grandes custos à empresa. Segundo Oliveira, Esquiaveto e Silva Junior (2007), diversos fatores contribuem para esse problema (insuficiente e/ou inadequado controle do processo de produção, falta de mão-de-obra capacitada, entre outros), também, apontam carência de estudos voltados para o açúcar no

maior país produtor do mundo.

A classificação quanto ao tipo de açúcar, é dada ao final do processo, pelas análises das especificações em laboratório. Para Juran e Gryna (1993) o controle de qualidade do produto ao final do processo pode ser insuficiente e tardio, e que um acompanhamento das operações durante o processo, possibilita a correção das falhas no momento em que elas ocorrem.

Neste contexto, a análise do modo e efeito de falha (FMEA – Failure Mode and Effect Analysis), segundo Oakland (1994), é um método que determina os possíveis modos de falha e seus efeitos no desempenho do produto ou do processo ou do serviço e contribui para a melhoria da qualidade dos mesmos. Keeling (2002) faz associação com a análise de riscos, e cita benefícios como: maior confiança lógica no planejamento, inclusão de táticas e métodos para reduzir as consequências das falhas e avaliação dos riscos e consequências que influenciarão nas decisões estratégicas.

Sendo o processo de fabricação de açúcar composto por muitas variáveis que dificultam o controle de qualidade de saída do produto final, tem-se como objetivo deste trabalho identificar e avaliar as variáveis críticas do processo através do método FMEA proposto por Palady (1997) e assim poder determinar ações necessárias ao controle do processo às principais falhas identificadas, visando obter uma maior confiabilidade do processo e consequente melhoria da qualidade do açúcar, ou seja, um produto final dentro das especificações desejadas, o que além de trazer ganhos para a organização como um todo, preenche uma lacuna existente, de pesquisas científicas nessa área.

2. Revisão da literatura

Qualidade, de acordo com Carvalho e Paladini (2006), é uma palavra de difícil definição, pois depende da abordagem dada ao termo, que pode ser transcendental, baseada no produto, na produção, no usuário e no valor. Oakland (1994) resume todas estas abordagens, expressando que, qualidade é simplesmente o atendimento das exigências dos clientes.

Segundo Carvalho e Paladini (2006), a qualidade do produto depende da qualidade do processo, assim tem-se a confiabilidade, definida por Oakland (1994) como sendo a capacidade do produto ou serviço atender às exigências do cliente. Tendo-se como processo, segundo Oakland (1994), a transformação de um conjunto de entradas em saídas, por meio de ações, métodos e/ou operações, que satisfazem às necessidades e expectativas dos clientes na forma de produtos, informações e/ou serviços.

Para Carvalho e Paladini (2006) um mapeamento do processo, permite que sejam conhecidas com detalhe e profundidade todas as operações que ocorrem durante a fabricação de um produto, aumentando as possibilidades de ajustes e medidas corretivas e preventivas quanto às falhas em processo, levando uma maior confiabilidade ao mesmo.

Existem várias ferramentas e métodos que ajudam na realização de um mapeamento de processo, destacando-se neste trabalho o fluxograma, o diagrama de Ishikawa e o FMEA.

Fluxograma é um diagrama de entrada-saída que mostra as atividades e seqüências do processo, para Slack, Chambers e Jhonston (2002) proporciona uma visão geral útil do contexto do processo e de oportunidades de melhoramentos; para Oakland (1994) assegura uma perfeita compreensão das entradas e saídas do fluxo do processo.

O diagrama de Ishikawa ou também conhecido com diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe, segundo Oakland (1994) é uma maneira útil de analisar as saídas que afetam a qualidade; para Slack, Chambers e Jhonston (2002) é um método efetivo de ajudar a encontrar as raízes de problemas. De forma geral o digrama de Ishikawa, guiado por seis categorias

comuns como causas (6M - materiais, métodos, medidas, máquinas, mão-de-obra, meio ambiente), é representado na Figura 1, adaptada de Slack, Chambers e Jhonston (2002).

