

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA - UNIARA

**ANÁLISE DA APLICABILIDADE DE CONCEITOS E TÉCNICAS DE
MUDANÇA DE ENGENHARIA NA TROPICALIZAÇÃO DE UMA
TELA DE CENTRÍFUGA PARA PROCESSAMENTO DE AÇÚCAR**

ARARAQUARA

2014

MARCOS ANTONIO DIAS

**ANÁLISE DA APLICABILIDADE DE CONCEITOS E TÉCNICAS DE
MUDANÇA DE ENGENHARIA NA TROPICALIZAÇÃO DE UMA
TELA DE CENTRÍFUGA PARA PROCESSAMENTO DE AÇÚCAR**

**Orientador: Prof. Dr. Sanderson César
Macedo Barbalho**

**Dissertação apresentada ao Centro
Universitário de Araraquara – UNIARA –
como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de Mestre em Engenharia
de Produção.**

**ARARAQUARA
2014**

FICHA CATALOGRÁFICA

D533a Dias, Marcos Antonio

Análise da aplicabilidade de conceitos e técnicas de mudança de engenharia de tropicalização de uma tela de centrífuga para processamento do açúcar/Marcos Antonio Dias. – Araraquara: Centro Universitário de Araraquara, 2014.
83f.

Dissertação - Mestrado Profissional em Engenharia de Produção
Centro Universitário de Araraquara- UNIARA

Orientador: Prof. Dr. Sanderson César Macedo Barbalho

1.Mudança de engenharia. 2. Tropicalização. 3.Telas de centrífuga de Açúcar. I. Título.

CDU62-1

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DIAS, M. A. ANÁLISE DA APLICABILIDADE DE CONCEITOS E TÉCNICAS DE MUDANÇA DE ENGENHARIA NA TROPICALIZAÇÃO DE UMA TELA DE CENTRÍFUGA PARA PROCESSAMENTO DE AÇÚCAR. 2014. 82 folhas. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara-SP

ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: MARCOS ANTONIO DIAS

TÍTULO DO TRABALHO: **ANÁLISE DA APLICABILIDADE DE CONCEITOS E TÉCNICAS DE MUDANÇA DE ENGENHARIA NA TROPICALIZAÇÃO DE UMA TELA DE CENTRÍFUGA PARA PROCESSAMENTO DE AÇÚCAR.**

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2014

Conforme LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998, o autor declara ser integralmente responsável pelo conteúdo desta dissertação e concede ao Centro Universitário de Araraquara permissão para reproduzi-la, bem como emprestá-la ou ainda vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização.



MARCOS ANTONIO DIAS

Rua Piracicaba, 635 – Apartamento 12 – Bairro: Jardim Paulista
14090-230 – Ribeirão Preto - SP
marcosdias1956@gmail.com



Centro Universitário de Araraquara

Rua Voluntários da Pátria, 1303 - Centro - Araraquara - SP
CEP 14601-329 - Caixa Postal 69 - Fone/Fax: (16) 3301-7100

www.uniara.com.br

Dissertação aprovada em sua versão final pela banca examinadora:

Prof. Dr. Sanderson César Macedo Barbalho
Orientador(a) - UNIARA

Prof. Dr. Sergio Luis da Silva
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Prof. Dr. Carlos Magno de Oliveira Valente
Centro Universitário de Araraquara - UNIARA

Araraquara, 03 de outubro de 2014

DEDICO

A toda a minha família, pela estrutura, pelo apoio, pelas orientações e pelo amor incondicional que sempre me ofereceu.

A minha esposa Marli pelo apoio e companheirismo.

Aos amigos e professores do mestrado, onde dividimos as expectativas na busca da realização do sonho de ser mestre e continuar sempre aprendendo.

AGRADECIMENTO

A Deus.

A família.

Aos meus professores e colegas de curso.

E, em especial, ao meu orientador, pela paciência, dedicação e sábios esclarecimentos na condução e realização desta pesquisa.

A vida é como a cana: só dá açúcar depois de
passar por grandes apertos.

Adágio Popular

Dias, M.A. Análise da aplicabilidade de conceitos e técnicas de mudança de engenharia na tropicalização de uma tela de centrífuga para processamento de açúcar [dissertação]. Araraquara. Centro Universitário de Araraquara – UNIARA; 2014.

RESUMO

Este trabalho mostra o uso da mudança de engenharia aplicado em um produto utilizado em centrifugas para processamento de açúcar. Este produto foi desenvolvido nos Estados Unidos que tem o milho como matéria prima para fabricação de açúcar e no processo utiliza um determinado tipo de centrífuga. No Brasil a matéria prima é a cana de açúcar e utiliza centrifugas muito semelhantes às dos americanos. O processo de mudança de engenharia foi a ferramenta utilizada para a adequação e tem início neste ponto. Inicialmente foi encarado como um mal necessário, e o nome “mudança de engenharia” não foi bem aceito, surgindo o termo tropicalização. O desafio original da tropicalização da tela de centrífuga estava em encontrar a solução que interferiria o mínimo possível na peça ou no equipamento – no caso a centrífuga - com o menor custo, no menor prazo possível, que atendesse às normas e à expectativa dos clientes. Todo este processo teria necessidade de ser documentado, desde a informação do problema, sua análise, a busca e a implementação da solução. Considerando que todo produto pode ser modificado no projeto ou durante seu ciclo de vida, este estudo tem base na teoria de mudança de engenharia que permitiu sistematizar como a tropicalização pode ser realizada com base no caso da tela de centrífuga. O objetivo é a análise da aplicabilidade de conceitos e técnicas de mudança de engenharia na tropicalização de uma tela de centrífuga para processamento de açúcar. O método utilizado é o da pesquisa-ação e a abordagem qualitativa. A empresa designou equipe para aplicar a mudança de engenharia na solução do problema. A coleta de informação fez uso de questionário para levantamento de dados necessários para a tropicalização da peça e a análise foi realizada pelo pesquisador com base nos dados e na sua vivência no processo de tropicalização. O resultado final no contexto da tropicalização atendeu às necessidades e expectativas dos clientes, melhorando também os números de produção, mostrando deste modo a importância da mudança de engenharia no sucesso da tropicalização.

Palavras-chave: Tropicalização, Mudança de Engenharia. Telas para centrífuga de açúcar.

ABSTRACT

This work shows the use of engineering change applied to a product used in processing sugar centrifuges. This product was developed in the United States that has corn as raw material for manufacture of sugar and in the process uses a particular type of centrifuge. In Brazil, the raw material is sugar cane and uses very similar to the American centrifuges. The process of engineering change was the tool used for the adequacy and starts from this point. Initially it was seen as a necessary evil, and the name "engineering change" was not well accepted, the term emerging tropicalization. The original challenge of tropicalization the centrifuge screen was finding a solution that would interfere as little as possible to the part or equipment - where the centrifuge - at the lowest cost in the shortest possible time, that would meet the standards and expectations of customers. This whole process would need to be documented, since the information of the problem, its analysis, search and solution implementation. Considering that every product can be modified in design or during its life cycle, this study is based on the theory of engineering change that allowed the systematization as tropicalization can be made based on the case of centrifugal screen. The goal is to analyze the applicability of concepts and techniques of engineering change in tropicalization a screen centrifuge for sugar processing. The method used is that of action research and qualitative approach. The company has appointed staff to implement engineering change in the solution of the problem. The collection of information made use of questionnaire to data needed for tropicalization part and the analysis was performed by the investigator based on the data and their experience in the tropicalization process. The end result in the context of tropicalization met the needs and expectations of customers, improving production numbers, thereby showing the importance of engineering change on the success of tropicalization.

Keywords: Tropicalization, Engineering Change. Screens for centrifugal sugar.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Problema da Pesquisa.....	1
1.2 Objetivo Geral.....	1
1.3 Objetivo Específico	1
1.4 Justificativa.....	2
1.5 Metodologia da Pesquisa	3
1.5.1 Classificação da Pesquisa.....	3
1.5.2 O Desenvolvimento da Pesquisa-Ação.....	5
1.5.2.1 Definição da Estrutura Conceitual Teórica	6
1.5.2.2 Tropicalização da Tela de Centrifuga	6
1.5.2.3 Estudo das Teorias da Mudança de Engenharia	6
1.5.2.4 Identificação das Variáveis Críticas de um Processo de Mudança de Engenharia	7
1.5.2.5 Descrição do Processo de Mudança	8
1.5.2.6 Análise das Variáveis Críticas	8
1.5.2.7 Proposição dos Elementos à Teoria Baseados no Caso Estudado.....	9
2 A MUDANÇA DE ENGENHARIA	10
2.1 Mudança de Engenharia.....	10
2.2 As Organizações e a Mudança de Engenharia.....	12
2.3 Terminologia do Processo de Mudança de Engenharia.....	12
2.4 O processo de Mudança de Engenharia	13
2.5 Efeitos e Impactos da Mudança de Engenharia	17
3 A IMPORTANCIA DA TELA NO PROCESSO DE CENTRIFUGAÇÃO DE AÇÚCAR	21
3.1 O Papel da Tela na Separação Sólido-Líquido.	21
3.2 Características das Telas	22
3.3 O Processo de Centrifugação.....	23
3.4 Centrifugas Contínuas para Produção de Açúcar	25
3.5 Centrifugas Contínuas Encontradas no Brasil	27

4 APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE GESTÃO DA MUDANÇA DE ENGENHARIA NA TROPICALIZAÇÃO.....	30
4.1 Caracterização da Empresa.....	30
4.2 A tela para centrifuga e sua importância no processo de fabricação.....	31
4.3 A evolução da Mudança de Engenharia na tropicalização da tela nova.....	35
4.4 O fluxo da Mudança de Engenharia na tropicalização	36
4.5 Análise dos parâmetros modificados no produto – tela de centrifuga.....	39
4.6 Revisão do processo de Mudança de Engenharia.....	45
4.7 Situação atual.....	46
4.8 Aplicabilidade dos conceitos e técnicas de mudança de engenharia.....	48
5 CONCLUSÃO.....	52
5.1 Perspectivas para Pesquisa Futura.....	52
6 BIBLIOGRAFIA.....	54
7 APÊNDICE.....	59
7.1 Processo de Fabricação de Açúcar.....	59
8 ANEXOS.....	65
8.1 Questionários.....	65
8.2 Coleta de Dados.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenvolvimento da pesquisa-ação.....	05
Figura 2 - Tipos de mudança.....	11
Figura 3 - Modelos de mudança de engenharia.....	14
Figura 4 - Desenvolvimento da mudança de engenharia.....	16
Figura 5 - Fluxo de massa na tela.....	21
Figura 6 - Alimentação da centrífuga contínua.....	25
Figura 7 - Evolução do ECM.....	35
Figura 8 - Fluxo da Mudança de Engenharia na empresa.....	38
Figura 9 - Lay out do segmento da tela nova.....	41
Figura 10 - Painel da tela preparada para o corte.....	41
Figura 11 - Anel de fechamento inferior.....	42
Figura 12 - Tela nova montada.....	42
Figura 13 - Composição da cana de açúcar.....	61
Figura 14 - Fluxograma do processo de fabricação de açúcar.....	63
Figura 15 – Tipos de açúcar.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Classificação da pesquisa.....	04
Tabela 02 - Comparação entre as atividades acadêmicas.....	20
Tabela 03 - Perfil das telas.....	22
Tabela 04 - Características das centrifugas contínuas.....	26
Tabela 05 - Parâmetros considerados nas centrifugas contínuas para massa B.....	27
Tabela 06 - Centrífugas contínuas encontradas no Brasil.....	28
Tabela 07 - Centrífugas contínuas para massa B fabricadas no Brasil.....	28
Tabela 08 - Centrífugas contínuas para massa B importadas.....	29
Tabela 09 - Comparativo do uso de telas.....	32
Tabela 10: Parâmetros alterados no projeto inicial para tropicalização da tela.....	44
Tabela 11 - Problema X Solução.....	50
Tabela 12: Quantidade necessária para produzir 1 quilo açúcar ou 1 quilo de álcool.....	63

LISTA DE SIGLAS, SIMBOLOS E ABREVIATURAS.

AM	Abertura média da peneira
AR	Açúcar redutor
ART	Açúcar redutor total
CCB	Conselho de configuração e controle
CM	Gerente da mudança
CV	Coefficiente de variação
EC	Mudança de engenharia
ECM	Gerenciamento da mudança de engenharia
ECO	Autorização de mudança de engenharia
ECP	Processo de mudança de engenharia
ECR	Pedido de mudança de engenharia
°G.L.	Grau Gay-Lussac – para teor alcoólico.
PCTS	Pagamento de cana por teor de sacarose
POL	Polarização
RPM	Rotação por minuto
SD	Desvio Padrão
VC	Cozedor a vácuo
VCn	Cozedor a vácuo numero 01, 02,03 , etc..
VHP	Alta polarização
VV	Vapor vegetal
VV2	Vapor vegetal do segundo efeito

1 INTRODUÇÃO

Esta introdução trata do contexto teórico e prático do trabalho, considerando os elementos relacionados à temática da mudança de engenharia aplicada no contexto industrial no qual se insere a produção de açúcar.

A aplicação dos conceitos e técnicas de mudança de engenharia foi necessária para a realização deste trabalho, uma vez que vários parâmetros do projeto original para a tela utilizada nas centrifugas de processamento de açúcar não atendiam às condições existentes no Brasil, o resultado final denominamos de tropicalização.

No primeiro capítulo é apresentado o problema da pesquisa, o objetivo proposto, a justificativa e a metodologia utilizada, a classificação da pesquisa, a abordagem e desenvolvimento e as limitações encontradas.

No segundo capítulo é feita uma revisão teórica em desenvolvimento e mudança de produto/engenharia. O terceiro capítulo aborda a importância da tela no processo de centrifugação de açúcar, o quarto capítulo trata da aplicabilidade da mudança de engenharia na tropicalização da tela e finalmente o quinto capítulo tem foco na conclusão do trabalho.

1.1 Problema da pesquisa

Verificar se os conceitos de mudança de engenharia podem ou não ser utilizados na tropicalização de peças e equipamentos. Em caso positivo, como realizar a tropicalização de peças e equipamentos de uma maneira sistemática utilizando os conceitos de mudança de engenharia.

1.2 Objetivo Geral

Análise da aplicabilidade de conceitos, técnicas e procedimentos de mudança de engenharia na tropicalização de telas para centrífugas contínuas utilizadas na indústria sucroalcooleira.

1.3 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

(1) Identificar os pontos importantes do processo de mudança de engenharia que tenham impacto significativo no aspecto da tropicalização de peças, produtos e equipamentos industriais;

(2) Mostrar o passo-a-passo da tropicalização de telas contínuas utilizadas em centrífugas contínuas para produção de açúcar: o levantamento de dados para fabricação da tela de acordo com as diferentes geometrias das centrífugas em uso, os diferentes tipos de produto final, a concepção da tela tropicalizada, a aplicação, os problemas e resultados encontrados.

1.4 Justificativa

Todo produto tem por finalidade atender às necessidades e expectativas do cliente. Este, por sua vez, busca as características e benefícios que o produto irá proporcionar. Como o mercado e os clientes deixaram de ser locais para serem globais, as empresas foram praticamente obrigadas a utilizar os recursos da “mudança de engenharia” para simplesmente continuar a participar dos mercados mais competitivos, nesse caso alterando os produtos para adequá-los aos mercados alvos.

Este trabalho mostra a relevância sob o ponto de vista empresarial e sob o ponto de vista científico.

A relevância empresarial mostra que a mudança de engenharia pode ocorrer durante o processo de desenvolvimento do produto, antes ou depois que o produto esteja disponível no mercado. Outra variável importante é o ciclo de vida, que tem o fator tempo como inimigo. Na ótica da empresa, todo produto deve ter o ciclo de vida mais longo possível, uma vez que todo o esforço financeiro investido precisa retornar à empresa adicionado da margem de lucro esperada.

O que torna necessária a mudança de engenharia são as constantes exigências dos clientes e a concorrência, que pode perecer ou sobrepujar os concorrentes. Este trabalho irá utilizar a pesquisa-ação para entender o processo de tropicalização de um produto industrial sob a ótica da mudança de engenharia, seus conceitos, procedimentos e aplicações.

A relevância científica da aplicação das teorias de mudança de engenharia apresentadas neste trabalho, foi o meio utilizado para a tropicalização de um produto. Nos artigos pesquisados sobre mudança de engenharia não foi encontrado a palavra tropicalização.

A tropicalização com base teórica em mudança de engenharia traz nova contribuição para o ECM, e este trabalho mostra como isto foi feito.

1.5 Metodologia da pesquisa

A metodologia científica tem um aspecto epistemológico e um caráter prático. Do ponto de vista prático, a metodologia de uma pesquisa pode ser entendida como um conjunto de etapas ordenadamente dispostas que devem ser vencidas na investigação de um fenômeno. Nessas etapas estão incluídos desde a escolha do tema, o planejamento da investigação, o desenvolvimento metodológico, a coleta e a tabulação de dados, a análise dos resultados, a elaboração das conclusões até a divulgação de resultados.

Os tipos de pesquisa apresentados nas diversas classificações dos aspectos científicos não são estanques. Uma mesma pesquisa pode estar ao mesmo tempo, enquadrada em várias classificações, desde que obedeça aos requisitos inerentes a cada tipo e haja coerência entre as classificações utilizadas.

Realizar uma pesquisa com rigor científico pressupõe que se escolha um tema e se defina um problema para ser investigado, elabore-se um plano de trabalho e, após a execução operacional desse plano, escreva-se um relatório final e este seja apresentado de forma planejada, ordenada, lógica e conclusiva (SILVA, 2005).

A partir do momento que temos um problema e se busca a solução, a pesquisa é o procedimento sistemático e racional que irá nos guiar na busca de respostas ao problema proposto. A pesquisa possui várias fases: ela tem início na formulação do problema e segue até a proposta de solução e apresentação de resultados positivos ou não (GIL, 2010).

1.5.1 Classificação da pesquisa

Alguns conceitos importantes para o entendimento da presente pesquisa são discutidos a seguir com base na tabela abaixo.

Tabela 01 – Classificação da pesquisa

Dimensões de Classificação	Classificações Possíveis	Classificação desta Pesquisa
Natureza	Pesquisa Básica Pesquisa Aplicada	Pesquisa Aplicada
Abordagem do Problema	Pesquisa Qualitativa Pesquisa Quantitativa	Pesquisa Qualitativa
Procedimentos Técnicos - Métodos Escolhidos pela Pesquisa	Pesquisa Bibliográfica Pesquisa Documental Pesquisa Experimental Estudo de Caso Pesquisa-ação Pesquisa Participante	Pesquisa-ação
Tipos de Pesquisa	Pesquisa Bibliográfica Pesquisa Exploratória Pesquisa Descritiva	Pesquisa Exploratória
Abordagem e Desenvolvimento da Pesquisa	Pesquisa Explicativa Pesquisa Bibliográfica Pesquisa-ação	Ver Figura 01
Dimensões de Classificação	Classificações Possíveis	Classificação desta Pesquisa
Natureza	Pesquisa Básica Pesquisa Aplicada	Pesquisa Aplicada
Abordagem do Problema	Pesquisa Qualitativa Pesquisa Quantitativa	Pesquisa Qualitativa

Fonte: Adaptado de ALMEIDA (2009), GIL (2010), MIGUEL (2007) e FERREIRA (2008).

A pesquisa aplicada utiliza as teorias já formuladas para entender, explicar e solucionar problemas humanos. As teorias utilizadas neste trabalho são originadas nas áreas de desenvolvimento de produtos e mudanças de engenharia, ambos temas a serem discutidos enquanto referencial teórico. (MIGUEL, 2007).

Há um aspecto de pesquisa qualitativa muito forte no presente trabalho, uma vez que a quantidade de variáveis envolvidas, a complexidade, e a subjetividade tendem para a pesquisa-ação. A pesquisa-ação foi a abordagem metodológica escolhida pelo fato de ser uma

situação específica que abre a oportunidade de um estudo aprofundado em uma situação. Ou seja, havia um caso bem delineado a ser estudado: a tropicalização de um determinado tipo de tela para centrífugas utilizadas na indústria do açúcar. Adicionalmente, o autor esteve envolvido diretamente na mudança de engenharia aqui discutida, conduzindo as ações com os demais atores participantes.

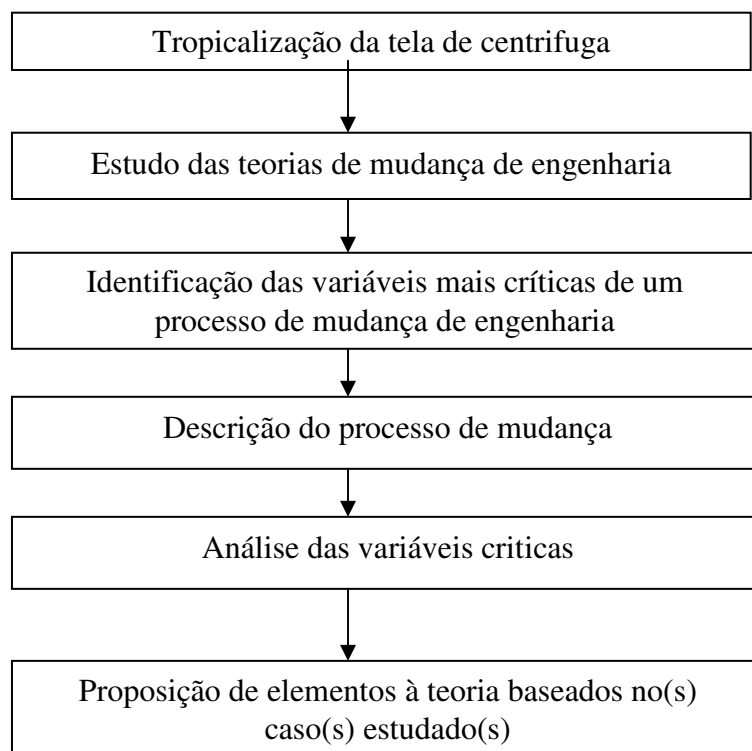
Este é um típico problema de pesquisa-ação, visto que a necessidade de tropicalizar o objeto de estudo permitiu analisar um fenômeno muito comum nas empresas brasileiras, já estudado como estratégia tecnológica de manufatura ou sob o viés econômico, mas não ainda sob o enfoque das atividades de engenharia, ou seja, a mudança de engenharia necessária.

A figura 01 mostra de forma resumida a metodologia utilizada neste estudo. A demanda profissional aliada à vivência do orientador mostrou que a situação real seria uma boa experiência para testar as teorias de mudança de engenharia.

1.5.2 O desenvolvimento da pesquisa-ação

A pesquisa-ação foi realizada com base no fluxograma abaixo.

Figura 01: Desenvolvimento da pesquisa-ação.



Fonte: Autor, adaptado de MIGUEL (2007).

Em seguida são discutidos os elementos apresentados na Figura 01, mantendo o relacionamento com a proposição teórica da pesquisa-ação em engenharia de produção, conforme apresentada em MIGUEL (2007).

1.5.2.1 Definição da estrutura conceitual–teórica

Embora esse elemento não apareça no fluxograma anterior, buscou-se identificar trabalhos teóricos e práticos publicados e sua abrangência. Somente através da pesquisa bibliográfica foi possível identificar as lacunas para as quais a pesquisa, em tela, pode apresentar contribuição científica (MIGUEL 2007). O grau de evolução sobre o tema estudado está na adequação do gerenciamento de mudanças e na tropicalização do produto. Observou-se que não havia trabalhos científicos abordando essa temática, muito embora a tropicalização seja uma realidade muito comum no ambiente industrial brasileiro.

1.5.2.2 Tropicalização da tela de centrífuga

O caminho para a tropicalização não foi linear, a “tecnologia” da tentativa e erro foi muito atuante no início, a ênfase ao fazer foi maior que a da busca e entendimento do problema. No começo da tropicalização não foi usada a mudança de engenharia e à medida que o autor foi se aprofundando no tema, começou a utilizar conceitos e técnicas de mudança de engenharia, que daqui para frente será chamado de ECM (Engineering Change Management), inclusive aculturando a equipe de trabalho da empresa nessas técnicas. A vantagem foi o consenso que o ECM poderia ser utilizado neste assunto e o desafio a partir deste momento foi implantar o ECM.

Segundo Loch (1999), o ECM está presente em quase todo projeto de desenvolvimento de produtos. Estima-se que mais de 35% dos recursos destinados ao desenvolvimento de produto e a produção são direcionados às mudanças de engenharia, planos de produção e programação de produção (ANGERS, 2002).

1.5.2.3 Estudo das teorias de mudança de engenharia

O processo de mudança de engenharia tem base em estudos, revisão, anotação, modificação, validação, aprovação e liberação dos desenhos pela engenharia. A mudança de engenharia impacta o produto e todo sistema de gerenciamento de dados relativos a ele. O processo de mudança é complexo e envolve uma variedade de requisitos, restrições e conhecimento multidisciplinar dos participantes, uma vez que atende também aos requisitos de ciclo de vida do produto (QUINTANA, 2011).

Observe-se que a definição é tão geral que não faz distinção entre uma simples revisão e um projeto totalmente novo.

Os motivos para uma mudança de engenharia incluem a correção de erros de projeto, melhorias na fabricação ou montagem das peças, melhorias que se tornam necessárias pela ação da concorrência e alterações exigidas pelos clientes.

O projeto de produtos se comporta de forma evolucionária e até mesmo a melhor engenharia não seria suficiente para desenvolver um item que não requisesse modificações durante o seu ciclo de vida. Todavia, as mudanças devem ser gerenciadas para minimizar rupturas ao processo de desenvolvimento de produto (BENEDETTO NETO, 1999).

Por mais que se apliquem novas técnicas no desenvolvimento de produtos, sempre acontecerão mudanças nele, causadas por otimizações do projeto, processo, detecção de defeitos, reclamações, adaptação dos produtos a novas condições, redução de custos, etc. Todas as mudanças efetuadas que resultem em atualizações das suas informações, em desenhos, especificações de material, processos de fabricação, etc. são conhecidas como mudança de engenharia, mesmo que elas sejam realizadas por outras áreas da empresa que não a engenharia. (ROZENFELD et al., 2006).

1.5.2.4 Identificação das variáveis críticas de um processo de mudança de engenharia

A identificação das variáveis críticas tem como objetivo atender o cliente da melhor maneira possível, considerando o menor custo e prazo. Na ótica da empresa são considerados os estoques de peças existentes, o impacto da solução nos processos de fabricação, a logística entre outros.

Um processo típico de mudança de engenharia, resumidamente, envolve os estágios de proposta de mudança, aprovação da mudança, planejamento e implementação da mudança e finalmente a documentação.

A proposta de mudança gera um documento onde as informações chegam, são analisadas e proposta a melhor solução possível, o ECR, Um comitê, o CCB, aprova ou não a solução. Em caso positivo é elaborado um novo documento com as informações da solução aprovada e a autorização para implementação, o ECO. Todo este processo tem uma pessoa responsável que recebe o nome de CM. .

1.5.2.5 Descrição do processo de mudança

A adoção da mudança de engenharia por parte da equipe, a determinação da função de cada participante, as reuniões específicas sobre o assunto e os registros em atas destas reuniões facilitaram a busca da solução do problema. Em seguida está descrito como a empresa entendeu o processo de gerenciamento de mudança e o estudo utilizado na tropicalização.

O processo do gerenciamento de mudança de engenharia tem base em estudos, revisão, anotação, modificação, validação, aprovação e liberação dos desenhos pela engenharia. A mudança de engenharia impacta o produto e todo sistema de gerenciamento de dados relativos a ele. O processo de mudança é complexo e envolve uma variedade de requisitos, restrições e conhecimento multidisciplinar dos participantes, uma vez que atende também aos requisitos de ciclo de vida do produto (QUINTANA, 2011).

O estudo de Jarrat (2011) foi utilizado neste trabalho, ele tem três grandes blocos de processos que compõem a mudança de engenharia.

O primeiro: Antes da aprovação. Tem início com a proposta para mudança de engenharia, a solicitação de mudança, identificação da possível solução para mudança e avaliação dos riscos e impacto da solução.

O segundo: Durante a aprovação. Seleção e aprovação da solução proposta.

O terceiro: Depois da aprovação. Implementação da solução e revisão do processo de mudança.

O processo de mudança de engenharia é mostrado com maiores detalhes no capítulo quatro.

1.5.2.6 Análise das variáveis críticas

As variáveis críticas não podem ser estudadas de forma isolada, elas envolvem uma abordagem sob a perspectiva da engenharia, do processo de fabricação, montagem e funcionamento do equipamento.

A maior quantidade possível de informação deve ser colocada no ECR que é o documento para a tomada de decisão pelo CCB. A partir daí o ECO vai abordar o problema e buscar a solução considerando os seguintes itens:

- Evitar mudanças desnecessárias;
- Reduzir o impacto da mudança;
- Antecipar o problema o mais cedo possível;
- Acelerar o processo de solução.

A definição do escopo do problema é realizada através de reuniões incluindo uma ou mais equipes interfuncionais que lidam com o(s) componente(s) e as interfaces e a equipe funcional, e o problema é discutido e identificado, gerando as soluções alternativas. Por este motivo o ECO demanda tempo maior para o encontro da solução e sua implantação.

1.5.2.7 Proposição de elementos à teoria baseados no caso estudado

A teoria da mudança de engenharia em nenhum momento cita o termo “tropicalização”. A inovação também poderia ser utilizada, mas como a tela não apresentou o resultado esperado foi necessário fazer adaptações para que ocorresse o funcionamento correto. O conjunto das adaptações, no caso do Brasil, recebeu nome de “tropicalização” e o gerenciamento das mudanças de engenharia foi necessário. As soluções encontradas serão encaminhadas para outros países que podem ou não serem “tropicalizadas” novamente.

2 A MUDANÇA DE ENGENHARIA

Este trabalho faz um estudo sobre uma peça que foi desenvolvida nos Estados Unidos e sua introdução no mercado brasileiro. O fato de ser uma inovação que já havia comprovado as suas vantagens descartava a possibilidade de possíveis problemas. Na implantação da tela foi descoberto que as centrifugas brasileiras tinham geometria diferente das centrifugas americanas. Neste momento tínhamos um problema a resolver, como adaptar a tela para as centrifugas brasileiras.

Após varias reuniões foi consenso que seria importante o gerenciamento das mudanças de engenharia – ECM – Engineering Change Management e como consequência a tropicalização do produto.

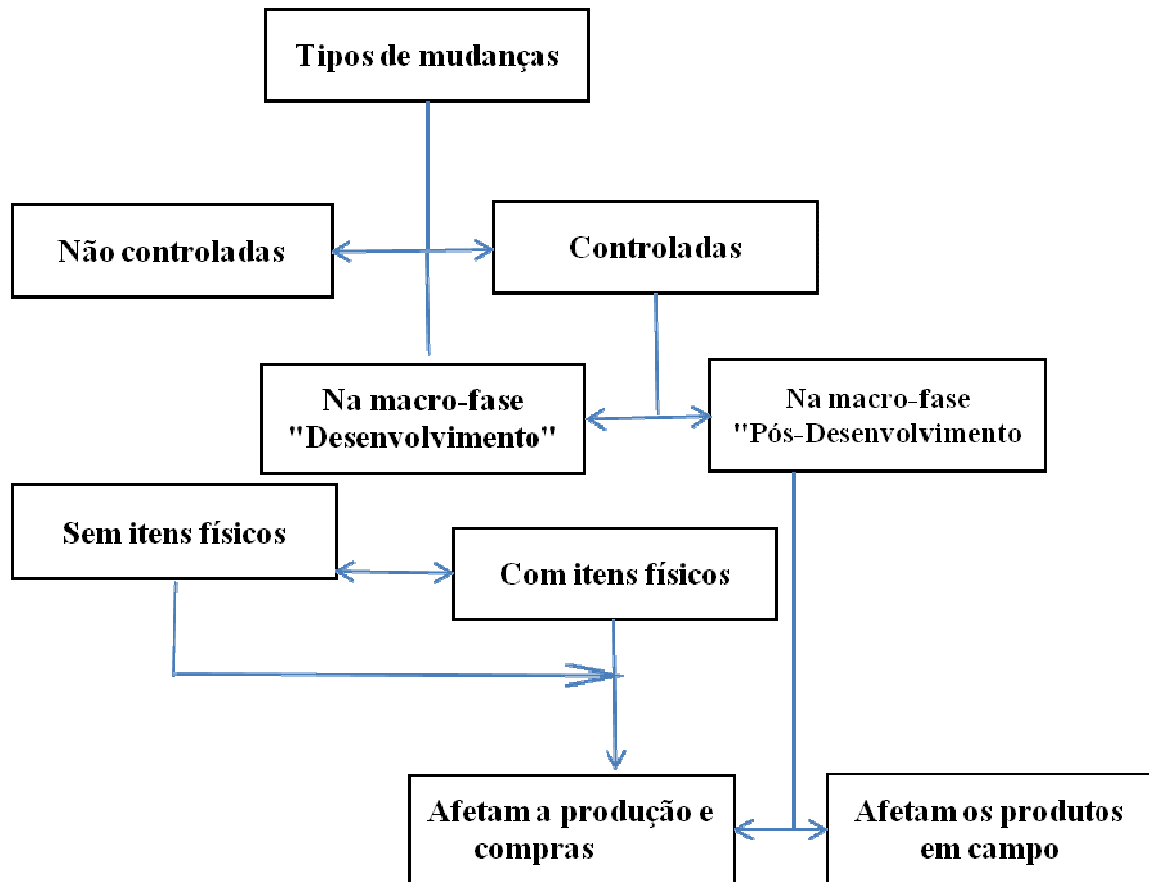
2.1 Mudança de Engenharia

O termo mudança de engenharia é pouco abordado no mundo corporativo, especialmente nos setores mais tradicionais como o sucroalcooleiro ou agroindustrial, caracterizados por processos contínuos, embora muito já se tenha escrito sobre o mesmo, porém mais fortemente relacionados com setores mais dinâmicos tecnologicamente ou relativos a indústrias de produção por *jobbing* ou em massa.

Por mudança de engenharia entendem-se mudanças ou modificações na forma, representação, design, formato, material, dimensões, funções, etc., do produto ou componente depois da decisão inicial da engenharia (HUANG, 1999).

A mudança de engenharia pode acontecer em uma das fases do ciclo de vida do produto em resposta às necessidades de modificação dos produtos para que permaneçam competitivos. O gerenciamento das mudanças de engenharia consome tempo e pode ser uma atividade dispendiosa, mas se planejado eficientemente pode ser uma vantagem competitiva. As mudanças podem ser vistas não somente como um caminho para corrigir previamente os defeitos, mas também tem um significado de melhoria contínua proporcionando uma melhoria das características do produto (VIANELLO, 2008).

Figura 02: Tipos de mudança



Fonte: Livro Gestão do Desenvolvimento de Produto – ROZENFELD et al (2006).

Rozenfeld et al. (2006) classificam os tipos de mudanças em não controladas e controladas. As mudanças não controladas acontecem na fase do projeto conceitual e no início do desenvolvimento do produto. As pessoas envolvidas ainda são em pequeno número, a informação circula muito rápido e o escopo do projeto ainda é limitado. A evolução do projeto vai envolvendo uma quantidade maior de pessoas e informações. Neste momento, a garantia da informação deve ser consistente e todos precisam ter a versão mais atual dos artefatos que compõem o produto. Deste ponto em diante as mudanças são controladas.

As mudanças controladas podem acontecer na macro-fase de desenvolvimento, sem ou com itens físicos, podendo afetar as ordens de produção e os pedidos de compra. Na macro-fase pós-desenvolvimento, os produtos já estão disponíveis e sendo utilizados pelos clientes.

Huang e Mak (1997 apud Horta, 2002) consideram que existem duas abordagens para o ECM: a formal e a ad hoc. A formal se caracteriza por uma sistemática bem definida, através de procedimentos, responsabilidades bem estabelecidas e documentos padrões. A

abordagem ad hoc não possui uma sistematização definida. A maioria das empresas está entre os dois extremos.

2.2 As organizações e a mudança de engenharia

A mudança de engenharia geralmente é considerada mais um problema do que uma oportunidade quando analisada exclusivamente sob o ponto de vista da produção (VIANELLO, 2008). Os componentes custo e tempo do projeto e/ou produto são colocadas como meta para as equipes de engenharia envolvidas no desenvolvimento do produto. No caso da mudança de engenharia o “produto volta para a prancheta” e pode consumir entre 33% a 50% da capacidade da engenharia (HUANG e MAK, 1998). Representam também 20% a 50% dos custos do ferramental utilizado e podem afetar entre 70% a 80% o custo final do produto (VIANELLO, 2008).

Vianello (2008) e Jarrat (2011), em uma análise dos motivos para a mudança de engenharia, citam dois itens:

- remover falhas anteriores e problemas de confiabilidade ou fazê-lo funcionar corretamente;
- melhorar o desempenho dos produtos tanto do ponto de vista técnico e financeiro (redução de custo).

Uma mudança num sistema complexo pode afetar outras partes do sistema, mesmo que não diretamente ligadas a ele (KELLER, 2005). Assim, uma das tarefas mais exigentes para uma gestão eficaz das mudanças é a previsão das consequências de uma mudança nas outras partes do produto, ou seja, gestão da propagação da mudança.

2.3 Terminologia do processo de mudança de engenharia

Os seguintes conceitos compõem os elementos principais do processo de mudança de engenharia e constituem sua terminologia básica, conforme a literatura:

- 1- Change Manager – CM – é quem avalia a viabilidade das ECRs, podendo rejeitar, arquivar ou encaminhar para o CCB ou responsável pela mudança. (HORTA, 2011)

2- Configuration Control Board – CCB - Um grupo de partes interessadas responsáveis pelo projeto. Avalia, aprova ou desaprova as alterações propostas, prioriza a incorporação de mudanças aprovadas, agenda as mudanças para as próximas versões.

Em alguns projetos, o CCB também pode ser responsável por verificar que as mudanças aprovadas sejam implementadas. Pode-se ter o CCB externo, que cuida das mudanças que irão impactar o cliente, e o CCB interno, composto por desenvolvedores e gerentes técnicos formados para lidar com as mudanças nas abordagens que não serão visíveis para os clientes ou de impacto de custos e prazos de entrega.

3- A Mudança de Engenharia - EC (Engineering Change), para que seja efetivada utiliza como técnica o Gerenciamento da Mudança de Engenharia – (Engineering Change Management – ECM), o qual, tomando por base Bueno (2011) envolve os elementos discutidos a seguir:

4- Pedido de mudança – ECR (Engineering Change Request): “usado para descrever uma alteração proposta ou problema que pode existir num determinado produto”;

5- Autorização de mudança – ECO (Engineering Change Orders): "documento que descreve a alteração de engenharia aprovada e a autorização para implementar ou mudar o produto e sua documentação”;

6- Processo de mudança – ECP (Engineering Change Process); “processo de mudança de engenharia, que pode ocorrer na fase de desenvolvimento do produto” (BUENO, 2011; BENEDETTO; TRABASSO, 1997; HORTA, 2002) ou somente depois que o produto entrou em operação (WRIGHT, 1997).

7- Gerenciamento da Mudança de Engenharia – ECM (Engineering Change Management), “processo de apoio às mudanças que podem acontecer durante o processo de desenvolvimento do produto” (ROZENFELD, 2006).

A seguir será apresentado o processo de mudança de engenharia no qual se discute os conceitos apresentados nesse tópico com base na literatura científica da área.

2.4 O processo de mudança de engenharia

As solicitações e ideias inovadoras sugeridas no sentido de viabilizar o uso de um produto encontra no processo de mudança de engenharia a forma de atender as exigências do mercado garantindo a sobrevivência e sucesso no ambiente de negócios.

O processo de mudança de engenharia tem como meta melhorar o produto e reduzir as solicitações de mudanças futuras através do conhecimento de quais fatores direcionam o desempenho do produto durante o seu processo de desenvolvimento. O processo de mudança de engenharia pode ser simples ou complexo e ser muito sensível mesmo às pequenas mudanças, por este motivo é importante que tenha uma boa gestão e que seja documentado.

Em seguida a figura 03 mostra modelos de mudança de engenharia propostos por estudiosos da área.

Figura 03: Modelos de mudança de engenharia.