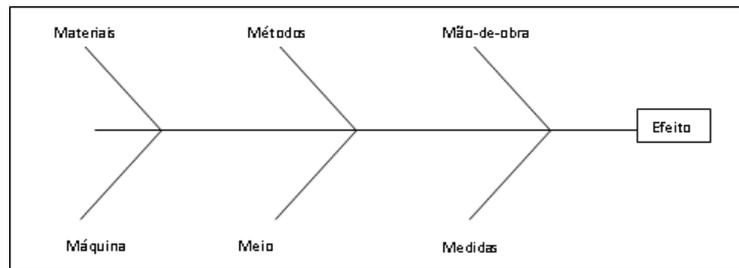


Figura 1 – Diagrama de Ishikawa

O método de análise do modo e efeito de falha (FMEA – Failure Mode and Effect Analysis), a principal base deste trabalho, conforme Slack et al (2008) é um meio de identificar as falhas do processo. Segundo Oakland (1994), estuda as falhas potenciais e determina seus efeitos, identifica os níveis de importância ou criticidade de problemas e estimula ações para reduzir esses níveis. Para Palady (1997) é um método eficiente e de baixo risco para a prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custos.

O FMEA desdobra o processo até chegar ao ponto de entender, passando do geral para o particular, com a finalidade de articular ações para o alcance de objetivos, é assim que Carvalho e Paladini (2006) descrevem o gerenciamento por diretrizes, que procura criar condições para o gerenciamento das prioridades da organização e para Keeling (2002) é a base para viabilidade e redução os custos de um projeto, pois é sempre mais barato detalhar os ricos do que tratá-los durante o processo.

Palady (1997) propõe um modelo de FMEA composto de 5 elementos básicos, demonstrados na figura 2 , visando garantir o sucesso da análise.

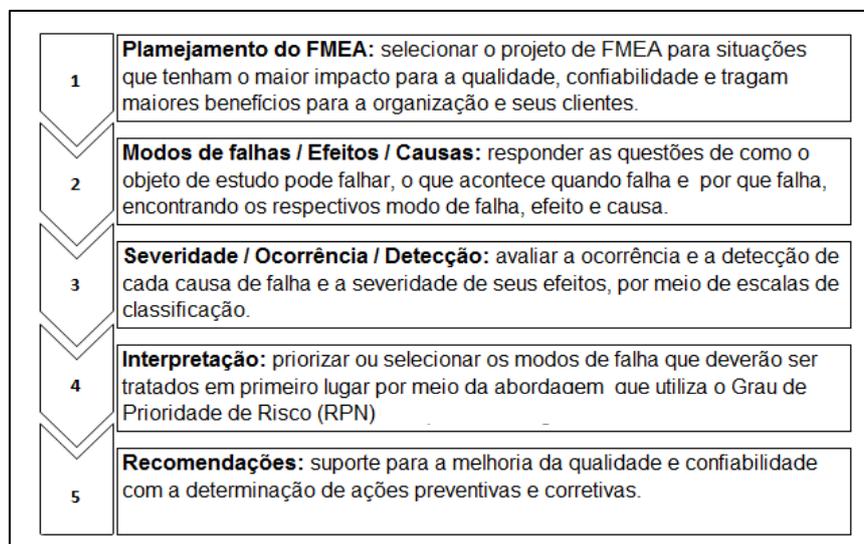


Figura 2 – Elementos Básicos do FMEA. Adaptado de Palady (1997)

Os níveis de severidade, ocorrência e detecção avaliam a criticidade das causas e efeitos de falha através da atribuição de valores a cada nível, conforme classificação das escalas apresentadas no Tabela 2, adaptadas de Palady (1997).

Palady (1997) explica que o produto das estimativas destes níveis de severidade, ocorrência e detecção define o Grau de Prioridade de Risco (RPN), sendo considerados críticas as variáveis que possuem o maior índice.