MODELOS DO PROCESSO DE MUDANÇA DE ENGENHARIA			
<u>AUTOR</u> FASES	BENEDETTO NETO (1999)	BUENO (2011)	HORTA (2001)
1	Encaminhar	Pedido	Filtrar a proposta
2	Autorizar	Aprovação	Investigar projeto
3	Solucionar	Notificação/ Execução	Avaliar solução
4	Avaliar		Autorizar a mudança
5	Aprovar		Executar a mudança
6	Liberar		
MODELOS DO PROCESSO DE MUDANÇA DE ENGENHARIA			
<u>AUTOR</u> FASES	CARVALHO (1999)	ROZENFELD et al. (2006)	JARRAT (2011)
1	Propor mudanças	Identificar mudança	Solicitar mudança
2	Avaliar solução	Propor mudança	Identificar solução
3	Executar projeto	Alterar	Avaliar riscos e impactos
4	Implementar	Implementar mudança	Seleção e aprovação
5			Implementação
6			Revisão

Fonte: Autor

Os autores apresentam modelos que tem diferenças entre si: Para comparação será adotado o modelo de Jarrat (2011) que utiliza três macro fases: antes, durante e depois da aprovação.

Antes da aprovação: Encaminhar, autorizar, solucionar, avaliar pedido, filtrar a proposta, investigar o projeto, avaliar a solução, propor mudanças, identificar a mudança, solicitar a mudança, identificar a solução, avaliar riscos e impactos.

É a fase onde ocorre as principais diferenças onde cada autor trata de forma diferente a abordagem do problema. Enquanto um autor inicia com a identificação da mudança, outro autor sugere que a proposta da mudança já seja encaminhada.

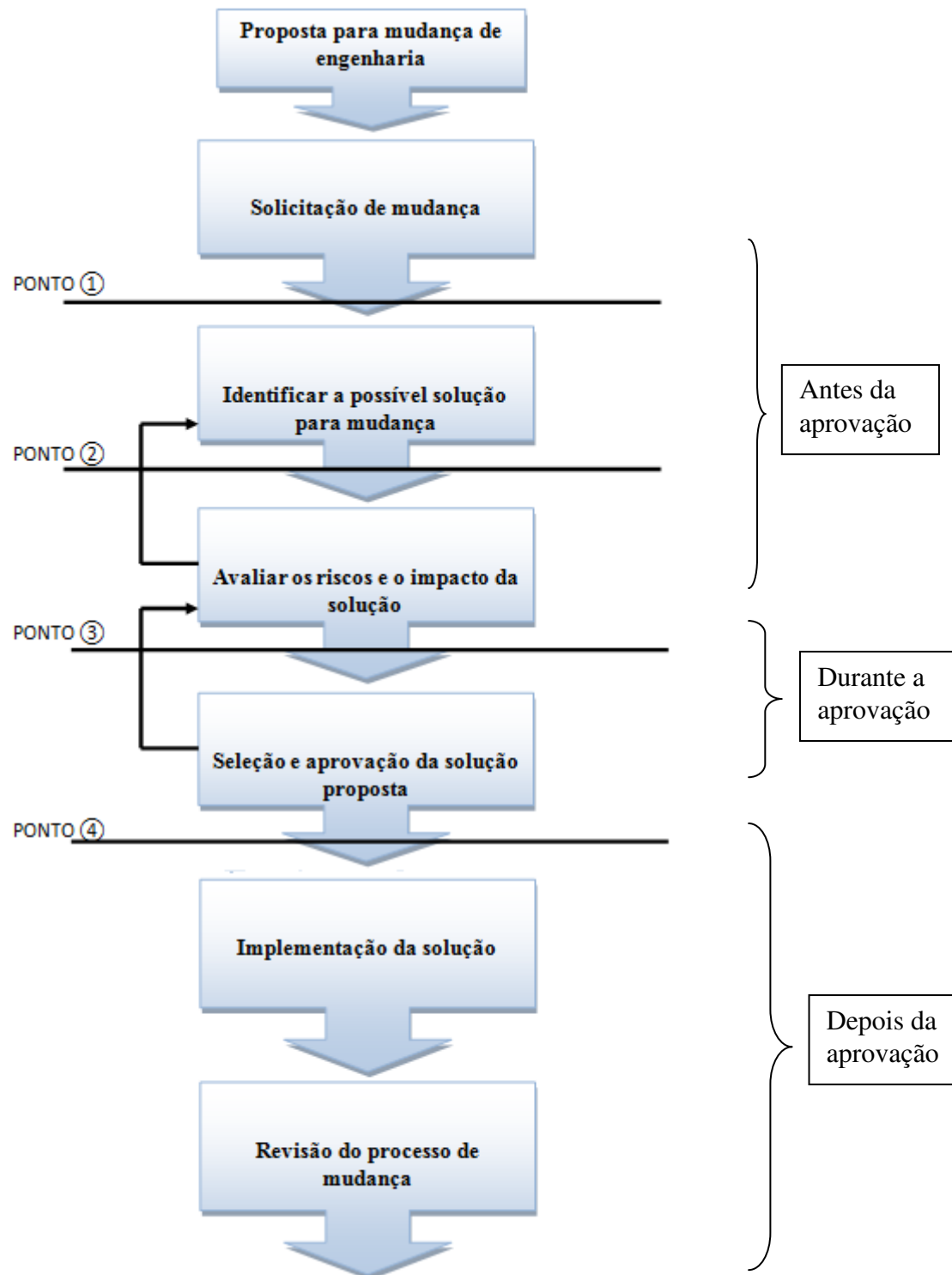
Durante a aprovação: aprovar, aprovação, notificação, autorizar a mudança, seleção e aprovação.

Durante a aprovação, Carvalho (1999) e Rozenfeld et al. (2006) entendem que esta fase faz parte da fase anterior, e finalmente na fase:

Depois da aprovação: liberar, execução, executar a mudança, executar o projeto, implementar a mudança, implementação e revisão.

Depois da aprovação: existe um consenso entre os autores.

Figura 04 – Desenvolvimento da mudança de engenharia



Fonte: JARRAT (2011).

Os principais envolvidos na mudança de engenharia são: clientes, departamento de vendas e marketing, manutenção, produção, departamento de compras, engenharia de produto, normas e leis. Em seguida uma descrição do processo proposto por Jarrat (2011):

Ponto 1: O processo formal tem início na Solicitação de Mudança de Engenharia (ECR). O modo padrão é através de formulário eletrônico ou impresso. O solicitante deve preencher o formulário e informar a razão para a mudança, a prioridade da alteração, o tipo de alteração, quais os componentes ou sistemas que podem ou serão afetados. Este formulário é então enviado para um controlador de mudança (change manager – CM) que vai inseri-lo num banco de dados da engenharia.

Ponto 2: A identificação de possíveis soluções para o pedido de mudança deve então ser investigada. Muitas vezes apenas uma das soluções encontradas é examinada com maior rigor, devido à pressão de tempo ou porque a solução é a mais viável.

Ponto 3: A avaliação dos riscos e impacto da solução também são avaliados para cada solução. Os fatores que são considerados são: custos, cronograma de produção, o impacto nos fornecedores e os estoques existentes.

Ponto 4: A partir do momento que a solução foi selecionada, segue para a aprovação da Engenharia, conselho ou comitê (CCB), que irá analisar a mudança sob a ótica do custo-benefício para a empresa. Os envolvidos são tomadores de decisão ligados ao produto incluindo pessoal de *design* (projeto / engenharia) do produto, fabricação, comercialização, qualidade, armazenamento, finanças, assistência técnica entre outros. Nesse ponto, se a mudança é aprovada, gera-se uma ECO.

2.5 Efeitos e impacto da Mudança de Engenharia

Os efeitos da mudança de engenharia sob o ponto de vista acadêmico tem trabalhos de (JARRAT et al, 2011, WRIGHT 1997 e LOCH, 1999). Li, 2011, considera que são quatro as principais questões da mudança de engenharia, envolve as empresas e pessoas e abordando também o desenvolvimento de novos produtos, abaixo as questões:

a) ocorrência de mudanças, b) longo tempo de espera das mudanças, c) alto custo das mudanças, e d) a frequência de ocorrência de interações e mudanças.

a) A ocorrência de mudança: Na literatura é possível encontrar diversas definições para o processo de mudança de engenharia, a maioria apresenta as mesmas características, havendo basicamente um ponto de discordância: o contexto do fenômeno. A mudança de engenharia tem abrangência no desenvolvimento do produto, no produto, no processo do negócio e no aspecto humano, uma vez que ocorreu um problema. (HORTA, 2001).

As causas da mudança de engenharia podem ser divididas em: emergentes e iniciadas. As emergentes são as mudanças que ainda não foram iniciadas. As emergentes envolvem a complexidade do produto, o nível de conhecimento da tecnologia envolvida, os recursos avaliados, a complexidade da equipe e do processo. Como será a propagação da mudança no produto, no processo e nos componentes. A nova especificação do produto e a avaliação de performance da mudança efetuada.

Nas mudanças iniciadas, cinco itens são de fundamental importância: a legislação que deve ser obedecida, as necessidades e expectativas dos clientes, a redução de custo, a qualidade e melhoria da confiabilidade e os problemas com o projeto inicial (LI, 2012).

b) Longo tempo de espera das mudanças: A complexidade da mudança de engenharia necessita de tempo para aprendizado para os envolvidos, sejam gerentes, operários ou consultores. A compreensão do processo de mudança não é fácil e a falta de entendimento gera frustração e desmotivação na utilização do processo de mudança, por este motivo as mudanças acabam sendo evitadas ou então sendo executadas sem o uso de um processo formal.

Os pontos considerados são: A complexidade da mudança, o escopo da mudança, o tempo envolvido e a inércia da organização. Estes itens definem o tempo total desde o início até a execução da mudança (LI, 2012).

c) Alto custo da mudança: Mudança de engenharia é a ponte entre as soluções e resultados, e tem como alvo a realização dos objetivos do negócio. Uma pergunta para ser respondida, como a mudança de engenharia impulsiona uma mudança bem-sucedida? Para responder a esta pergunta, é necessário estabelecer os princípios fundamentais para a gestão da mudança. A realidade de como a mudança realmente acontece permite uma melhor compreensão e aplicação mais robusta das ferramentas e processos de gestão, o lado humano da mudança. Cada um destes princípios irá construir no outro e, juntos, formam a base para o "o que e por que" da mudança de engenharia. Os três itens principais são: custo do material, o custo do trabalho e o custo dos equipamentos.

O tema, alto custo da mudança pode ser atribuída aos autores, (BALAKRISHNAN e CHAKRAVARTY, 1996, LOCH e TERWIESCH, 1999):

d) A frequência de ocorrência das interações e mudanças: A repetibilidade de ocorrência de mudanças oferece a oportunidade de verificar, no local, o andamento dos pedidos de mudança. Como uma visão geral, o processo de mudança de engenharia é complexo, vários departamentos são envolvidos e conta com a forma colaborativa de trabalho das pessoas. Portanto, é necessário estabelecer um sistema com arquitetura e conjunto de

procedimentos e políticas que controlam a interação e o fluxo de informação entre os vários intervenientes para garantir um controle adequado sobre o planejamento e implementação da mudança de engenharia (LI, 2012).

O processo de mudança de engenharia pode ser encarado de duas maneiras: um mal necessário ou uma oportunidade de melhoria e aprendizado. Um mal necessário porque requer tempo para aprendizado, às vezes de difícil compreensão, necessitando de sistematização no controle de alterações e controle de registros. O aspecto psicológico também conta; as pessoas envolvidas precisam retrabalhar o projeto novamente, causando a sensação de causador do erro e, como atitude natural os envolvidos “produzem” atitudes negativas (ROZENFELD et al., 2006).

A complexidade da mudança de engenharia necessita de tempo para aprendizado para os envolvidos, sejam gerentes, operários ou consultores. A compreensão do processo de mudança não é fácil e a falta de entendimento gera frustração e desmotivação na utilização do processo de mudança, por este motivo as mudanças acabam sendo evitadas ou então sendo executadas sem o uso de um processo formal.

De um modo geral, os pesquisadores em gestão de processos de projeto têm dedicado mais atenção em identificar os desafios e riscos para atingir metas desejadas na programação, em comparação com indicadores de desempenho de projetos de desenvolvimento de produto, tais como custo (ou esforço de desenvolvimento) e qualidade.

Por outro lado, as alterações de engenharia também foram reconhecidas como fonte de inovação e criatividade o que pode facilitar a evolução de produtos e tecnologias. A partir desta perspectiva, os conhecimentos adquiridos a partir de mudanças de engenharia também é muito útil para o desenvolvimento do produto a longo prazo.

A empresa objeto deste estudo é fabricante de equipamentos e peças sob encomenda, tem somente a engenharia de fabricação/processos e não tem a área de desenvolvimento de produto. Neste trabalho o produto chegou definido e pronto para uso, a ocorrência de problema criou a necessidade de busca da solução, na prática não havia conhecimento e método na busca da solução do problema. Um item importante a ser citado é que o problema é específico para o Brasil, e a matriz da empresa permitiu que a filial brasileira encontrasse a solução. Como já citado inicialmente a solução foi pontual, isto é, o problema aparecia e a empresa resolvia, ocorre que não houve registro detalhado das alterações ocorridas.

O termo mudança de engenharia somente foi considerado quando recebeu o nome de tropicalização, e na ótica da empresa a mudança deixa de ser problema e passa a ser uma adaptação para os equipamentos existentes no Brasil.

O desenvolvimento da adaptação teve base na teoria da mudança de engenharia e nos estudos realizados pelos autores, ROZENFELD et al. (2006), HORTA (2001) e JARRAT (2011). Cada um dos autores tem uma abordagem particular no entendimento da mudança de engenharia, na Tabela 02 abaixo são mostrados os principais tópicos abordados por cada autor.

Tabela 02 – Comparação entre as atividades acadêmicas.

Atividades chave para o controle das mudanças de engenharia		
ROZENFELD et al. (2006)	HORTA (2001)	JARRAT (2011)
Identificar mudança	-	-
-	Filtrar proposta	-
-	Investigar projeto	Solicitar mudança
Propor mudança	Avaliar solução	Identificar solução
-	-	Avaliar riscos e impactos
-	Autorizar mudança	Seleção e aprovação
Alterar	Executar mudança	
Implementar mudança	-	Implementação
		Revisão

Fonte: Autor

A diferenciação do processo de mudança de engenharia nos autores apresentados na Tabela 2 foi utilizada no trabalho para orientar o processo de aplicação da mudança de engenharia.

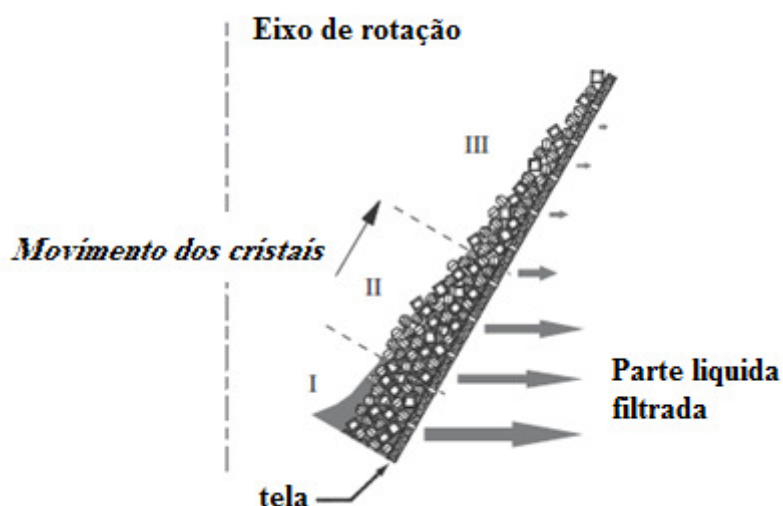
3 A IMPORTANCIA DA TELA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR

Miguel (2007) comenta que a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e na qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLLENT, 1997). Para tal, conhecer o processo de utilização das telas de centrífuga na produção de açúcar é fundamental. Nesse sentido, o presente trabalho seguiu o seguinte roteiro: Conhecer o papel da tela na separação sólido-líquido, as características da tela, a tela no processo de centrifugação, as centrífugas contínuas para produção de açúcar e as centrífugas contínuas encontradas no Brasil.

3.1 O papel da tela na separação sólido-líquido

Swidells, (1982) e Greig, (1995) estudaram extensivamente o funcionamento das centrífugas contínuas. Utilizaram a figura abaixo como referência para desenvolver o trabalho.

Figura 05: Fluxo da massa na tela.



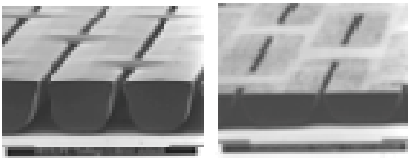
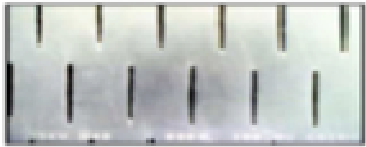
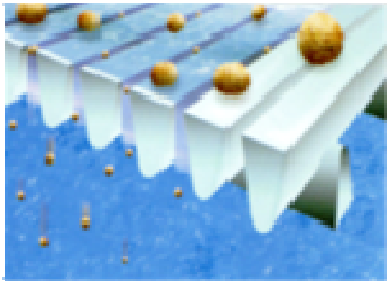
Fonte: Bizard, A. F. M.; Symons, D. D.; (2011). Artigo: Flow of wet powder in a conical centrifugal filter – an analytical model, publicado no Chemical Engineering Science 66, paginas 6014-6027.

Na região I ocorre à separação mel/cristal de açúcar, na região II ocorre à separação do mel residual do cristal de açúcar e na região III o cristal de açúcar está praticamente seco e sai pela parte superior do cesto.

3.2 Características das telas.

As principais características das telas de centrífuga são apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 03: Perfil das telas

Tipo de Tela	Perfil da tela	Características das telas
Níquel		Tela construída em chapas eletro moldadas de níquel, revestida com camada de cromo duro com a finalidade de aumentar a resistência à abrasão
Action Laser		Tela construída em chapas aço inox, revestida com camada de cromo duro com a finalidade de aumentar a resistência à abrasão.
Ranhura Contínua		Tela construída de perfis de aço inox 316 L, soldados perpendicularmente em cada ponto de contato a uma sucessão de varetas de seções variadas, criando aberturas de ranhura de precisão constante que aumentam na direção do fluxo do líquido ou das partículas.

Fonte: Catálogos de fabricantes.

As telas são classificadas por: furação, área aberta e espessura, como mostrado acima. O termo furação indica a dimensão dos furos da tela, é medido em micron. A área aberta representa a relação entre a área filtrante da centrífuga e a área total dos furos da tela, *sendo*

representada em porcentagem (%). A espessura é entendida como a espessura da tela que é representada em milímetros (mm).

3.3 O processo de centrifugação

A operação unitária de “centrifugação” é uma das mais importantes no processo de fabricação do açúcar e os resultados que podem ser obtidos com uma operação correta são mais importantes do que normalmente se considera. Mesmo assim não é controlada, verificada e estudada, e às vezes só é lembrada quando apresenta algum problema mais sério, seja ele mecânico ou operacional (ALBUQUERQUE, 2011).

O cristal de açúcar é separado do mel por meio de centrifugação. Devido ao fato da densidade do cristal e do mel serem similares e porque o licor-mãe tem alta viscosidade e consistência, a separação por centrifugação é praticamente a única opção. (REIN, 2007).

O processo de centrifugação é um modo de separação por filtração de um líquido/sólido por meio de telas que permitem a passagem do líquido, mas retém os sólidos. O processo de filtração/separação através de centrifugas é realizado pelo aumento de forças nos sólidos e líquidos girando-os em alta rotação em um cilindro perfurado ou cesto/contra tela que apoia a tela filtrante (WILEY, 2000).

Carvalho (2009) descreve a operação de centrífuga contínua deste modo: “A massa B é um produto que contém cristais de aproximadamente 0,2 mm e melaço. Na centrifugação, os cristais são separados do mel B (ou melaço) onde o magma (cristais de açúcar B) será utilizado como núcleo para o cozimento A e o melaço é enviado para a fabricação do álcool”. No apêndice, a fabricação de açúcar esta detalhada.

Bird (2002) destaca a equação de Blake – Kozenky, demonstrando que a velocidade é proporcional ao tamanho do cristal ao quadrado e inversamente proporcional a viscosidade. Indica também que o fluxo de massa é diretamente proporcional a aceleração centrífuga (força G). Como o tamanho do cristal não é homogêneo, Dombrowski and Browell, (1954), concluem que a quantidade de líquido separado por centrifugação, pela ação da força 2G, é determinada pela capilaridade, ou área aberta, que é diretamente proporcional a permeabilidade da massa e a força G, sendo inversamente proporcional à tensão de superfície. A mudança de uma destas variáveis tem efeito direto na mistura contida da massa, neste caso a pureza do mel. (REIN, 2007).

Grimwood (2000) desenvolveu uma equação que compara a quantidade de licor que flui através dos capilares de diferentes comprimentos e raios enchidos com o mel, de viscosidades diferentes e tempos diferentes. Chamamos de taxa de purga, que mede o quanto de açúcar ficou retido na centrífuga.

$$\text{Taxa de purga} = \frac{(\text{tamanho médio do açúcar})^2 \times (\text{força centrífuga } G) \times (\text{rotação da centrífuga})}{(\text{viscosidade do licor mãe}) \times (\text{espessura da camada de açúcar})} \quad (1)$$

Na equação acima temos duas variáveis que dependem do equipamento centrífuga: a força centrífuga G e a rotação, as outras variáveis dependem do processo de fabricação: tamanho médio do açúcar, viscosidade do licor mãe e espessura da camada de açúcar. O tamanho médio do cristal de açúcar é expresso em termos de abertura média (em inglês, *mean aperture* – AM). A abertura média é o tamanho da peneira (expresso em micron, μ), pelo qual passará 50% da amostra. Este é o diâmetro da partícula média. O coeficiente de variação – CV é relacionado ao desvio padrão (em inglês, *standard deviation* - SD) de tamanhos da partícula, como mostra a fórmula:

$$\text{CV} = \frac{\text{SD}}{\text{AM}} \times 100 \quad (2)$$

A fórmula acima está demonstrada por Argaw (2006).

As especificações típicas para o tamanho da partícula são:

Granulado grosso	AM = 940-1000 μ	CV = 20% a 30%
Granulado	AM = 570-635 μ	CV = 26% a 30%
Refinado	AM = 276-300 μ	CV = 16% a 26%

Pode haver uma grande variação no tamanho do grão de açúcar de uma refinaria para outra e AMs de até 670 μ ou mais baixo que o normal de 475 μ , poderão ser encontrados (Açúcares e xaropes, http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/83.pdf consultado em 19/08/2012 - 16h55m).

Outro item importante é a adição de água durante o processo de centrifugação da massa, onde, se a lavagem for insuficiente, compromete-se a qualidade e, se for excessiva, prejudica-se o esgotamento do mel. A quantidade de água em condições normais aumenta a pureza do mel entre 1 a 3 pontos. (REIN, 2007).

Existem dois tipos de centrífugas em uso, que são chamadas de centrífugas automáticas ou de batelada para massa A, e as centrífugas contínuas para massa B, onde será feito o trabalho.

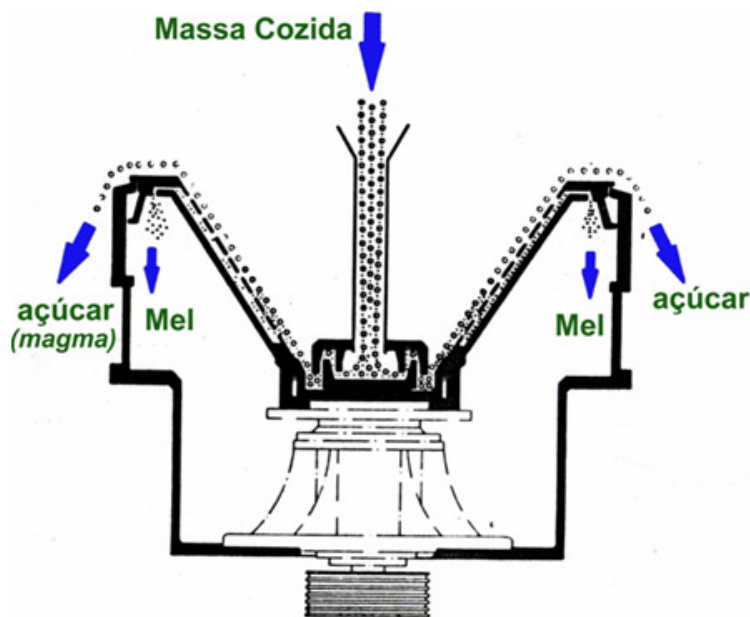
3.4 Centrífugas contínuas para produção de açúcar

As centrífugas contínuas têm sido usadas nas fabricas de açúcar desde 1955 (POEL et al.,1998). Têm como característica o cesto cônico para melhor separação do mel, normalmente utilizada para massas de baixa pureza.

As melhorias no design e na qualidade das telas tornaram possível a utilização para massas de alta pureza, sendo altamente aplicado para obter açúcar branco de alta qualidade (ROGÉ et al.,2005).

O esquema mostra a separação da massa cozida em magma e mel.

Figura 06 – Alimentação de centrifuga contínua



Fonte: Waner, Tanaka - Apostila de Treinamento – Grupo Zillor - 2002.

Os princípios que fundamentam a separação nas centrífugas contínuas estão detalhados no texto que aborda o processo de centrifugação que consta no apêndice a este

trabalho. As tabelas em seguida indicam os parâmetros encontrados nas centrifugas contínuas para massa B, a abordagem dimensional depende de cada fabricante.

Tabela 04: Características das centrifugas contínuas.

PARÂMETRO	CENTRÍFUGA CONTÍNUA
Capacidade/Dimensões	Alta
Consumo de energia	Media para alta
Quadro de pessoas para operação	Baixo
Manutenção	Baixo
Lavagem com água	Pobre
Quebra de cristal	Alta
Secagem do açúcar	Médio
Variação da massa	Pouco sensível
Investimento	Baixo

Fonte: Wiley J. and Sons, Handbook of Sugar Refining: A Manual of the Design and Operation of Sugar Refining Facilities, Editora Chung Chi Chou, 2000.

Podemos dividir os parâmetros da centrifuga em: Máquina/Centrífuga e Processo de fabricação.

- Centrifuga:

Capacidade/Dimensões: A capacidade e dimensão das centrifugas variam de acordo com os fabricantes, em termos de capacidade das centrifugas, em 2014, podem variar de 10 a 40 toneladas por hora.

Consumo de energia: A tecnologia aplicada nos motores permite que o consumo fique entre media e alta, de acordo com o tipo de motor utilizado no Brasil, isto é, temos motor convencional e o motor de alto rendimento que permite um consumo menor de energia.

Quadro de pessoas: É comum nas fabricas de açúcar ter um operador por turno nas centrifugas contínuas.

Investimento: é considerado baixo. Normalmente é comparada com centrifuga automática/batelada, que esta totalmente automatizada.

- Processo de Fabricação:

Manutenção: é considerada baixa, normalmente é feita na entre safra. Durante a safra é feita a manutenção preventiva de itens de consumo, tais como; troca de óleo, troca de correias, etc.

Lavagem com água: A água é utilizada no processo para diluir a massa e para a limpeza da centrífuga, onde tem baixo consumo, por este motivo é considerado pobre.

Quebra de cristal: A rotação, a tela em forma de funil e a geometria da centrífuga, favorecem a quebra de cristal, que é avaliada e obedece parâmetro determinado pela usina, isto é, a porcentagem de cristais quebrados na quantidade total de cristais.

Secagem do açúcar: A centrífuga contínua permite uma secagem parcial do açúcar, uma vez que o magma segue para o cozedor de massa A e muitas vezes recebe água.

Variação da massa: Obedece parâmetros pré determinados pela área comercial e controlados pelo laboratório, os relatórios que estão no Apêndice, mostram os valores práticos.

A tabela abaixo mostra os parâmetros que os fabricantes consideram para o desenvolvimento de uma centrífuga contínua para massa B.

Tabela 05: Parâmetros considerados nas centrífugas contínuas para massa B.

PARÂMETRO	Recomendado/Encontrado para massa B
Ângulo do cone	30° , 32° e 34°
Abertura da tela	0,090 mm e 0,060 mm
Dimensões do cone:	
Diâmetro máximo	De acordo com o fabricante
Diâmetro médio	De acordo com o fabricante
Diâmetro mínimo	De acordo com o fabricante
Altura vertical	De acordo com o fabricante
Comprimento inclinado	De acordo com o fabricante
Área do cesto em m ²	De acordo com o fabricante
Velocidade do cesto em RPM	De acordo com o fabricante
Força G (em função da área do cesto)	De acordo com o fabricante

Fonte: McEnvoy, M. A. J.; Archibald, R. D.; Artigo: Increased capacity of continuous centrifugals on low grade massecuits – 1975 – SASTA, Proc.June/July – paginas 80-85.

Os parâmetros acima variam de acordo com o fabricante, sendo que alguns não estão disponíveis para consulta.

3.5 Centrífugas contínuas encontradas no Brasil

No Brasil encontramos aproximadamente 12 (doze) fabricantes nacionais (Mausa, Big, Otani, Vibromaq, Dedini, Zanini, Vetek, Texas, RG Sertal, Usitep, Vibrosert e Fives Lille,) e 03 (três) importados (BWS, Silver Bull, BMA).

Tabela 06: Centrífugas contínuas encontradas no Brasil.

% Participação dos Fabricantes Equipamentos instalados	
FABRICANTE	% PARTICIPAÇÃO
Mausa	70%
Vetek	8%
Fives Lille	5%
Silver Bull	2%
Vibromaq	1%
DIVERSOS	14%
TOTAL	100%

Fonte: Dados do autor

As centrífugas contínuas são comparadas pelos seguintes parâmetros:

- Rotação máxima: é a máxima rotação que o cesto da centrífuga gira, podendo variar de acordo com o modelo de cada fabricante. Tem como unidade o rpm – rotação por minuto.

- Área filtrante: é a área da tela utilizada como meio filtrante, tem como unidade o m² – metro quadrado.

- Produção: é a capacidade máxima de produção da centrífuga, tem como unidade a th – tonelada por hora de massa.

As tabelas abaixo são resumo de catálogos dos fabricantes.

Tabela 07: Centrífugas contínuas para massa B fabricadas no Brasil

CENTRIFUGAS PARA MASSA B								
Fabricante	MAUSA					VETEK		
Modelo	MK 10	MK 12	MK 14	MK 14E	MK 16	VK10	VK12	VK14
Rotação Máxima (rpm)	1750	1700	1600	1600	1750	1750	1750	1750
Área Filtrante (m²)	1,26	1,71	2,3	2,4	2,85	NI	NI	NI
Produção (th)	10 a 14	19 a 25	32 - 45	25 a 45	20 a 38	12	25	42

Fonte: Autor

Tabela 08: Centrífugas contínuas para massa B importadas.

CENTRIFUGAS PARA MASSA B – IMPORTADAS					
Fabricante	SW			BMA	BWS
Modelo	SW-1320/D	SW-1520/D	SW-1320DHG	K3300	SC-1350
Rotação Máxima (rpm)	2000	1800	2000	2000	1750
Área Filtrante (m2)	2,07	2,96	1,97	1,87	NI
Produção (th)	22 a 38	35 a 55	25 a 50	33	8 a 10

Fonte: Autor

Como exposto às telas para centrifuga tem importância fundamental na produção de açúcar, como informação adicional a geometria das centrifugas americanas são similares as do Brasil, mas o interno da centrifuga tem dimensões diferentes.

No Brasil temos uma grande quantidade de centrifugas, com geometria própria, indicando que será necessário ter diferentes tipos de tela. Na ótica do processo, o funcionamento da tela tem relação direta com a rotação, quantidade de água aplicada na massa e a quantidade de água aplicada direto na tela, e a interferência dos operadores.

A atuação do autor como elo entre a aplicação da tela, o encontro dos defeitos e a busca da solução, agora parece ser simples, mas a necessidade de convencer a empresa fabricante da tela para usar os conceitos de mudança de engenharia teve resistência, quando foi usado o termo tropicalização, a abordagem do problema teve aceitação da empresa e daí para frente, todos fomos na busca da solução do problema. O capítulo 4 mostra como a mudança de engenharia foi aplicada neste trabalho.

4 A APLICABILIDADE DOS CONCEITOS DE MUDANÇA DE ENGENHARIA NA TROPICALIZAÇÃO DA TELA

Este capítulo mostra como a empresa desenvolveu e aplicou a mudança de engenharia na solução do problema da tela de centrífuga. O desenvolvimento da mudança de engenharia utilizado neste trabalho tem como referência Jarrat (2011), mostrado na Figura 04.

A empresa não tinha a cultura e o conhecimento do ECM, mas havia uma percepção de que uma gestão bem feita das mudanças reduziria o prazo de entrega e manteria os custos dentro do objetivo. Outro item importante para a tropicalização da tela foi fazer um roteiro com o objetivo de evitar problemas de clareza, interpretação e objetivo (HORTA, 2001).

A empresa decide por adotar o ECM como oportunidade de melhoria e aprendizado. A Solicitação de Mudança de Engenharia inicialmente foi ad hoc, isto é, informal. A primeira tela foi montada e trabalhou com sucesso, mas o mesmo não aconteceu com a segunda tela. Neste momento havia dois enfoques de análise por parte da empresa. O primeiro: realizar alterações na tela que não pode ser montada. O segundo: acompanhar o desempenho da tela que foi montada com sucesso.

Uma força tarefa constituída de pessoas das áreas de vendas, engenharia e produção recebeu a missão de entender o que estava acontecendo com a tela e encontrar a melhor solução para o problema. Em um curto espaço de tempo os participantes da engenharia e da produção deixaram a empresa, e a área comercial ficou sozinha para encontrar a solução do problema da “tela nova”.

4.1 Caracterização da empresa

A empresa aqui pesquisada é a uma multinacional do setor de filtração, separação sólido/líquido com matriz e centro de pesquisa e desenvolvimento nos Estados Unidos. Desenvolveu a primeira tela de arame soldada com abertura predeterminada. Desenvolveu o arame em “V” (Vee-Wire[®]), que permite somente dois pontos de contato.

O fato de ser fornecedor de telas para as peneiras rotativas e estáticas para as usinas de açúcar nos Estados Unidos, e, em atenção à necessidade dos clientes, aceitou o desafio de desenvolver tela para centrífuga.

O diretor de engenharia contratou um especialista americano vindo da academia para desenvolver a tela nova, um acadêmico que já tinha vários trabalhos publicados sobre o uso

de telas em centrífugas. Adicionalmente, a empresa já tinha desenvolvido uma máquina que fabricava tela de arame soldado com abertura pré-determinada e estava procurando novos mercados.

No Brasil a empresa fez alguns testes no início dos anos 2000, mas o custo na época era inviável. O retorno aconteceu em 2008, ano em que o autor deste trabalho iniciou na empresa como prestador de serviços, tendo como objetivo a implantação da tela nas usinas de açúcar e álcool.

4.2 A tela para centrifuga e sua importância no processo de fabricação de açúcar

As centrífugas contínuas utilizam a força centrífuga para a separação sólido (magma) do líquido (mel final), esta separação faz uso de telas de níquel, que são montadas em segmentos em todo perímetro do cesto cônico da centrífuga. Pelo fato de ser um processo contínuo, toda parada de máquina tem como consequência a perda de produção.

A etapa inicial da pesquisa foi a identificação da situação que justificava a troca da tela de níquel, mais comum/usual, de produção nacional, pela tela nova, projetada e utilizada nos Estados Unidos. As motivações das usinas para realizar a troca da tela são:

- Vida útil da tela de níquel estimada entre sete e quarenta e cinco dias, enquanto a tela nova promete operação contínua por três safras, cerca de setecentos e vinte dias, a Tabela 09 mostra o comparativo do uso das telas.

- Desgaste prematuro da tela de níquel, aumento da ranhura por onde passa o mel. Na grande maioria dos casos, após trinta dias (30) dias de uso da tela, ocorre o aumento da pureza do mel final, aumentando a perda de açúcar e a redução na recuperação de fábrica ou recuperação do açúcar. Na prática, o desgaste aumenta o furo da tela, permitindo a passagem de cristais de açúcar, o que implica em perdas na produção final, pois o cristal acaba sendo processado como mel final, produto de menor valor agregado.

- Tempo médio de troca de tela é de duas horas e trinta minutos, trabalho realizado por duas pessoas da área mecânica preferencialmente. O tempo de troca é igual para os dois tipos de tela, o que muda é a quantidade de vezes que a tela é trocada durante a safra. A tela de níquel é trocada ao menos seis vezes por safra, enquanto a tela nova prevê somente uma troca por safra no mesmo tempo e com as mesmas pessoas, uma clara redução de custo. A Tabela 09 mostra o comparativo do uso das telas.

É importante comentar que todo início de safra é comum o uso de telas já desgastadas uma vez que nas primeiras massas é comum a presença dos refugos da manutenção da entre safra que é composto de partes de eletrodo, carepas de solda, parafusos, porcas e arruelas. A tela nova é instalada após o processo estar estabilizado, o que ocorre num prazo de duas semanas.

Tabela 09 – Comparativo do uso de telas

COMPARAÇÃO DE USO DAS TELAS			
CONSUMO DE TELAS POR SAFRA			
TELA		TELA DE NIQUEL	TELA NOVA
	1- ITENS CONSIDERADOS		
	2- VIDA UTIL (dias)(*)	30 a 45	720
	3- CONSUMO POR SAFRA (240 dias)	6	0,33
	4- CUSTO UNITARIO	R\$2.000,00	R\$28.000,00
	5- CUSTO POR SAFRA (linha 4 X linha 5)	R\$12.000,00	R\$9.420,00
PERDA DE PRODUÇÃO (**)			
	6- TEMPO DE TROCA DA TELA (hora)	2h30min	2h30min
	7- TORCA POR SAFRA (***)	6	1
	8- PRODUÇÃO POR HORA (kg)	10.000	10.000
	9- PERDA DE PRODUÇÃO (linha 6 x linha 7 x linha 8)	150.000	25.000
	10- PREÇO DO QUILO DE AÇUCAR	R\$0,76	R\$0,76
	11-PERDA DE PRODUÇÃO EM R\$ (linha 9 x linha 10)	R\$114.000,00	R\$19.000,00
CONSUMO DE MAO DE OBRA			
	11- PESSOAL ENVOLVIDO	2	2
	12- VALOR HOMEM/HORA	R\$7,00	R\$7,00
	13- CUSTO DA TROCA DE TELA (R\$ direto)(linha 12 X linha 6 x linha 11)	R\$35,00	R\$35,00
	14- CUSTO TOTAL POR SAFRA	R\$210,00	R\$35,00
CONCLUSÃO			
	CUSTO POR SAFRA	R\$126.210,00	R\$28.275,00

(*) 3 safras com 240 dias cada, (**)Produção 10.000 kg/hora, (***) Instalação no início da safra.
Fonte: Autor

NOTA: O Brasil tem duas safras canavieiras, a do Norte-Nordeste, com início em Agosto e término em Março. No Sudeste e Centro-Oeste a safra tem início em Abril e término em Novembro.

A relevância empresarial tem como ponto forte os ganhos na produção, tem somente uma instalação durante toda a safra, enquanto a tela de níquel tem em média seis trocas

durante a safra. Cada troca de tela, na Tabela 09, foi considerada a perda de produção, em reais (R\$) deixando evidente o ganho com a tela nova.

A Tabela 09 mostra também que o investimento inicial da tela nova é maior que o da tela de níquel, por outro lado quando se compara a vida útil por safra, o custo total da tela nova, em comparação com a tela de níquel, é vinte e dois por cento menor. Esses dados quando apresentados para as usinas de cana, geram valor significativo para a troca da tela de níquel pela tela nova.

Neste momento é importante lembrar que a empresa enviou duas telas para teste, a primeira tela foi montada e trabalhou com sucesso, mas o mesmo não aconteceu com a segunda tela. Como citado anteriormente ocorreu a necessidade da tropicalização. Devido a fatos internos a área comercial foi a campo levantar dados para produção das telas tropicalizadas dando origem a seis unidades produzidas no Brasil e instaladas em clientes também no Brasil. A evolução – linha do tempo - do desenvolvimento da tela nova é mostrado na Figura 07.

O acompanhamento do desempenho da tela também foi feito pela área comercial que contou com a ajuda dos supervisores de fabricação de açúcar das usinas uma vez que não havia conhecimento desta aplicação.

Na prática, percebemos que são quatro os passos que ditam as condições de uso das telas: Processo (antes e depois da tela), Máquina (centrífuga), Operador e a Tela.

1. Processo - antes da tela: O termo “antes da tela” recebe este nome porque trata do processo de fabricação da massa de açúcar que é chamada de massa B e é esta massa que será centrifugada e separada pela tela objeto deste estudo. A forma de fabricação da massa B, que é função do tipo de açúcar – basicamente a cor, brix (concentração), temperatura (oC), pureza (quantidade de açúcar na massa).

2. Centrífuga: Marca, modelo, produção por hora, amperagem (sem carga, com carga), rotação de trabalho, água 1 (abertura da válvula – manual – mistura direto na massa), água 2 (abertura da válvula – manual – mistura direto na centrifuga), ângulo da contra tela.