| Índice | Escalas de Referência | | |
|--------|---|----------------------------------|-----------------------------------|
| | Severidade | Ocorrência | Deteção |
| 1 | Efeito não é notado pelo cliente | Extremamente remoto | Certamente detectará |
| 2 | Efeito pequeno, notado pelo cliente. | Remoto, improvável | Chance muito elevada de detectar |
| 3 | Efeito pequeno, que causa algum inconveniente ao cliente. | Chance muito pequena de ocorrer | Chance elevada de detectar |
| 4 | Efeito pequeno, mas que requererá serviço | Chance pequena de ocorrer | Chance de detectar com frequência |
| 5 | Efeito pequeno, cliente requererá serviço imediato | Chance ocasional de ocorrer | Chance moderada de detectar |
| 6 | Efeito moderado, causa insatisfação | Chance moderada de ocorrer | Chance ocasional de detectar |
| 7 | Efeito moderado, causa reclamação | Chance de ocorrer com frequência | Chance pequena de detectar |
| 8 | Efeito significativo, causa interrupção no sistema | Chance elevada de ocorrer | Chance muito pequena de detectar |
| 9 | Efeito crítico, risco de segurança | Chance muito elevada de ocorrer | Remota deteção |
| 10 | Efeito crítico, risco de vida | Certamente ocorrerá | Impossível detectar |

Tabela 2 – Escalas de severidade, ocorrência e deteção

Para Palady (1997) o objetivo deste modelo é destacar o FMEA como uma ferramenta eficaz de análise, com menores custos e tempo de desenvolvimento.

3. Metodologia

Este trabalho conforme classificado por Silva (2004), tem como procedimento técnico de elaboração, um estudo de caso, que de acordo com Acevedo e Nohara (2009), é caracterizado pela análise em profundidade de um objeto de pesquisa (um indivíduo, uma família, uma organização, entre outros), reunindo segundo Martins e Lintz (2010) por meio de diferentes técnicas de coleta de dados (observação, observação participante, questionário, entrevistas, análise de conteúdo, etc.) um maior número de informações detalhadas, possibilitando uma profunda penetração na realidade do tema.

O presente trabalho desenvolveu-se na Usina São João, empresa do Grupo USJ, produtora de açúcar e álcool, localizada no município de Araras, interior de São Paulo, nos meses de agosto, setembro e outubro do ano de 2011, considerando os dados da safra corrente. Tendo-se como foco de pesquisa o processo de fabricação de açúcar, visando mapear as falhas do processo que interferem na qualidade do açúcar final, a fim de melhor direcionar os esforços para a melhoria da confiabilidade do processo, através do método FMEA proposto por Palady (1997).

Palady (1997) recomenda que a equipe de colaboradores do FMEA não seja muito grande, sugere uma diretriz genérica de 5 a 7 pessoas, que detenham o maior conhecimento do processo, a fim de representar bem o interesse de todos os grupos que exerçam influência sobre a qualidade e confiabilidade finais do processo. Então, o presente trabalho contou com o apoio de uma equipe de colaboradores, denominada equipe FMEA e selecionada conforme descrito a seguir.

O levantamento das informações necessárias à pesquisa deu-se pela consulta a documentos internos da empresa (instruções normativas, dados de produção e venda, entre outros) e entrevistas estruturadas, aplicadas aos funcionários colaboradores da equipe FMEA, cujo roteiro de questões está apresentado na Figura 3. Todavia, para não interferir na qualidade das respostas e preservar os interesses profissionais dos funcionários, os mesmos não serão identificados.

A Tabela 2, a seguir, representa o modelo de FMEA proposto por Palady (1997), conforme sugere o autor cada coluna deve ser preenchida completamente antes de passar para a coluna seguinte para não perder o foco da análise, o que, juntamente com as questões que completam a tabela, fornecem o roteiro de entrevistas com os colaboradores da equipe FMEA.

| Função | Modo de Falha | Efeito da Falha | Causa da Falha | Ocorrência | Severidade | Deteccção | Recomendações |
|------------------------------------|--|---|---|---|--|---|--|
| O que este processo tem que fazer? | Como este processo falha? (Função no sentido negativo) | O que esta falha acarreta no produto final? | Quais as razões que fazem esta falha ocorrer? | Quais são as chances dessa causa acontecer? | Quão grave são as consequências do efeito dessa falha? | Quais são as chances de se detectar o modo de falha antes dele alcançar à próxima operação? | Que ações podem ser feitas para: (1) Prevenir o modo de falha (2) Reduzir a severidade (3) Reduzir a ocorrência (4) Melhorar a deteccção |

Figura 3 – Modelo de FMEA

Em síntese o desenvolvimento do trabalho foi dividido em cinco fases demonstradas na figura 4 e descritas abaixo:

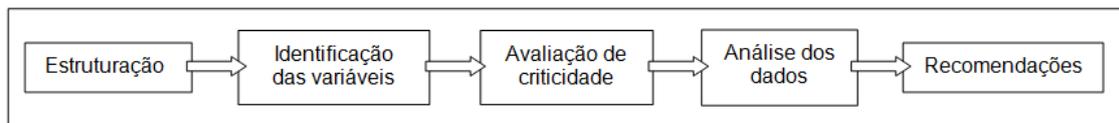


Figura 4 – Fases do desenvolvimento do trabalho

Fase I - Estruturação: nesta fase foi realizada uma familiarização entre a pesquisadora, o processo de fabricação do açúcar e os funcionários da empresa, através de um acompanhamento diário e observações das atividades do processo. O que proporcionou a definição da equipe de colaboradores FMEA, sendo escolhidos 5 funcionários que já trabalharam em várias funções do processo e que abrangem um conhecimento geral sobre o mesmo. E direcionou a análise, definindo as funções do processo com base no fluxograma do processo.

Fase II - Identificação das variáveis: as variáveis do processo consistem nas causas de falha do mesmo, e foram apuradas com o apoio da equipe FMEA, que derão a sua visão de efeito e causa para cada modo de falha, definido como a função do processo no sentido negativo. Cada funcionário foi entrevistado individualmente e todas as colocações foram tabuladas para posterior avaliação de criticidade.

Fase III - Avaliação de criticidade: identificadas as variáveis do processo, os colaboradores da equipe FMEA avaliaram a severidade do efeito da falha e a ocorrência e deteccção das causas de falha, atribuindo notas de 1 a 10 conforme proposto por Palady (1997). A média aparada das notas foi atribuída aos valores de severidade, ocorrência e deteccção. Para o cálculo desta média eliminou-se o menor e o maior valor do conjunto e realizou-se a média aritmética entre os valores restantes, excluindo os valores discrepantes da amostra.

Fase IV - Análise dos dados: nesta fase as variáveis críticas do processo foram apontadas segundo o cálculo do RPN também proposto por Palady (1997). E para complementar e auxiliar a conclusão do estudo, as causas definidas com risco de alta prioridade, foram detalhadas entre os 6M do diagrama de Ishikawa.

Fase V - Recomendações: por fim, seguindo o roteiro de entrevistas, a equipe FMEA apontou ações de melhoria do processo, para as causas com alta prioridade de risco definidas na fase anterior.

4. Estudo de caso

4.1 Descrição da Empresa

Fundada em 1944, situada em Araras interior de São Paulo a Usina São João, é a pioneira do Grupo USJ, formado por mais duas usinas localizadas no estado de Goiás. O grupo está entre os maiores produtores brasileiros de açúcar e etanol, com um faturamento anual de aproximadamente 656 milhões de reais. Tem como visão ser líder e inovador em processos e produtos para os mercados de derivados de cana-de-açúcar; e como missão produzir açúcar, etanol, eletricidade e outros derivados da cana-de-açúcar, gerando lucro de forma sustentável para clientes, acionistas e colaboradores.

A Usina São João processa cerca 3,7 milhões de toneladas de cana por ano, produzindo 300 mil toneladas de açúcar e 130 milhões de litros de álcool, além de ser autossuficiente em energia elétrica, gerada pela queima do bagaço da cana.

O objetivo da empresa é atender a demanda por um açúcar de maior qualidade, ou seja, o açúcar Tipo 1, porém este tipo de açúcar é bem difícil de ser produzido, conforme pode ser visualizado na Figura 5, que representa a distribuição da produção de açúcar na empresa. Pelo Gráfico 1, observa-se que apenas 2% da produção representa o açúcar desejado, 47% representa o açúcar Tipo 2, que todavia é considerado um açúcar bom e supre a demanda do mercado em substituição a escassez de açúcar Tipo 1. Já 51% da produção, ou seja, mais da metade do açúcar produzido prejudica os ganhos da empresa, gerando gastos com estoques e retrabalho, pois 32% da produção é estocado até que surja compradores para esse tipo de açúcar (Tipo 3), e 19% da produção (açúcar Tipo 4) retorna ao processo, sendo retrabalhado, a fim de reduzir as perdas da empresa. Essa distribuição entre os tipos de açúcar produzidos representa a má confiabilidade do processo de produção.