3. Tela de Níquel/Tela Nova: Marca/fabricante, abertura/furo, área aberta (%), vida útil, espessura. Tela/Cesto: Abertura/furo, área aberta (%), vida útil.

4. Operador: A experiência do operador é de alta importância. Ele conhece as regulagens da centrífuga para cada tipo de massa que chega, sabe qual válvula deve ser manuseada e quanto deve ser a quantidade de água que será adicionada na massa.

5- Processo – depois da tela – O termo “depois da tela” significa que a massa B que entrou na centrífuga já foi separada pela tela, dando origem a dois novos produtos: Magma e mel final.

Os itens Brix esperado/Brix encontrado, Mel final: Pureza esperada/Pureza encontrada são itens de controle do processo e são analisados pelo laboratório da usina. Os valores variam de acordo com o produto final e cada usina tem os valores “esperados” que são os parâmetros que orientam a produção.

Dados esperados:

Massa B: Brix: > 93%,

Pureza = 74% a 78%,

Temperatura da água = 65oC a 70oC

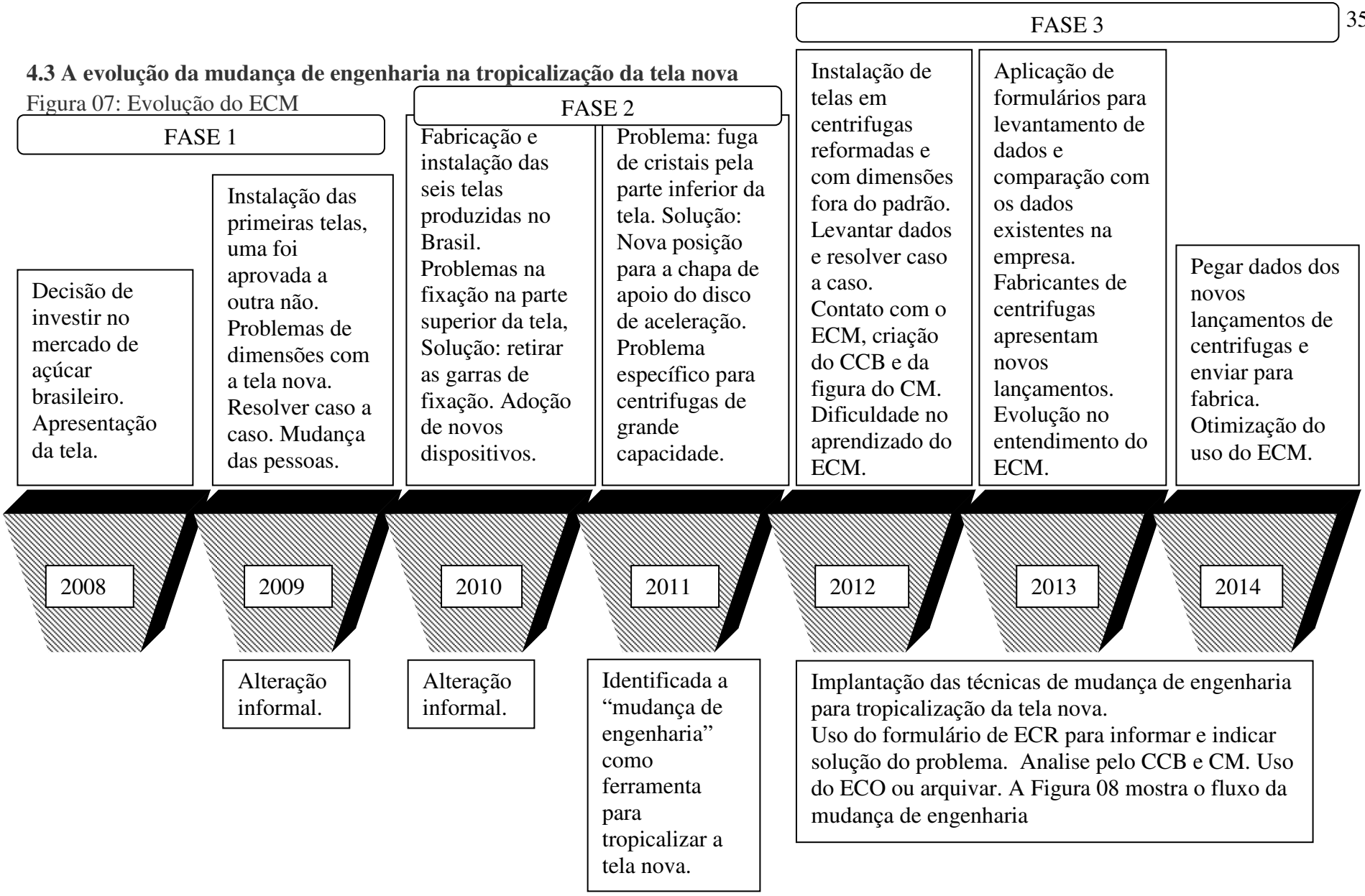
Magma “B”: Pureza = 92% a 94

A Figura 7 apresenta a aplicação dos conceitos e técnicas de ECM na organização pesquisada.

A seguir o item 4.3 mostra um gráfico com a linha do tempo.

4.3 A evolução da mudança de engenharia na tropicalização da tela nova

Figura 07: Evolução do ECM



Fonte: Autor

A evolução da mudança de engenharia na tropicalização da tela nova aconteceu em 3 (três) fases:

Fase 1: Período de 2008 a 2009 – Introdução da Tela no Brasil

2008 e 2009 – O cenário econômico aponta para elevado consumo de açúcar e a matriz da empresa fabricante da tela decide trazer a tela nova para o Brasil. A tela foi desenvolvida nos Estados Unidos para as centrífugas de açúcar de milho. O Brasil é o maior produtor de açúcar de cana de açúcar e, sob a ótica de marketing, o maior mercado consumidor de telas. Ocorrem os primeiros problemas com a tela nova no final de 2009.

Fase 2: Período de 2010 a 2011 – Antes do ECM

2010 e 2011 – A solução para os problemas é feita caso a caso, não havia interesse em procurar a causa raiz. Nesse momento, a matriz enviou um técnico americano, que era responsável pela fabricação e montagem da tela. O técnico já tinha feito várias reuniões com o chefe de fábrica e com o engenheiro de projeto sobre como fabricar a tela, mas ambos deixaram a empresa, causando a perda do conhecimento formal. Fabricação de seis telas adaptadas ao Brasil.

As alterações na tela continuam informais. Necessidade de registrar as mudanças ocorridas. Busca do conhecimento de como fazer para que as áreas envolvidas troquem as informações e mantenham o histórico da evolução das melhorias nas telas.

Fase 3: Período de 2012 a atual (2014) – Durante o ECM até data atual Outubro/2014.

2012 – Início do trabalho com o ECM como oportunidade de melhoria e aprendizado. Problemas de interpretação do ECM, criação do CCB e do CM. Novas telas já são produzidas com todas as modificações necessárias para atender o cliente. Início efetivo da tropicalização.

2013 – Evolução no entendimento do ECM. Aplicação do processo de mudança de engenharia para tropicalização da tela com a finalidade de atender o mercado brasileiro. No final da safra a tela tropicalizada foi aprovada pelos fabricantes de centrífugas. A matriz começa a divulgar o novo produto para as filiais em todo o mundo.

2014 – A tabela 09 compara as atividades acadêmicas com a implantação na prática e a figura 08 mostra o fluxo da mudança de engenharia. Acompanhar os novos lançamentos dos fabricantes de centrífuga. Utilizar o banco de dados para construção de telas em centrífugas reformadas e com dimensões fora do padrão.

4.4 O fluxo da mudança de engenharia aplicado na tropicalização

O processo de mudança de engenharia aplicado neste trabalho apresenta uma particularidade, ele não aconteceu no desenvolvimento do produto e também na aplicação, o produto já existia e não apresentava problemas. Houve a necessidade de adaptar o produto para outro tipo de equipamento que faz o mesmo trabalho, por este motivo é que foi utilizado o termo tropicalização.

A necessidade de encontrar a solução provocou a união entre os departamentos Comercial, Engenharia e Produção. O consenso foi que a peça precisaria ser tropicalizada, mas não havia literatura sobre o tema. Por outro lado existia a possibilidade do uso das teorias e técnicas da mudança de engenharia e o como gerenciar esta mudança.

A Figura 03 mostra modelos que foram estudados, o modelo escolhido foi o de Jarrat (2011), a forma de aplicar o modelo teve o trabalho de Horta (2001) como referência, e a empresa através dos departamentos envolvidos compraram o desafio na busca da solução.

Uma característica da empresa é a adoção das figuras dos clientes interno (própria empresa e seus departamentos) e o cliente externo (usuário final). Não existe a revenda. A Engenharia é responsável pelo cliente interno e a área Comercial pelo cliente externo.

O CM em conjunto com a sua equipe analisa todas as funções chaves ligadas ao produto: por exemplo, design de produto, fabricação, comercialização, fornecimento, garantia de qualidade, finanças, suporte ao produto, etc. (JARRAT, 2011).

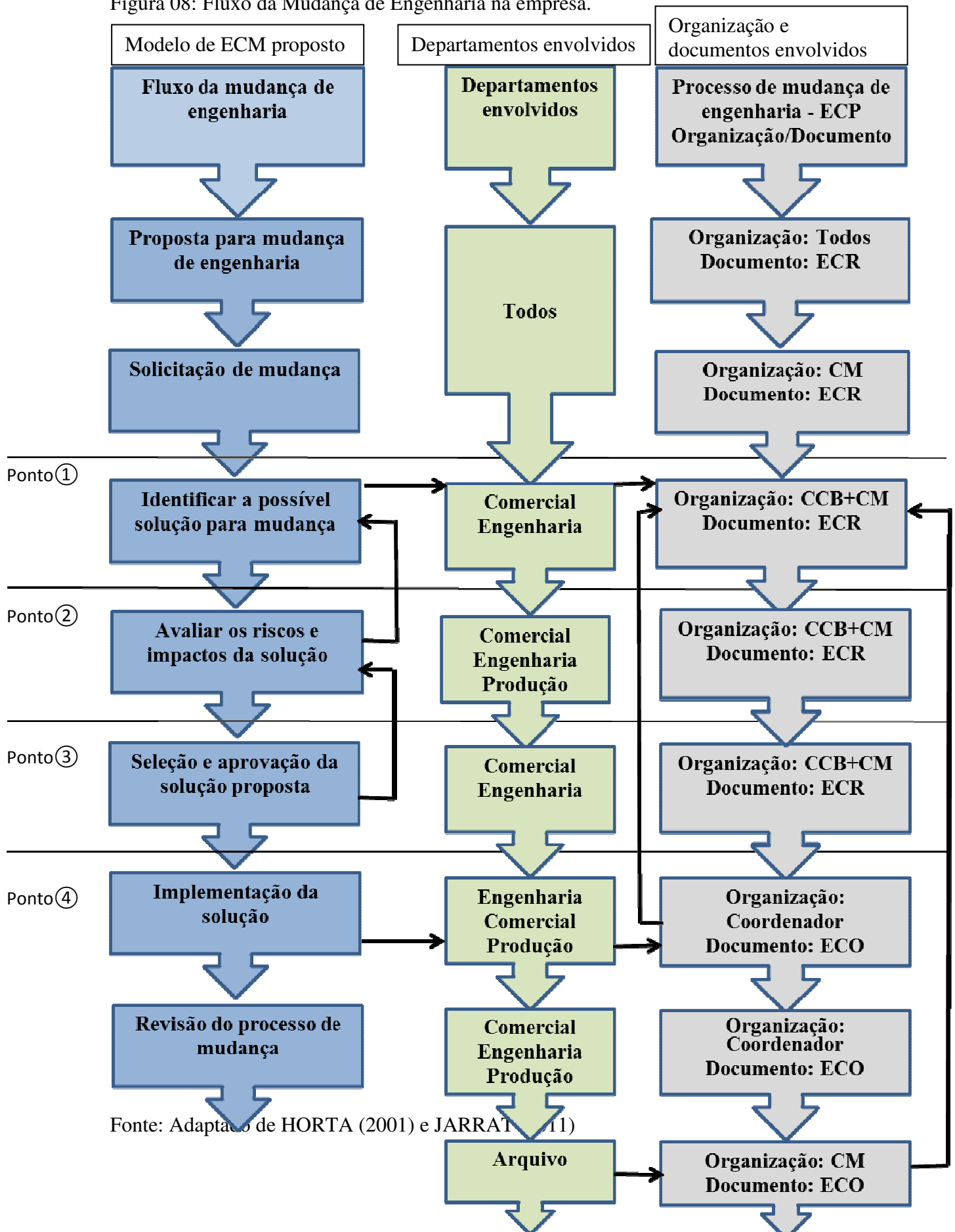
O CCB vai validar ou solicitar mais informações. Identificada a melhor solução, o passo seguinte é verificar qual seu impacto. O CCB é responsável pelo impacto da solução, o documento utilizado é o ECR que neste ponto já teve a solução identificada pelo CM. Abaixo os itens que foram considerados pelo CCB e pelo CM;

- Viabilidade econômica: Neste caso foram considerados: a redução de custo, o tempo de produção, a relação custo-benefício e a margem de lucro.
- Cronograma de produção: o lead-time (tempo de obtenção do produto), quanto menor, mais rápido é entregue ao cliente.
- O impacto nos fornecedores e os estoques existentes: Neste caso o fornecedor da matéria prima mais importante é a matriz da empresa que fabrica os painéis de tela. Os outros materiais são de uso comum e podem ser utilizados nos outros produtos que a empresa comercializa.

O Comitê de Engenharia, neste caso o CCB analisa cada mudança, fazendo uma análise custo-benefício para a empresa como um todo e, em seguida, concede ou não a aprovação para implementação. Na implementação da solução existe a figura do Coordenador de Produção, o documento utilizado é o ECO, que traz as informações necessárias para a

solução do problema. No caso da tela a ECO trata das alterações e envolve a Produção e Montagem da tela no usuário.

Figura 08: Fluxo da Mudança de Engenharia na empresa.



Fonte: Adaptação de HORTA (2001) e JARRAT (2011)

Em seguida é descrito como foi realizada a ligação entre o estudo de Jarrat (2011) com a empresa e o trabalho de Horta (2001), e como os documentos pertinentes à mudança da engenharia foram utilizados durante o desenvolvimento do estudo.

Ponto 1: A mudança de engenharia tem necessidade de alterar os documentos pertinentes ao produto. Estas alterações precisam ser registradas via sistema ou por processo manual, neste caso, a opção foi pelo processo manual, uma vez que o problema era específico para as peças das máquinas utilizadas em um determinado país, o Brasil.

A solicitação da mudança é feita através do ECR, onde é informado o problema e a solução possível. Todos os departamentos podem criar uma ECR. As ECRs são analisadas pelo CM e após avaliação pode continuar ou não o processo, no caso positivo é determinada a sua prioridade.

Ponto 2: O CM apresenta ao CCB, as ECRs prioritárias. O CCB avalia os riscos e impactos da solução. O CCB, neste caso, é composto pelos departamentos de Engenharia e Comercial, e também contam com a Engenharia da matriz. No caso da tela nova as pessoas são fixas, isto é, sempre as mesmas.

Ponto 3: O CCB em conjunto com o CM selecionam e aprovam a solução para o caso específico. O relatório é anexado a ECR e segue para o ponto quatro.

Ponto 4: Neste ponto é criada a ECO e no caso da tela surge a figura do Coordenador de Produção que vai implementar a solução. A tela é fabricada dentro das especificações que constam na ECO. Após a liberação final pelo Controle de Qualidade o Coordenador de Produção encerra a ECO e entrega para o CM.

O CM revisa o processo de mudança e arquiva a ECR e a ECO.

4.5 Análise dos parâmetros modificados no produto “tela de centrífuga”

Neste tópico são apresentadas as mudanças realizadas nos cestos de centrífuga, considerando todo o período apresentado na figura 07.

A área comercial vende a tela para o cliente/usuário final, que informa qual a centrífuga que será montada a tela. Ocorre que varias centrifugas perderam a condição original por motivos desconhecidos em função do próprio desgaste por uso ou problemas de manutenção. A maioria dos clientes/usuários não informa ou não sabe desta situação. Neste ponto temos duas situações: a centrifugas que utilizam as telas já padronizadas e as que por

motivo de reforma necessitam de uma tela sob medida, neste caso é necessário conseguir as novas dimensões.

A Solicitação de Mudança de Engenharia segue um modelo padrão através de formulário impresso - ECR. A razão da mudança e o tipo de alteração também são informados. O CM é uma pessoa da Engenharia e faz a primeira avaliação, podendo ou não continuar o processo. O CM é sempre o mesmo para o caso das telas.

As demandas de alteração surgiram durante o levantamento das medidas das centrífugas ao longo do tempo.

É importante mencionar que, inicialmente, a empresa concentrou a comercialização nas centrífugas da Mause e da Vetek, devido ao maior parque instalado. A Mause tem cinco modelos de centrífugas com três ângulos diferentes para o cesto e, por consequência, para a tela. A Vetek possui dois modelos de centrífugas, mas como não possui engenharia, cada máquina tem uma medida diferente. Para efeito de fabricação da tela, ficou decidido que a tela de referência seria as das centrífugas da Mause.

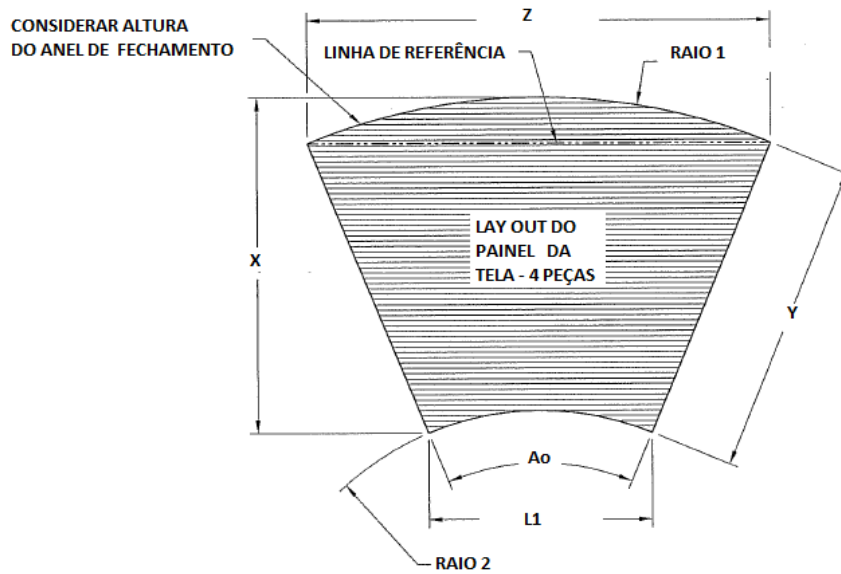
O CM e o CCB são os responsáveis pela identificação da solução. O documento utilizado é o ECR. O foco está nas ECRs prioritárias e como o CCB analisa a viabilidade da mudança.

O processo de fabricação da tela consiste "desenvolver" um cesto cônico (tela nova) em quatro partes iguais. Cada parte da tela tem origem numa placa plana que será recortada e soldada formando um cone. Nas partes superior e inferior do cesto (tela nova), as pontas do arame ficam expostas havendo a necessidade de colocar material para eliminar o contato com as pontas. Na parte superior, onde o diâmetro é maior, é soldado um anel de formato cilíndrico e na parte inferior é soldado um anel de chapa que tem área de contato para ser pressionado pelo anel de aceleração ao cesto da centrífuga, fixando a tela na centrífuga. Em seguida as figuras ilustram o processo de fabricação da tela.

A tela é formada por quatro segmentos que são soldados no formato de cone, a figura 09 mostra um segmento do cone.

O fabricante utiliza os termos "tela nova", "cesto", "tela contínua" e "tela" com o mesmo significado.

Figura 09: Lay out do segmento da tela.

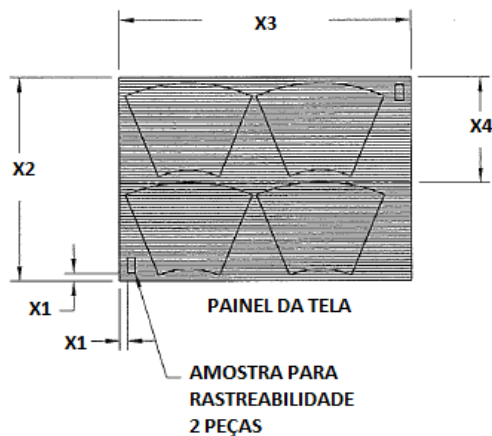


Fonte: Autor

A matéria prima para construção da tela chega na forma de painéis. Cada painel tem quatro segmentos que serão recortados para montar a tela em formato de cone.