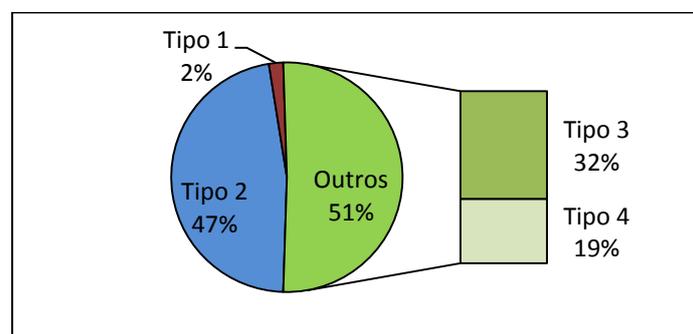


Figura 5 – Produção de açúcar na Usina São João, safra 2011

O processo produtivo da empresa pode ser entendido pelo fluxograma do processo, representado na Figura 6, que apresenta o fluxo de operações desenvolvidas na fabricação do açúcar.

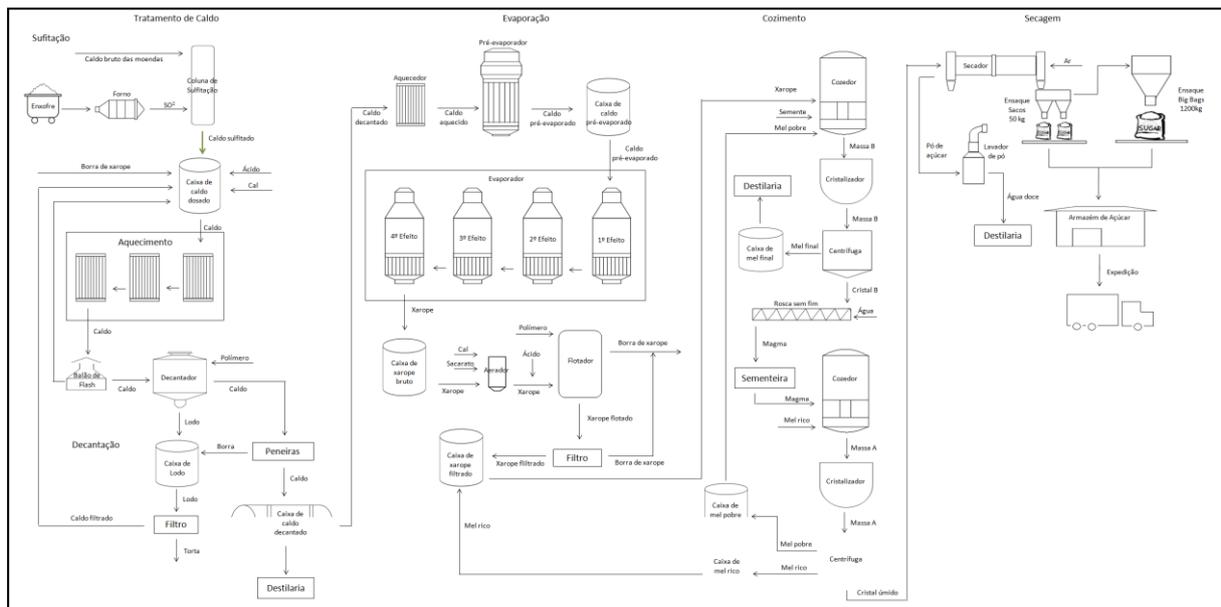


Figura 6 – Fluxograma do processo de fabricação de açúcar

Subdividido em 4 operações básicas: tratamento de caldo, evaporação, cozimento e secagem, em resumo a produção acontece da seguinte forma:

- tratamento de caldo: o caldo bruto, extraído da cana-de-açúcar, é aquecido e tratado quimicamente, com o objetivo de purificar o caldo, com a retirada de contaminantes orgânicos e inorgânicos. Impurezas estas provenientes do campo e da própria cana. A retirada destas impurezas resulta na produção de torta de filtro, que é utilizada como adubo orgânico de alta fertilidade e então retorna ao canavial;
- evaporação: o caldo tratado e límpido será nesta seção evaporado retirando-se a água, produzindo o Xarope de cana para a próxima operação;
- cozimento: por meio da evaporação da água a vácuo e a baixa temperatura através dos cozedores à vácuo, acontece uma supersaturação do xarope alimentada com mel, , fazendo com que o açúcar se deposite nas sementes (solução formada por 2 partes de álcool anidro e 1 parte de açúcar cristal, utilizada no processo, para que ocorra a granagem dos cristais de açúcar de uma forma mais homogênea), fazendo-as crescer. Passa pelos cristalizadores que auxiliam na cristalização do açúcar. O açúcar cristalizado (massa B ou massa A) segue às para as centrifugas de açúcar, onde é separado os cristais de açúcar dos méis que são reutilizados no processo de cristalização;
- secagem: o açúcar úmido segue então para os secadores onde ficará seco. Pronto para o ensaque em sacos de 50 quilos ou em Big-Bags de 600 ou 1.200 quilos. O açúcar assim embalado segue então para os armazéns, de onde serão expedidos para o mercado.

Estas operações do processo dão base para a definição das funções a serem analisadas pelo método FMEA.

4.2 Resultados e Discussões

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos nas fases II, III e IV do desenvolvimento do trabalho.

| Processo | Operação do processo | Função do Processo | Modo de Falha | Efeito de falha | S | Causa da falha | O | D | RPN |
|---------------------|----------------------|--|--|-----------------|---|------------------|---|---|-----|
| Tratamento de Caldo | Sulfitação | Reduzir adequadamente o pH do caldo. (pH | Não reduzir adequadamente o pH do caldo. | Aumento da cor | 8 | Falta de enxofre | 7 | 2 | 112 |

| Processo | Operação do processo | Função do Processo | Modo de Falha | Efeito de falha | S | Causa da falha | O | D | RPN |
|------------------|--------------------------|---------------------------------|---|--|----|---|---|---|-----|
| | | | | Baixa produtividade | 8 | Baixa pressão de Vapor | 8 | 1 | 64 |
| | | | | Baixa produtividade | 8 | Vácuo | 7 | 2 | 112 |
| | | | | Baixa produtividade | 7 | Sobrecarga | 2 | 1 | 14 |
| Cozimento | Cozimento 60 - 65 ° C | Formar cristais homogêneos | Não formar os cristais de forma homogênea | Granulometria (formação de falsos grãos) | 9 | Operacional | 5 | 2 | 90 |
| | | | | Baixa produtividade | 8 | Vácuo | 7 | 2 | 112 |
| | | | | Baixa produtividade | 8 | Baixa pressão de Vapor | 8 | 1 | 64 |
| | | | | Aumento de cor | 9 | Vácuo | 6 | 2 | 108 |
| | Cristalização | Saturar os cristais de sacarose | Não saturar os cristais | Granulometria | 6 | Tempo de cristalização | 2 | 2 | 24 |
| | | | | Caramelização | 9 | Encrustações e diferença de carga | 8 | 2 | 144 |
| | | | | Granulometria (formação de blocos de cristais) caramelização | 8 | Agitadores | 1 | 3 | 24 |
| | Centrifugação | Separar o mel dos cristais | Não separar o mel dos cristais | Aumento da cor | 9 | Centrífuga obstruída | 7 | 1 | 63 |
| | | | | Aumento da cor | 10 | Falta de água na centrífuga | 2 | 1 | 20 |
| | | | | Aumento d cor | 8 | Sobrecarga e baixo tempo de centrifugação | 7 | 1 | 56 |
| Secagem | Secador | Tirar a umidade dos cristais | Não tirar adequadamente a umidade | Granulometria (empedramento do açúcar) | 8 | Temperatura do secador (baixa pressão de vapor) | 8 | 1 | 64 |
| | | | | Granulometria (empedramento do açúcar) | 8 | Falta de ventilação | 6 | 2 | 96 |
| | | | | Aumento da cor | 8 | Temperatura do secador (alta pressão de vapor) | 3 | 1 | 24 |
| | | | | Aumento da cor (caramelização) | 8 | Falta de ventilação | 6 | 2 | 96 |
| | Eletroímã | Reter partículas magnéticas | Deixar passar partículas magnéticas | Presença de partículas magnetizáveis | 9 | Eletroímã carregado | 2 | 1 | 18 |