O controle de qualidade retira duas amostras de cada painel conforme indicado acima para rastreabilidade.

Figura 10: Painel da tela preparada para o corte.



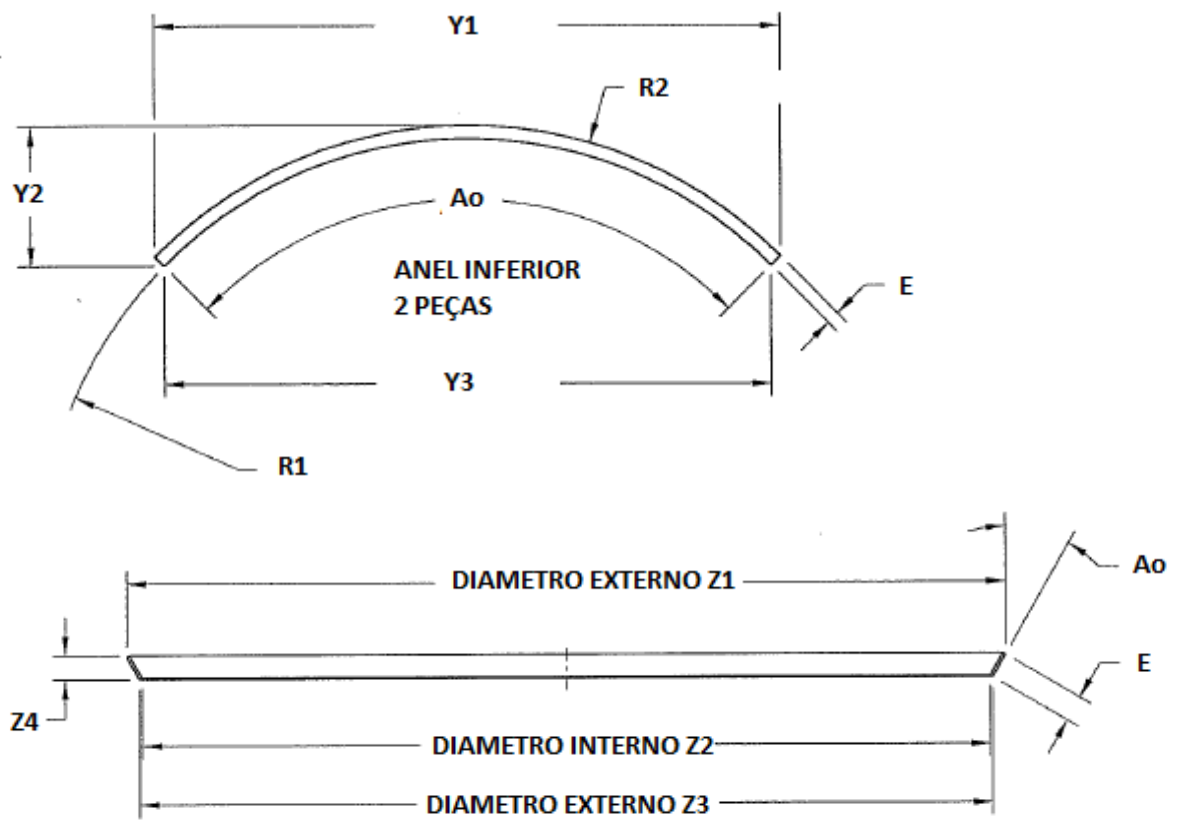
Fonte: Autor

Após a fabricação do cone o próximo passo é chamado de fechamento superior e inferior do cone, uma vez que as pontas dos arames da tela ficam expostas, podendo provocar acidentes.

O fechamento superior, diâmetro maior, é feito com arame redondo soldado em todo o diâmetro da tela, é chamado de anel de fechamento superior.

O fechamento inferior, diâmetro menor, é feito com chapa de aço inox, é chamado de anel inferior ou anel interno.

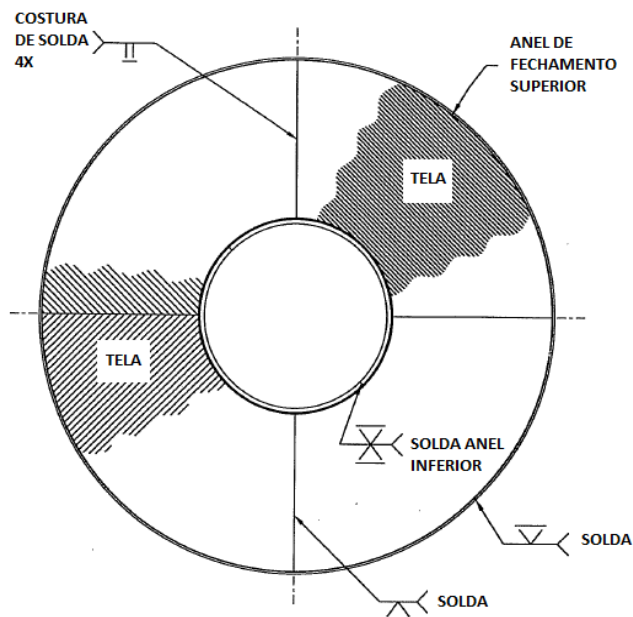
Figura 11: Anel de fechamento inferior.

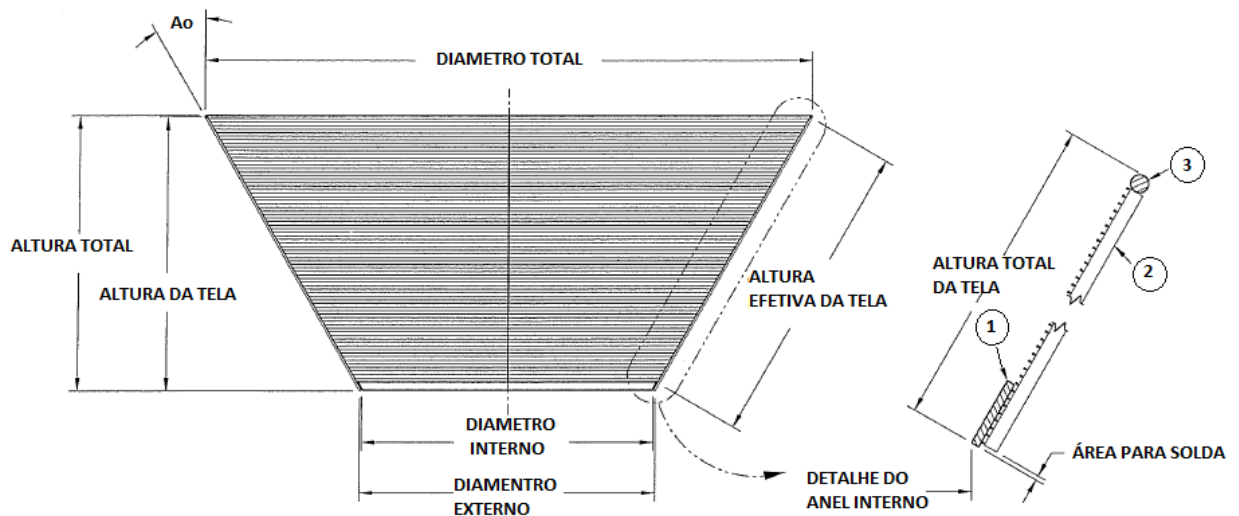


Fonte: Autor.

A figura 12, abaixo, mostra a tela montada, os quatro segmentos de tela, o anel de fechamento superior e o anel inferior ou anel interno.

Figura 12: Tela nova montada.





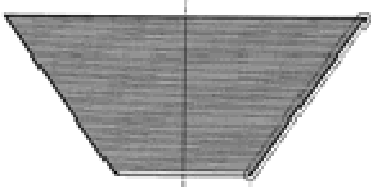
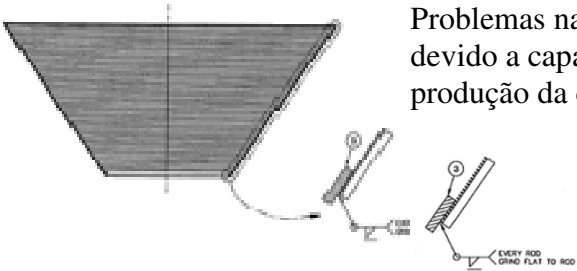
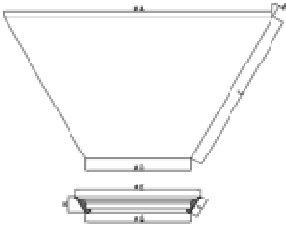
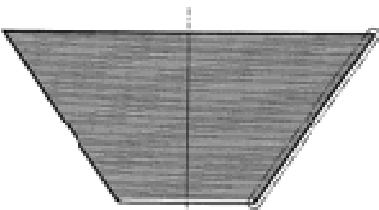
- 1 – Anel inferior
- 2 – Tela
- 3 – Anel superior

Fonte: Autor.

As primeiras telas fabricadas no Brasil foram reprovadas na fábrica. O motivo foi a ovalização dos diâmetros superior e inferior. A solução encontrada foi à confecção de dispositivo de soldagem e maior rigor no controle de qualidade nestes itens. A ovalização ocorre devido à grande quantidade de solda aplicada numa tela de pequena espessura e grande dimensão. Este tipo de problema já havia sido informado pela matriz, e os dados do dispositivo foram enviados para a filial do Brasil. O diâmetro do anel inferior varia entre quatrocentos milímetros e seiscentos milímetros e o diâmetro do anel superior varia de um mil e duzentos milímetros até um mil e seiscentos milímetros.

Em seguida é mostrado na Tabela 10 as mudanças no projeto da tela nova e os detalhes de fixação que também foram alterados. A referida tabela consolida as alterações realizadas na tela nova, as quais são discutidas a seguir.

Tabela 10: Parâmetros alterados no projeto inicial para tropicalizar a tela

DESENHO	TELA NOVA - INÍCIO	TELA NOVA - FINAL
	DIMENSIONAL: Comprimento x Altura x Largura – e ângulo não compatíveis com as centrífugas do Brasil, na maioria dos casos.	DIMENSIONAL: Comprimento x Altura x Largura – e ângulo conforme as centrífugas do Brasil.
	ANEL INFERIOR : Problemas nas dimensões devido a capacidade de produção da centrífuga.	ANEL INFERIOR: Dimensões modificadas na espessura e na largura, permitindo maior área de contato com o disco de fixação / aceleração.
	FIXAÇÃO INFERIOR: A tela era fixada na parte inferior pelo disco de fixação/aceleração, mais um adaptador.	FIXAÇÃO INFERIOR: A tela é fixada na parte inferior pelo disco de fixação/aceleração
	GARRAS DE FIXAÇÃO SUPERIOR: A tela era fixada na parte superior com quatro a seis garras. O processo de fabricação e a vibração da máquina causavam atrito e a garra perfurava a tela.	GARRAS DE FIXAÇÃO SUPERIOR: A fixação por garras foi eliminada.

Fonte: Autor

- Dimensional: A geometria da tela utilizada no Brasil é diferente da utilizada nos Estados Unidos, isto foi confirmado principalmente com relação ao ângulo da tela. Os fabricantes de centrífugas tem como base as centrífugas europeias e não as americanas.

- Anel inferior ou anel interno oferece a área de apoio para fixação da tela. O disco de aceleração da centrífuga é montado na parte interna da tela e fixado no corpo da centrífuga por parafusos. Ver figura 06. A parte externa da tela fica apoiada na contra tela da centrífuga.
O anel inferior foi modificado porque ocorria vazamento de massa pela diferença de altura entre o anel e a tela. A solução encontrada foi soldar o anel inferior paralelo com a tela, o que evitou o vazamento de açúcar.
- Fixação inferior: a condição inicial de fixação da tela utilizava um adaptador que foi eliminado devido a alteração na nova posição da solda do anel inferior citado acima.
- Garras de fixação superior: A tela de níquel por ser segmentada é necessária a fixação na parte inferior e na parte superior da tela. A parte inferior é fixada por baixo do anel de aceleração e a parte superior por garras, que fixam os segmentos da tela. Inicialmente a tela nova utilizava as garras para fixação superior. Como a tela nova é uma peça única e é fixada na parte inferior por um anel decidiu-se eliminar a utilização das garras.

4.6 Revisão do processo de mudança e arquivo

O produto, tela nova e os processos de fabricação e montagem, neste caso, são constantemente revisados e por consequência devem ser gerenciados.

Até o momento, as revisões referentes à montagem não sofreram alterações, o mesmo não aconteceu com a tela nova. No caso das máquinas centrífugas, que são padronizadas, a tela nova já está definida. No caso das máquinas reformadas, em alguns casos a tela nova não consegue ser montada. Nestas situações, a solução encontrada é o levantamento das informações necessárias para a fabricação da tela, gerando o que a empresa chama de revisão.

Todas as revisões geram relatórios com informações que podem seguir para a Engenharia e o processo é retomado do início, ou o relatório segue para o arquivo que também fica na Engenharia.

A Engenharia tem banco de dados para cada centrífuga, onde constam as telas modificadas e a padrão. Quando a área Comercial necessita de uma tela para teste, anexo à solicitação vem a informação do tipo de tela, isto é, se é padrão ou modificada. O cliente é

que informa o tipo de tela, no caso da tela ser modificada é necessário o levantamento de dados para fabricação.

A fabrica de açúcar trabalha com pessoal safrista, isto é, com contrato temporário, e o mesmo funcionário pode não ser contratado para a próxima safra, neste ponto a informação é perdida, sem contar que a maioria das usinas não tem os manuais dos equipamentos. Este é o motivo da necessidade da busca da informação no local, o que impacta no custo final.

4.7 Os resultados do uso do ECM

Com a utilização do ECM foi possível realizar a tropicalização da tela nova, a área comercial ficou responsável em produzir os ECRs e fazer as primeiras criticas/análises das informações contidas no formulário de ECR. A tela nova que veio dos Estados Unidos e foi montada com sucesso, foi a de menor tamanho da Mause. Todas as outras telas “novas” foram desenvolvidas no Brasil. O ECR mostrou que o maior problema estava situado no levantamento do dimensional da tela, principalmente na altura efetiva da tela e no angulo, conforme mostrado na Figura 12. As telas “novas” tem tamanhos diferentes e as telas “novas” maiores tem maior custo e demandam maior tempo para fabricação.

No momento existe somente uma ECR aberta, que a empresa pediu para não divulgar os detalhes.

Na análise dos documentos pelo CCB fica claro a existência de famílias de telas:

- Família Mause – cinco tamanhos de telas com três ângulos diferentes, fazendo um total de quinze telas diferentes.

- Família Fives Lille: um tamanho de tela com um angulo constante.

- Família Vibromaq: um tamanho de tela com um angulo constante.

- Família Vetek e diversos: dimensional deve ser obtido caso a caso, não existe padrão.

- Família de centrifugas importadas: dimensional deve ser obtido caso a caso.

- Família de maquinas reformadas: dimensional deve ser obtido caso a caso.

Após o acerto do dimensional novos problemas começaram a surgir, a alteração do anel inferior, a fixação pela parte inferior e a eliminação das garras de fixação superior, todos eles abordados pela mudança de engenharia e solucionados com sucesso. Sob o ponto de vista

da produção a alteração do anel inferior e a fixação pela parte inferior permitiu um ganho maior na retenção dos cristais de açúcar.

As empresas que não possuem padrão de produção, tipo Vetek, diversos e máquinas reformadas, implicam em maior dificuldade na tropicalização, por outro lado a quantidade de telas que não montam no cliente foi reduzida em grande parte.

A documentação para levantamento de informações no campo foi sistematizada, padronizada e inserida num banco de dados. Toda vez que chega uma nova solicitação para produção da tela nova, é possível verificar se o projeto já existe ou se haverá necessidade de novo projeto.

A padronização trouxe a redução de custo sob a ótica de redução de retrabalhos e logística, o leva e traz da tela. Outro item foi a criação de dispositivos para padronização que são usados em todas as famílias de tela.

A tropicalização também agregou valor ao cliente uma vez que a tela é montada somente uma vez durante a safra e tem vida útil estimada de três safras com retorno de investimento em uma safra.

Outros itens de grande importância para este trabalho:

- - O quantitativo de telas alteradas por tipo de problema:

Os tipos de problemas encontrados:

- anel inferior: a solução foi replicada para todas as telas;
- fixação inferior: a solução foi replicada para todas as telas;
- garras de fixação superior: a solução foi replicada para todas as telas.

É possível afirmar que aproximadamente oitenta por cento das telas de centrifugas em uso já tem a documentação pronta para produção, os vinte por cento restantes estão sendo levantados caso a caso.

- - A influência da tela no processo de produção:

No apêndice item 8.2 – Questionário de coleta de dados é mostrado os dados de produção num determinado momento sem a tela nova. No momento estes dados somente informam se a produção do açúcar VHP está dentro do padrão solicitado pelo cliente. A tomada de amostra após a tela nova, não é padronizada, algumas empresas fazem análise de cada centrifuga e outras fazem análise global, isto é, de todas as centrifugas juntas. Nas visitas pós venda, somos informados pelos responsáveis pela área de açúcar que ocorreu uma melhora na pureza do mel final na ordem de dois a quatro por cento em média, este número é encontrado após análise do laboratório da usina, isto é, a tela nova recuperou mais açúcar. A empresa não liberou a divulgação dos relatórios após o uso da tela nova.

O ganho em pureza é utilizado pela área comercial como argumento de venda.

4.8 Aplicabilidade dos conceitos e técnicas de mudança de engenharia

Sumarizando o resultado desta pesquisa, entende-se o seguinte quanto aos conceitos e técnicas de mudança de engenharia:

- 1- Change Manager – CM – conforme discutido, em 2012 foi instituído a figura de um CM, tendo como primeira função organizar as informações sobre o assunto telas para centrifugas. O próximo passo foi criar um formulário onde as informações seguem um roteiro. A padronização de grande parte das informações deu origem a um banco de dados, gerenciado pelo CM, otimizando a produção e evitando trabalho em duplicidade. Portanto, o conceito teve forte aplicabilidade no caso aqui apresentado.
- 2- Configuration Control Board – CCB – a figura do CCB foi instituído em 2012, na mesma data do CM. É responsável pelo impacto da solução, analisa a viabilidade econômica, o cronograma de produção e o impacto nos fornecedores e nos estoques existentes, a partir daí vai validar ou solicitar mais informações definindo ou não a solução. O passo seguinte é verificar a implementação da solução. O CCB também ajudou na fabricação criando dispositivos que podem ser aplicados em todas as telas independente do tamanho, sendo importante para o processo de mudança de engenharia,
- 3- A Mudança de Engenharia - EC (Engineering Change) – O nome mudança de engenharia não foi bem recebido, somente com a adoção do termo tropicalização é que o projeto evoluiu. Esta evolução está descrita deste ponto em diante. A função do autor deste trabalho estava na montagem da tela, como não montou o erro foi do montador e não da peça. O problema foi parcialmente resolvido quando verificou-se que o dimensional da centrifuga não permitia a montagem da tela, mas não havia condição de fabricar a tela no Brasil. A matriz enviou técnico, matéria prima e dispositivos para fabricação da tela, a área comercial buscou as dimensões das centrifugas com maior parque instalado e foram produzidas seis telas. O problema continuou parcialmente resolvido, não havia conhecimento da interferência da tela no processo de fabricação. Durante a operação da tela

surgiram novos problemas. Numa reunião sobre os problemas apresentados pela tela foi decidido que a tela tinha necessidade de ser tropicalizada. Deste ponto em diante a mudança de engenharia recebeu o nome de tropicalização e começou a ser implantada na empresa.

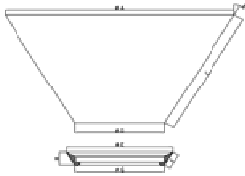
- 4- Pedido de mudança – ECR (Enginnering Change Request): Inicialmente os problemas da tela foram tratados informalmente, praticamente sem registros. Após a fabricação da tela no Brasil não havia mais motivo de preocupação por parte da Engenharia, acontece que durante a produção de açúcar a tela apresentou problemas. As áreas Comercial e a Engenharia sabiam que havia necessidade de tropicalizar a tela. Sob a orientação do CM foi criado um formulário que reúne as informações necessárias para a tropicalização. Um banco de dados foi criado com estas informações. A matriz adotou o formulário, (a empresa não permitiu divulgar o formulario). O ECR é de vital importância para a tropicalização, ele detectou que uma empresa não tinha padrão definido e que as centrifugas reformadas normalmente perdem as características originais, tendo a necessidade de levantar os dados caso a caso, e já é notado que as modificações dependem do prestador de serviço, este trabalho, padronização por prestador de serviço, esta na fase inicial.
- 5- Autorização de mudança – ECO (Enginnering Change Orders): A autorização de mudança envolve o CM e o CCB, que são as partes interessadas na solução do problema. O ECO é o documento que descreve a alteração de engenharia aprovada e a autorização para implementar ou mudar o produto e sua documentação. O ECO implementa a solução, registra e arquiva os documentos relacionados com a tela. No caso deste estudo quem implanta a solução é um coordenador de produção utilizando o ECO, que é a base da folha de processo.
- 6- Processo de mudança – ECP (Enginnering Change Process): O processo de mudança de engenharia, aqui chamado de tropicalização, envolve vários departamentos, tem início na proposta de mudança que pode ser feita pelo cliente ou pelo departamento comercial, a solicitação pode ou não ser aprovada pelo CM, em caso positivo o CM e o CCB identificam uma solução possível, avaliam os riscos e impactos, selecionam e aprovam a solução. Um coordenador ligado a produção implementa a solução. Após

um tempo determinado, uma safra canavieira – nove meses, é feita uma revisão no processo de mudança. É o caminho realizado pela mudança.

- 7- Gerenciamento da Mudança de Engenharia – ECM (Engineering Change Management), no caso deste trabalho os problemas ou oportunidades estão relacionadas com o produto, Na empresa existe a figura do CM, que assume o gerenciamento de mudanças de engenharia. O gerenciamento envolve desde a solicitação de mudança até a revisão do processo e arquivo da documentação. É quem faz a tropicalização ter sucesso.

A Tabela 11 a seguir mostra as soluções encontradas após o uso da mudança de engenharia.

Tabela 11: Problema x solução

PROBLEMA		
ITEM		SOLUÇÃO com uso da ECM
Dimensional	As dimensões das centrífugas em operação no Brasil são diferentes das encontradas nos Estados Unidos.	Identificar os fabricantes de centrífugas. Separar as centrífugas por família. Fazer os projetos das telas novas para cada centrífuga.
Anel Inferior	Vazamento de massa pela parte debaixo da tela	Soldar anel inferior paralelo ao corpo da tela.
Fixação Inferior	Como fixar a tela na parte inferior da centrífuga.	Fixar a tela nova pelo anel de aceleração.
Fixação superior	Como fixar a tela na parte superior da centrífuga.	Eliminar o uso das garras de fixação superior, fixar a tela somente pela parte inferior.

Fonte: Autor

Um breve resumo esta na Tabela 12 onde é feita a comparação entre o antes e o depois da aplicação dos conceitos de mudança de engenharia, onde deixa claro a evolução no encontro da solução dos problemas encontrados e como estas soluções passaram pelas pessoas envolvidas, foram produzidas/fabricadas, aprovadas e chegaram até o cliente.

A troca do termo mudança de engenharia para tropicalização ajudou no sucesso do trabalho. Fica a sugestão deste item ser considerado na implantação da mudança de engenharia em novos projetos.

Tabela 12: A implantação da mudança de engenharia neste trabalho.

A implantação na pratica	
Antes da aplicação dos conceitos de mudança de engenharia	Depois da aplicação dos conceitos de mudança de engenharia
Informava a engenharia da necessidade de mudança	O pesquisador "pega" as medidas no cliente
Fazer relatório de montagem da tela informando sucesso ou não. O relatório tem somente numero sequencial e cliente. acompanhamento por cliente.	Neste caso o relatório de montagem será a ECR, e acompanha dimensões da tela com fotos e comentários
A Engenharia envia um funcionário ao cliente para obter informações e avaliar os riscos.	O CCB e o CM analisam a informação e fazem as avaliações necessárias.
A Engenharia autoriza a fabricação	A solução dá origem ao ECO, onde são registradas as informações das mudanças necessárias.
A tela nova é fabricada	O Coordenador em posse da ECO autoriza a produção
A área comercial recebe a informação que a tela nova esta pronta para ser enviada ao cliente final. E também responsável pela montagem e acompanhamento do desempenho da tela nova	O CM é responsável pelo arquivo dos documentos gerados.

Fonte: Autor

Antes da aplicação dos conceitos de mudança de engenharia:

O departamento de Engenharia e a área Comercial eram os atores envolvidos e não eram pró ativos, os registros eram fornecidos pelo cliente e creditados como verdadeiros dando origem a fabricação da tela nova, sem confirmação no local pela empresa. As

informações ficavam dispersas onde despertou a necessidade da busca de uma ferramenta para auxiliar na solução do problema.

Depois da aplicação dos conceitos de mudança de engenharia:

O uso do ECM – mudança de engenharia foi a ferramenta selecionada e implantada para a solução do problema, como citado anteriormente a mudança de engenharia foi a ferramenta utilizada para a tropicalização. A implantação na prática deixa de ser informal e passa a ser documentada e discutida para seleção, aprovação, implementação e revisão do problema. As informações dão origem a um banco de dados que irá ajudar na solução de problemas no futuro.

A mudança de engenharia deixa claro que: “Não são todas as tecnologias que farão o mundo melhor, mas sem tecnologia o mundo definitivamente não será melhor” (THIEL, 2014).

5. CONCLUSÃO

Este capítulo fornece um resumo das principais contribuições do trabalho apresentado nesta dissertação. Ele destaca as aplicações em áreas que podem se beneficiar a partir deste trabalho. Ele também discute as direções para pesquisas futuras.

A aplicação dos conceitos e técnicas de mudança de engenharia foi necessária para a realização deste trabalho, uma vez que vários parâmetros do projeto original para a tela de centrifuga de processamento de açúcar da cana não atendiam às condições existentes no Brasil, o resultado final denominamos de tropicalização. Os itens considerados neste estudo foram:

- Identificar os pontos importantes do processo de mudança de engenharia que tenham impacto significativo no aspecto da tropicalização de peças, produtos e equipamentos;
- Mostrar o passo-a-passo da tropicalização da tela nova utilizada em centrífugas contínuas para produção de açúcar: o levantamento de dados para fabricação da tela de acordo com as diferentes geometrias das centrífugas em uso, os diferentes tipos de produto final, a concepção da tela tropicalizada, a aplicação, os problemas e resultados encontrados.

Os estudos de Jarrat (2011) e Horta (2001) são utilizados como referencia para a busca da solução com base na mudança de engenharia. Por outro lado a informalidade é a realidade encontrada nas indústrias brasileiras e o ECM tem na organização um dos pontos fortes.

A vantagem foi o compromisso dos colaboradores para as mudanças. A investigação para identificação da solução trouxe a certeza que o produto – tela nova – teria a necessidade de adaptação para uso, na pratica deu inicio à tropicalização, isto é, uma solução específica para os equipamentos encontrados no Brasil.

Os passos utilizados para a tropicalização foram adotados pela matriz para futuras alterações/mudança de engenharia.

5.1 Perspectivas para pesquisa futura

A mudança de engenharia faz parte do desenvolvimento de produto e sob o ponto de vista acadêmico pode contribuir de maneira significativa para prevenir erros em desenvolvimento de produto. Esta afirmação mostra a existência de oportunidades para profissionais de engenharia fornecerem suporte na identificação de mudanças, nos mais diversos tipos de empresa. Portanto onde houver possibilidade de melhorar um produto a mudança de engenharia estará presente, até com o nome de “tropicalização”.

6. BIBLIOGRAFIA

Açúcares e xaropes, 2008. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/83.pdf> Acesso em 19/08/2012 - 16h55m).

ALMEIDA, F. L. e MIGUEL, P. A. C., The First Stage of a Proposal of a Theoretical Model for Managing a New Product Development Process. Product: Management & Development Universidade de São Paulo, v. 5, Junho 2007, p.57 a 64.

ALMEIDA, Jose Assumpção Rodrigues de. Elaboração de um método para melhoria de fluxos de informação usando princípios da mentalidade enxuta e reengenharia de processos. 2009. 169p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos.

ANGERS S., Changing the rules of the “change” game – employees and suppliers work together to transform the 737/757 production system. Boeing Frontiers, v.1. Maio 2002, p.1 a 2.

ARGAW W. G. A. et al. Automatic Measurement of Crystal Size Distribution Using Image Processing. SASTA, University of KwaZulu – Durban – South Africa, 2006, p. 399 – 411.

BENEDETTO NETO H., CARVALHO, SERGIO DE S.A. Artigo – ECM. – Engineering Change Management. 2006. Disponível no Portal Engenharia de Produção. <<http://engenharia.alol.com.br/joomla/content/view/199/64/>> Acesso em 26/02/2013 – 15h33m).

BERTO, Rosa Maria Villares de Souza e Nakano, Davi Noboro, Metodologia da pesquisa e a engenharia de produção, v. Estratégia e Organização. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, ENEGEP, 1998. p. 1 a 7.

BIRD, R. B., STEWART W. E., Bird, R. B., LIGHTFOOT, E. N. – Transport Phenomena, Editora John Wiley, New York, 2002, 2a Edição, p. 190-191.

BIZARD, A. F. M.; SYMONS, D. D. Flow of wet powder in a conical centrifugal filter – an analytical model, Chemical Engineering Science, Elsevier, 2011, v. 66, Issue 23, p. 6014-6027.

CASTRO, SEBASTIÃO B. Tecnologia do açúcar, 1ª Edição, Pernambuco, Editora Universitária UFPE, 2007. p. 283 a 285.

CARVALHO, M. D. Proposta de um modelo de planejamento agregado da produção numa usina de açúcar e álcool vinculado à flutuação de preços em mercados à vista e no mercado futuro. 2009. 199p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

NOGUEIRA, LUIZ A. H. et all, Coprodutos del bioetanol de la caña de azúcar, Capítulo 4, In: Bioetanol de Caña de Azúcar, Energía para el Desarrollo Sostenible, 1ª Edição, Departamento de Divulgación del BNDES, Brasília, 2008. p. 113 a 121,

CHEN, JAMES C. P., Manual del azúcar de caña: para fabricantes de azúcar de caña y químicos especializados, Mexico, Editorial Limusa S.A, 1991, p. 438 a 448.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C, Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency and quality, New York; The Free Press, 1992, 347p.

BRASIL. CONAB. Perfil do setor de açúcar e álcool no Brasil – Situação observada em Novembro de 2007, Brasília, Abril/2008, 75p.

BRASIL, CONAB. Perfil do setor de açúcar e álcool no Brasil – Brasília, 2010. Safra 2008/2009, 77p.

BRASIL, CONAB. Perfil do setor de açúcar e álcool no Brasil – Brasília, 2013, v. 5, p1-88, 2013. Safra 2011/2012 – 88p.

DAVILLA, TONY, Epstein, Marc J., Shelton, Robert. As regras da inovação, Bookman Cia Editora, 2007, p.46 e 47.

DELGADO, AFRANIO A., Salgado, M. A. Azeredo, Apostila sobre Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana. Zanini, 1ª edição, 1977, p.913 a 936.

FERNANDES, A. CARLOS, Calculo na agroindústria da cana de açúcar, 3ª edição, São Paulo, Editora STAB, 2011. 416p.

GIL, Antonio Carlos, Como elaborar projetos de pesquisa – 5ª edição – São Paulo – Editora Atlas, 2010. 184p.

GORSHECK, T., DAVIS A. M., Requirements engineering: In search of the dependent variables, Science Direct - Information and Software Technology , Elsevier, 2007, v. 50, Issue 1-2, p.67 a 75.

GREIG, C., Studies on Continuous Sugar Centrifuges, Ph. D. Thesis, Department of Chemical Engineering, University Queensland, 1955, p 5.

HOORN, J. F. et all., Requirements change: Fears dictate the must haves; desires the won't haves, In: Selected papers from the 1st International Workshop on Requirements Engineering for Business Need and IT Alignment (REBNITA'05), The Journal of Systems and Software, Amsterdam, The Netherlands, v. 80. Issue 3, 2007, p. 328 a 355.

HORTA, L.C. DA, Caracterização do Processo de Mudança de Engenharia. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, p.143.

HUANG, G.Q. et all, Current practices of engineering change management in UK manufacturing industries, 1999, International Journal of Operations and Production Management, p. 21-37.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Manual de Recomendações: Conservação de Energia na Indústria do Açúcar e do Álcool. 1990, São Paulo, IPT, 796p.

- JARRAT, T. A. W. et al, Engineering change, an overview and perspective on the literature. 2011, Research in Engineering Design, v. 22, Issue 2, p.103 a 124.
- KOTLER, P., KELLER K. L., Apresentação de novas ofertas ao mercado, In: Administração de Marketing, 12a Edição, São Paulo, Editora Pearson, 2007, p. 636.
- KULKARNI, D. P., Centrifugal Separation, In: Cane sugar manufacture in India, The sugar technologists association of India, 2009, p. 326 a 345.
- LI, W., Modeling and Managing Engineering Changes in a Complex Product Development Process, 2012, (Tese de Doutorado em Mecânica e Engenharia Aeroespacial). Syracuse University, Syracuse, p. 206
- LOCH, C.H., C. TERWIESCH. Accelerating the process of engineering change orders: capacity and congestion effects, Journal of Product Innovation Management Elsevier Science Publishing Co. 1999, v. 16, Issue 2, p. 145–159..
- LOPES, CLAUDIO H. et. all. Centrifugação, In : Introdução a tecnologia agroindustrial, 1ª edição, Araras, Editora UFSCAR, 2009. p. 181 a 184.
- MARQUES, M.O.; MARQUES, T.A.; TASSO JÚNIOR, L.C. Tecnologia do açúcar: produção e industrialização da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 166 p.
- MEADE –SPENCER, GEORGE P. , Manual del azucar de caña, 1967. Editora Montaner y Simon, S.A. p. 940.
- MCENVOY, M. A. J.; ARCHIBALD, R. D., Increased capacity of continuous centrifugals on low grade massecuits – 1975. SASTA. Proceedings of The South African Sugar Technologists' Association South Africa – p. 80-85.
- MEDEIROS, FERNANDO, Centrifugação, In: Processo de fabricação de açúcar, Editora Universidade UFPE, 2011, p. 335 a 346.
- MENDES, G. H. S., O Processo de Desenvolvimento de Produto em Empresas de Base Tecnológica: Caracterização da Gestão e Proposta de Modelo de Referencia. 2008, (Tese de Doutorado em Engenharia de Produção) – UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos, p. 291.
- MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick, et al – Tópicos emergentes e desafios metodológicos em engenharia de produção, casos, experiências e proposições, 2009. ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção, São Paulo, v II, p. 544.
- NUSEIBEH, B., EASTERBOOK S., Requirements Engineering: A Roadmap, 2000, Department of Computing Department of Computer Science; Imperial College University of Toronto, p. 35 a 46.
- PALACIOS, T. M. B.; GONZÁLEZ, F. J. M. Assessing the Validity of New Product Development Techniques in Spanish Firms., 2002. European Journal of Innovation Management, v. 5, n. 2, p. 98-106.

PAYNE, J. H. Centrifugação, mel final e fatores de recuperação. In: Operações unitárias na produção do açúcar de cana, 2010. Editora Nobel/STAB, p. 139 a 154.

POEL, P. W. VAN DER.; SCHIWEG, H.; SCHWARTZ; Sugar technology – Beet and cane sugar manufacture, 1998. 1ª Edição, Editora Bartens, p. 1095.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBok Guide), 2004, p. 504.

QUINTANA, V., et al, Re-engineering the Engineering Change Management process for a drawing-less environment. Computer in Industry. 2012 – Journal Computers in Industry – v. 63, Issue 1, p. 79 a 90.

REDDI, K, R., MOON Y., A Framework for managing engineering change propagation. Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons. 2009 Syracuse University. p. 1 a 17.

REDDI, K, R., A Conceptual Framework and Simulation Modeling Of Engineering Change Management in a Collaborative Environment, 2011. (Dissertação em Engenharia Mecânica Aeroespacial), Syracuse University, p. 467.

REIN, P., Cane Sugar Engineering, 2007, 1a Edição, Editora Verlag Dr. Albert Bartens KG, 1a Edição, p. 768.

ROBILLARD, P. M., The Operation and Performance of Continuous Centrifugals, 1974. SASTA - Proceedings of The South African Sugar Technologists', Association and Sugar Milling Research Institute, South African, p. 24 a 33.

ROGÉ, B.; MATHLOUTHI, M.; BURZAWA, E.; GENOTELLE, J.; Centrifugal control and the quality of white sugar: Results from G.T.S, still of topics interest. Zentrifugenarbeit und Weißzuckerqualität: Ergebnisse des Groupement Technique de Sucreries noch immer zeitgemäß . In: XIth Symposium organized by Association Andrew VanHook, 2005, Reims/France, p. 1 a 10.

ROZENFELD, H. et al. Gestão do Desenvolvimento de Produtos – Uma referência para a Melhoria do Processo. 2006. Editora Saraiva, São Paulo, p. 542.

RUTKA et al. Methods for Engineering Change Propagation Analysis, 2006 – 25 th International Congress of the Aeronautical Science, p. 1 a 8.

SILVA, E. L. da, MENEZES, Estera Muszkat, Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação, 2005, 3a edição revisada e atualizada.– Florianópolis: UFSC Universidade Federal de Santa Catarina, p 138.

SWINDELLS, R., A Mathematical Model of a Continuous Sugar Centrifuge. 1982, Ph. D. Thesis, Department of Chemical Engineering, University Queensland. v. 2.

TAHARA, S. ECM – Engineering Change Management, 2008 – USP – NUMA, p. 1 a 3.

TERWIESCH, C. et al, Managing the process of engineering change orders: the case of the climate control system in automobile development. 1999. In: Journal of Product Innovation Management - INSEAD Working Paper Series. Fontainebleau, France. p. 160-172.

THIEL, P. De zero a um – O que aprender sobre empreendedorismo com o Vale do Silício, 2014. São Paulo, Editora Objetiva, p. 216.

VALERI, Sandro Giovanni. Estudo do método de aprovação de fases no processo de desenvolvimento de produtos em uma indústria automobilística. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, p. 109.

Yin, R. K. Estudo de caso – Planejamento e Método. 2001 – 2ª edição Bookman – p. 205.

WILEY J. and SONS,. Handbook of Sugar Refining: A Manual of the Design and Operation of Sugar Refining Facilities, 2000. 1a Edição, Editora Chung Chi Chou. p. 768.

7 - APENDICE

7.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE AÇÚCAR

Conceitos e definições

Alguns conceitos e definições básicos são necessários para homogeneizar a linguagem deste trabalho. Entre eles destacam-se:

- **Glicose e frutose:** são os açúcares que compõem a cana em menor quantidade. A partir deles só é possível a fabricação do álcool, uma vez que eles não sofrem o processo de cristalização.

- **Sacarose:** é o açúcar mais importante e sintetizado em maior quantidade pela cana. A partir dela é possível fabricação de açúcar em forma de cristais, assim como álcool.

- **Fibra:** é a parte sólida da cana formada pela celulose, lignina, vasos lenhosos, etc.

- **Polarização ou Pol.:** É a “porcentagem em peso de sacarose aparente” e sua determinação tem base no desvio de uma luz polarizada proveniente de uma lâmpada de sódio ou mercúrio, por substâncias opticamente ativas. O termo – sacarose aparente – informa que as soluções reais não são constituídas apenas de sacarose. É definida como a quantidade de sacarose, em porcentagem, presente na cana ou no caldo da cana.

- **Açúcares redutores (AR):** é a quantidade de massa de glicose e frutose presente na cana, em porcentagem.

- **Açúcar Redutor Total (ART):** fornece a quantidade de açúcar total: sacarose, frutose e glicose existentes na cana, em porcentagem.

- **Sólidos solúveis:** são todos os sólidos que se encontram dissolvidos no caldo da cana. Entre eles estão os açúcares, ac. (ácidos?) orgânicos, amidas, sais, gomas, pectinas, ceras, proteínas, etc.

- **Brix:** É o teor de sólidos dissolvidos numa solução açucarada, também conhecida como matéria seca (sólidos insolúveis). O teor de matéria seca no caldo de cana ou qualquer outro fluido industrial é expresso em porcentagem de peso, ou seja, gramas de sólidos dissolvidos por 100 g de solução. O Brix pode ser determinado por meio hidrométrico ou por índice de refração. Fornece a quantidade de sólidos solúveis contidos no caldo em porcentagem.