Tabela 3 – FMEA do processo de fabricação de açúcar

Pelas causas de falha encontradas pode-se observar que grande parte das falhas ocorre por problemas com o vapor. O vapor é também um produto da empresa, gerado em caldeiras pela queima do bagaço, rejeito do processo de moagem que extrai o caldo da cana, e é um suprimento bastante relevante para fabricação de açúcar. O vapor direto move as moendas, através das turbinas a vapor. As turbinas, por sua vez, geram o vapor de escape, suprimento dos pré-evaporadores que auxiliam na evaporação do caldo e geram vapor vegetal que aquecem os evaporadores, que geram o vapor V2 utilizado pelos aquecedores. A diferença entre esses vapores é quantidade de pressão existente no gás (força exercida pelas partículas

em uma determinada área). A importância desse suprimento se dá pela sua utilização em cadeia, o que significa que um problema em qualquer uma destas fases, vai propagar o problema para a fase seguinte. E é o que acontece na Usina São João, o setor de caldearia enfrenta grandes problemas e não está dando conta de fornecer a pressão de vapor necessária para o bom funcionamento do processo.

A criticidade dos resultados obtidos na Tabela 3 é analisada, pelo grau RPN - demonstrado na própria tabela 3. Os maiores índices de RPN configuram valores acima de 300, conferindo como variáveis de maior criticidade as causas de falha preparo de polímero, apontada duas vezes, e tela rasgada.

As Figuras 7(a) e 7(b) detalham as causas priorizadas e dão suporte as recomendações e conclusão do estudo, através do diagrama de Ishikawa e categorias 6M.

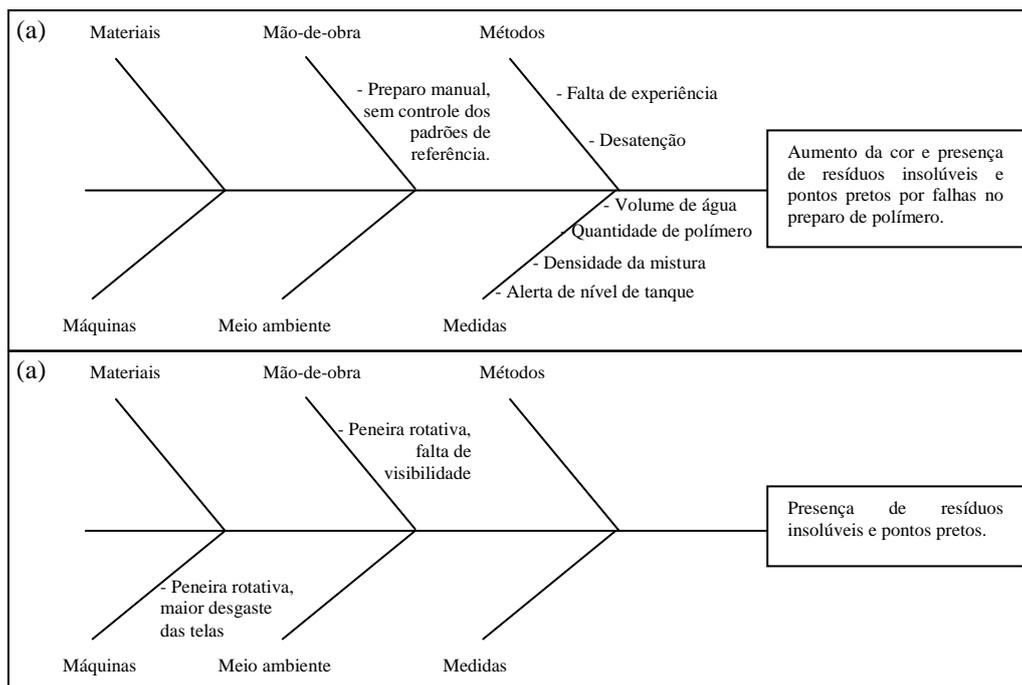


Figura 7 – Diagrama de Ishikawa, variáveis críticas

Na Tabela 4 estão descritas as recomendações, para as causas com alta prioridade de risco, divididas em duas colunas: medidas preventivas e plano de contingência, para caso a falha ocorra.