- **Pureza:** A Pureza de um solução açucarada consiste na relação entre o Pol e o Brix da solução, expressando a porcentagem de sacarose aparente em relação aos sólidos dissolvidos.

É definida como a quantidade de *sacarose* presente no caldo em relação ao total de sólidos solúveis.

- **Impurezas minerais:** são os detritos minerais carregados com a cana, na operação de corte e carregamento, provenientes do solo.
- **Impurezas vegetais:** são as impurezas de origem vegetal, provenientes da própria cana e de outras culturas que competem com ela.
- **Recuperação:** fornece a quantidade de sacarose que é extraída do caldo. O subproduto do processo de fabricação de açúcar é o mel, cujos componentes principais são os açúcares redutores (glicose e frutose) e uma quantidade remanescente de sacarose. Uma alta recuperação significa extrair grande quantidade dessa sacarose.
- **Teor alcoólico:** indica a quantidade de álcool presente numa solução. Essa medida é expressa em °G.L.
- **Laboratório PCTS:** laboratório para análise químico física da cana.

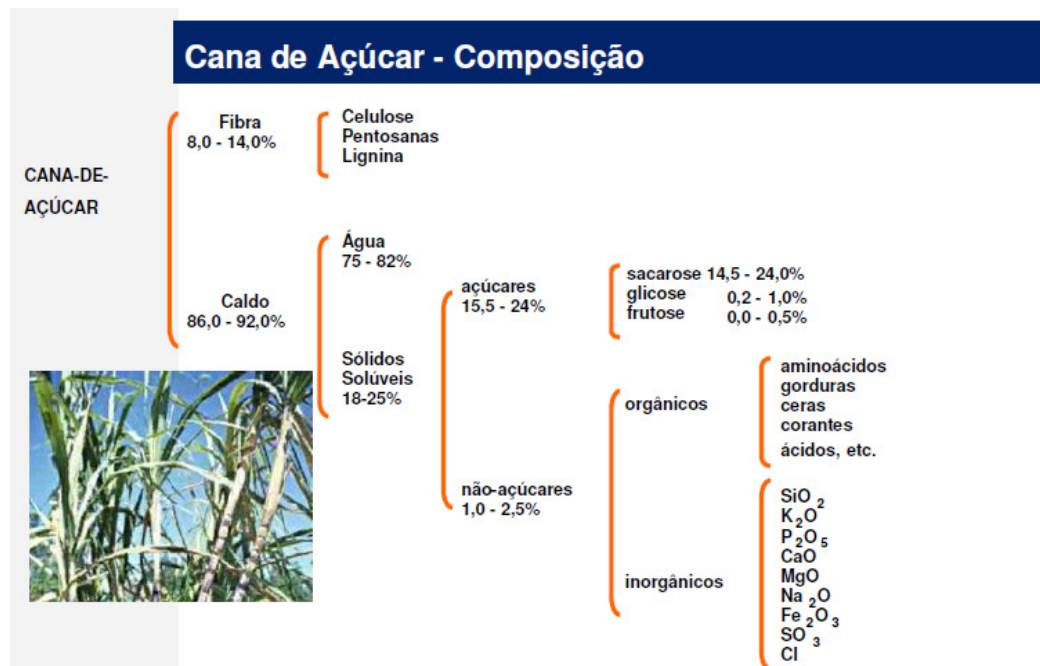
O processo de fabricação de açúcar

O açúcar pode ter como matéria prima a beterraba, principalmente na Europa e Leste Europeu, o milho nos Estados Unidos, a batata doce, que tem pequena produção em vários lugares do mundo, e finalmente, a cana de açúcar.

O açúcar produzido no Brasil vem de varias matérias-primas: batata doce no estado de Tocantins e no Acre, milho no estado de Mato Grosso, e a grande maioria do açúcar produzido tem como matéria prima a cana de açúcar.

A cana de açúcar tem na sua composição a sacarose que é um tipo de açúcar que cristaliza, o que não ocorre com a glicose e a frutose. A figura abaixo mostra a composição da cana de açúcar.

Figura13 – Composição da cana-de-açúcar



Fonte: Anotações de aula, Professor Oscar F. T. Paulino – Universidade Federal de São Carlos – Campus Araras – SP. Curso MTA. 2010.

A indústria sucroenergética é constituída basicamente de duas grandes empresas: a agrícola e a indústria. A unidade agrícola é quem fornece a matéria prima – cana de açúcar – para a indústria. A função da indústria é esgotar ao máximo possível as possibilidades de uso e transformação da cana de açúcar em consumíveis. Um destes consumíveis é o açúcar nas suas mais diversas formas.

A cana de açúcar é transportada para a indústria de varias formas. A mais usual é por caminhão (bitrem, treminhão). Temos outros meios que são via fluvial e por trem, mas este último não é utilizado no Brasil.

A cana que chega à usina vem da seguinte forma: cana crua picada, cana crua inteira, cana queimada picada e cana queimada inteira. A cana é descarregada numa esteira metálica e em alguns casos existe a chamada limpeza a seco, separando as impurezas minerais (areia e terra) das vegetais (palha, pontas, palhiço), segue para os picadores e posteriormente desfibradores. A cana desfibrada segue por uma esteira de borracha chamada de esteira rápida. No meio desta esteira temos um eletroímã que retira os itens metálicos que acompanharam a cana, (peças de maquinas, caminhões, entre outros) no final da esteira temos um espalhador de cana, que tem a função de eliminar os possíveis blocos de cana.

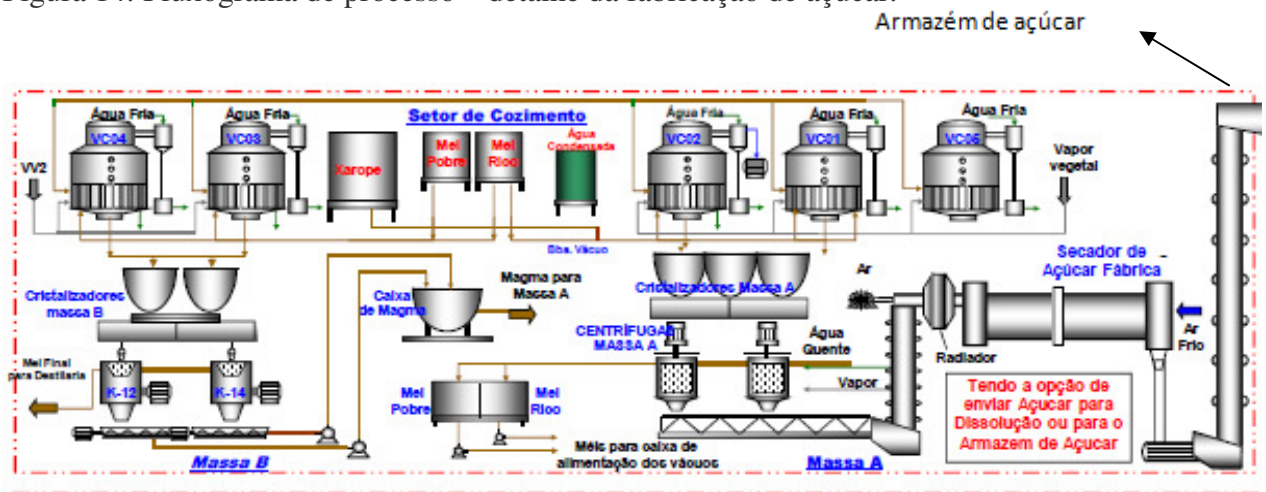
O passo seguinte é a extração, que pode ser via ternos de moendas, mais usual, ou por difusor. Neste momento, temos dois produtos: O caldo da cana e o bagaço. O bagaço segue para a queima na caldeira (está em desenvolvimento o uso do bagaço para fabricação de etanol de segunda geração – álcool 2G). O caldo de cana dependendo da necessidade de produção do dia segue para a fábrica de açúcar ou para a destilaria.

A figura a seguir mostra uma fábrica de açúcar para duas massas (massa A e massa B). Na fabricação de açúcar o caldo evaporado chega ao tanque de xarope, que pode ou não receber também os méis pobre e rico. Esta mistura vai para os cozedores (VC – Vácuo – VC03 e VC04) de massa B, que são aquecidos com o Vapor Vegetal 2 (VV2), durante o aquecimento tem início a cristalização do açúcar e a parte que evapora é água com açúcar que recebe a água fria para diluição e facilitar o transporte por bomba, retornando ao tanque de xarope. A massa vai para os cristalizadores onde os cristais crescem até o tamanho desejado. É formada a massa B e uma camada de mel envolve o cristal de açúcar. A separação é feita por centrífugas contínuas (K12-K14). A tela que faz a separação sólido – cristal de açúcar – do mel, é componente da centrífuga contínua e objeto deste estudo. Após a centrifugação temos o mel final e o magma. O mel final é constituído de água e uma pequena quantidade de açúcar que não foi separada na centrífuga contínua. Como a recuperação deste açúcar é mais difícil, o mel final vai para a destilaria. O magma tem alta concentração de cristais de açúcar e na saída da centrífuga cai na rosca transportadora e por bombeamento vai para a caixa de magma ou magmeira onde fica aguardando para ser cozido novamente. O cozimento acontece nos VCs 01, VC02 e VC06 e são aquecidos com VV – vapor vegetal – novamente temos uma parte que evapora arrastando cristais de açúcar, recebendo água fria para diluição e facilitar o transporte por bomba, retornando ao tanque de xarope. A parte cozida recebe o nome de massa A, e tem alta concentração de açúcar, novamente é cristalizada e centrifugada. Neste ponto temos 3 (três) produtos – o mel rico, o mel pobre com concentração de açúcar, e o açúcar propriamente dito. Os méis são bombeados para os tanques de mel e o açúcar vai para os secadores de açúcar.

O açúcar que chega aos secadores esta quente e úmido, ele é transportado por rosca e elevadores de caneca para açúcar úmido. Na entrada do secador um radiador tem como função esquentar o ar para retirar a umidade do açúcar, No secador o açúcar após passar pela região quente segue para a região fria onde recebe ar frio para secagem final do açúcar.

O transporte do açúcar seco é feito por rosca transportadora e elevadores de caneca, daí para frente o açúcar vai para o armazenamento via esteira de borracha.

Figura 14: Fluxograma de processo – detalhe da fabricação de açúcar.



Fonte: Site <http://www.vistaalegre.ind.br/fluxograma.pdf> - consultado em 29/07/2012 – 09h45min

A Tabela 12 mostra dados para produção de 01 quilo de açúcar ou 01 litro de álcool.

Tabela 12: Quantidade necessária para produzir 01 quilo de açúcar ou 01 litro de álcool.

Produto	Região Centro-Sul	Região Norte-Nordeste
Açúcar (1 kg)	7,4 kg de cana-de-açúcar	7,8 kg de cana-de-açúcar
Álcool etílico anidro (1 l)	12,5 kg de cana-de-açúcar	13,0 kg de cana-de-açúcar
Álcool etílico hidratado (1 l)	12,0 kg de cana-de-açúcar	12,5 kg de cana-de-açúcar

Fonte: Perfil do setor de açúcar e álcool no Brasil – Safra 2009/2010 – Conab.

NOTA: A região Norte-Nordeste tem menor produtividade devido a idade dos canaviais, o tipo de terreno e solo.

Tipos de açúcar estudados

Vários são os tipos de açúcar produzidos no Brasil, como mostra a figura abaixo. Na prática, quanto mais branco o açúcar, maior o valor de venda.

O açúcar VHP - Very High Polarization é o tipo mais exportado pelo Brasil, é a matéria prima para outros tipos de açúcar, também é chamado de açúcar bruto.

O processo de fabricação é o mesmo para todos os tipos de açúcar. No processo de fabricação do açúcar refinado, o açúcar bruto vai para a refinaria e é refinado de acordo com a solicitação do cliente.

Figura 15 – Tipos de Açúcar



Fonte: Livro de Fabricação de açúcar, 2010 – Fernando Medeiros

O tipo de açúcar produzido não tem influencia na mudança de engenharia quando da tropicalização da tela nova. Os tipos de açúcar que a tela nova trabalhou foram o VHP, o VVHP e Cristal.

8 ANEXOS

8.1 Questionário

USINA			
MASSA B		TELA DE NIQUEL	
TIPO DE AÇÚCAR		TELA DE NIQUEL	
BRIX (%)		MARCA	
PUREZA		FURO (μ)	
TEMPERATURA (oC)		AREA ABERTA (%)	
CENTRIFUGA		VIDA UTIL	
		AMPERAGEM	
		SEM CARGA	
		COM CARGA	
MARCA		TELA RIGIDA	
MODELO		FURO (μ)	
PRODUÇÃO/HORA		AREA ABERTA (%)	
ROTAÇÃO DE TRABALHO (rpm)		VIDA UTIL	
		AMPERAGEM	
ANGULO DO CESTO (o)		SEM CARGA	
		COM CARGA	
RESULTADO FINAL			
MAGMA			
BRIX (ESPERADO)		PUREZA (ESPERADO)	
BRIX (ENCONTRADO)		PUREZA (ENCONTRADO)	
MEL FINAL			
BRIX (ESPERADO)		PUREZA (ESPERADO)	
BRIX (ENCONTRADO)		PUREZA (ENCONTRADO)	
RECUPERAÇÃO DA FABRICA			
COM TELA DE NIQUEL		COM A TELA RIGIDA	
SUGAR		SUGAR	
JUICE		JUICE	
MOLASSES		MOLASSES	
RECUPERAÇÃO		RECUPERAÇÃO	

COMENTARIOS:

8.2 Coleta de dados

USINA: 01 – CENTRIFUGA M1 – K12		REL: 01	
MASSA B		TELA DE NIQUEL	
TIPO DE AÇÚCAR	VHP	TELA DE NIQUEL	
BRIX(%)	90	MARCA	-----
PUREZA	73,85 – 72,45	FURO (μ)	90
TEMPERATURA (oC)	55 / 60	AREA ABERTA (%)	
CENTRIFUGA		VIDA UTIL (dias)	20
		AMPERAGEM	
		SEM CARGA	50
		COM CARGA	120
MARCA	M1	TELA RIGIDA	
MODELO	K12	FURO (μ)	90
PRODUÇÃO/HORA (ton/h)	15	AREA ABERTA (%)	
ROTAÇÃO DE TRABALHO (rpm)		VIDA UTIL (dias)	
	1200	AMPERAGEM	
ANGULO DO CESTO (o)	32	SEM CARGA	50
		COM CARGA	120
RESULTADO FINAL			
MAGMA			
BRIX (ESPERADO)	-----	PUREZA (ESPERADO)	>90-94<
BRIX (ENCONTRADO)	-----	PUREZA (ENCONTRADO)	-----
MEL FINAL			
BRIX (ESPERADO)	-----	PUREZA (ESPERADO)	>58-60<
BRIX (ENCONTRADO)	-----	PUREZA (ENCONTRADO)	58,72
RECUPERAÇÃO DA FABRICA			
COM TELA DE NIQUEL		COM A TELA RIGIDA	
SUGAR		SUGAR	
JUICE		JUICE	
MOLASSES		MOLASSES	
RECUPERAÇÃO		RECUPERAÇÃO	

COMENTARIOS: O Boletim de Produção do dia 25/03/2013 informa que a Eficiência Industrial ART = 89,74%.

USINA: 02 – CENTRIFUGA M1 – K14REL: 02			
MASSA B		TELA DE NIQUEL	
TIPO DE AÇÚCAR	VHP	TELA DE NIQUEL	
BRIX(%)	90	MARCA	-----
PUREZA	73,85 – 72,45	FURO (μ)	90
TEMPERATURA (oC)	55 / 60	AREA ABERTA (%)	
CENTRIFUGA		VIDA UTIL (dias)	20
		AMPERAGEM	
		SEM CARGA	50
		COM CARGA	120
MARCA	M1	TELA RIGIDA	
MODELO	K14	FURO (μ)	90
PRODUÇÃO/HORA (ton/h)	40	AREA ABERTA (%)	
ROTAÇÃO DE TRABALHO (rpm)	1200	VIDA UTIL (dias)	
		AMPERAGEM	
ANGULO DO CESTO (o)	32	SEM CARGA	50
		COM CARGA	120
RESULTADO FINAL			
MAGMA			
BRIX (ESPERADO)	-----	PUREZA (ESPERADO)	>90-94<
BRIX (ENCONTRADO)	-----	PUREZA (ENCONTRADO)	-----
MEL FINAL			
BRIX (ESPERADO)	-----	PUREZA (ESPERADO)	>58-60<
BRIX (ENCONTRADO)	-----	PUREZA (ENCONTRADO)	58,72
RECUPERAÇÃO DA FABRICA			
COM TELA DE NIQUEL		COM A TELA RIGIDA	
SUGAR		SUGAR	
JUICE		JUICE	
MOLASSES		MOLASSES	
RECUPERAÇÃO		RECUPERAÇÃO	

COMENTARIOS: O Boletim de Produção do dia 25/03/2013 informa que a Eficiência Industrial ART = 89,74%.

USINA: 03 – CENTRIFUGA M1 – K14REL: 03			
MASSA B		TELA DE NIQUEL	
TIPO DE AÇÚCAR	VHP	TELA DE NIQUEL	
BRIX(%)	92	MARCA	-----
PUREZA	72,00	FURO (μ)	90
TEMPERATURA (oC)	65	AREA ABERTA (%)	19
CENTRIFUGA		VIDA UTIL (dias)	10
		AMPERAGEM	
		SEM CARGA	50
		COM CARGA	80
MARCA	M1	TELA RIGIDA	
MODELO	K14	FURO (μ)	90
PRODUÇÃO/HORA (ton/h)	32	AREA ABERTA (%)	
ROTAÇÃO DE TRABALHO (rpm)	1200	VIDA UTIL (dias)	
		AMPERAGEM	
ANGULO DO CESTO (o)	32	SEM CARGA	50
		COM CARGA	80
RESULTADO FINAL			
MAGMA			
BRIX (ESPERADO)	92,00	PUREZA (ESPERADO)	95,00
BRIX (ENCONTRADO)	91,50	PUREZA (ENCONTRADO)	94,00
MEL FINAL			
BRIX (ESPERADO)	55,00	PUREZA (ESPERADO)	58,00
BRIX (ENCONTRADO)	52,00	PUREZA (ENCONTRADO)	57,00
RECUPERAÇÃO DA FABRICA			
COM TELA DE NIQUEL		COM A TELA RIGIDA	
SUGAR		SUGAR	
JUICE		JUICE	
MOLASSES		MOLASSES	
RECUPERAÇÃO	72 - 74	RECUPERAÇÃO	77-80

COMENTARIOS:

USINA: 04 – CENTRIFUGA M1 – K12REL: 04			
MASSA B		TELA DE NIQUEL	
TIPO DE AÇÚCAR	Branco Cristal	TELA DE NIQUEL	
BRIX(%)	91	MARCA	-----
PUREZA	71,69	FURO (μ)	90
TEMPERATURA (oC)	60	AREA ABERTA (%)	19
CENTRIFUGA		VIDA UTIL (dias)	20
		AMPERAGEM	
		SEM CARGA	45
		COM CARGA	100
MARCA	M1	TELA RIGIDA	
MODELO	K12	FURO (μ)	90
PRODUÇÃO/HORA (ton/h)	14	AREA ABERTA (%)	
ROTAÇÃO DE TRABALHO (rpm)	1200	VIDA UTIL (dias)	
		AMPERAGEM	
ANGULO DO CESTO (o)	32	SEM CARGA	45
		COM CARGA	100
RESULTADO FINAL			
MAGMA			
BRIX (ESPERADO)	90,00	PUREZA (ESPERADO)	80-90
BRIX (ENCONTRADO)	90,00	PUREZA (ENCONTRADO)	89
MEL FINAL			
BRIX (ESPERADO)	80-85	PUREZA (ESPERADO)	58,00
BRIX (ENCONTRADO)	85,00	PUREZA (ENCONTRADO)	55,00
RECUPERAÇÃO DA FABRICA			
COM TELA DE NIQUEL		COM A TELA RIGIDA	
SUGAR		SUGAR	
JUICE		JUICE	
MOLASSES		MOLASSES	
RECUPERAÇÃO	72 - 74	RECUPERAÇÃO	77-80

COMENTARIOS: A usina utiliza tela de Niquel marca P – k12/34° - furo 90 μ. Informou que a Recuperação de fabrica aumentou entre 2 a 5 pontos.