| Causa de Falha | Recomendações | |
|----------------------------|--|--|
| | Medidas Preventivas | Plano de Contingência |
| Preparo de polímero | <ul style="list-style-type: none"> - Disponibilizar dispositivos de medição de volume de água, quantidade de polímero e densidade da mistura a cada preparo. - Controlar a vazão de caldo e polímero no decantador. - Instalar sensores que alertem sobre o baixo nível do tanque, indicando a necessidade de novo preparo. - Proporcionar capacitação aos funcionários. | <ul style="list-style-type: none"> - Retornar caldo decantado para o decantador, impossibilitando a passagem de caldo sujo ao próximo processo. |

| | | |
|---------------------|--|---|
| Tela rasgada | <ul style="list-style-type: none">- Fiscalização e periódica das peneiras, para verificação da integridade das telas.- Verificação da presença de resíduos insolúveis na caixa de caldo decantado.- Dispor-se de mais de um equipamento, para alternar o funcionamento, para facilitar a fiscalização e manutenção, sem alterar a produtividade. | <ul style="list-style-type: none">- Bloquear o equipamento danificado, evitando a passagem de caldo sujo. |
|---------------------|--|---|

Tabela 4 – Recomendações para as variáveis com alta prioridade de risco

5. Considerações finais

Através do estudo realizado, foi possível identificar grande parte das causas de falhas do processo, entre elas o vapor como suprimento, o preparo de polímero e tela rasgada que abrangem problemas com equipamentos, método de trabalho e falta de controle das entradas e saídas de cada operação. Definindo estas causas em nível de prioridade, conseguiu-se melhor detalhá-las e então traçar recomendações que melhor atendem às necessidades de menor custo e tempo de desenvolvimento, dando suporte às decisões estratégicas da empresa. No entanto, os resultados obtidos refletem a situação da empresa em questão, não podendo ser generalizado para todas as empresas do setor, o que se pode concluir, é que o método FMEA contribuiu significativamente para o alcance dos objetivos do trabalho.

Referências

- ACEVEDO, C. R. & NOHARA, J. J..** *Monografia no curso de administração*: guia completo de conteúdo e forma: inclui normas atualizada da ABNT, TCC, TGI, trabalhos de estágio, MBA, dissertações, teses. 3.ed. rev. São Paulo: Atlas, 2009.
- CARVALHO, M. M.de (Coord.) & PALADINI, E. P. (Coord.).** *Gestão da Qualidade*: teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- GARVIN, D. A.. *Gerenciando a qualidade*: a visão estratégica e competitiva. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2002.
- JURAN, J. M. & GRZYNA, F. M..** *Controle da qualidade*: conceitos, políticas e filosofia da qualidade. São Paulo: McGraw-Hill : Makron, 1991-1993.
- KEELLING, R..** *Gestão de Projetos: uma abordagem global*. São Paulo: Saraiva, 2002.
- MARTINS, G. A. & LINTZ, A..** *Guia para elaboração de monografias e trabalhos de conclusão de curso*. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- OAKLAND, J..** *Gerenciamento da Qualidade*. São Paulo: Nobel, 1994.
- OLIVEIRA, D. T.; ESQUIAVETO, M. M. M. & SILVA JUNIOR, J. F..** Impacto dos itens da especificação do açúcar na indústria alimentícia. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612007000500018&Ing=en&nrm=iso> . Acesso em: 06 ago. 2011.
- PALADY, P..** *FMEA: análise dos modos de falha e efeitos*. São Paulo: IMAM, 1997.
- PAULINO, O. F. T..** *Produção de açúcar*. São Carlos: Centro de Ciências Agrárias, 2009. (Apostila). Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/13590596/Producao-de-Acucar>>. Acesso em: 06 ago. 2011.
- SILVA, C. R. de O.** *Metodologia e Organização do Projeto de Pesquisa*: Guia Prático. Fortaleza: Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, 2004. Disponível em: <<http://www.ufop.br/demet/metodologia.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2011.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S. & JOHNSTON, R..** *Administração da produção*. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.