

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ANDRÉ CARLOS RODRIGUES TRINDADE

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE METODOLOGIA PARA
OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS EM UMA INDÚSTRIA
SUCROENERGÉTICA

Dourados/MS
2012

ANDRÉ CARLOS RODRIGUES TRINDADE

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE METODOLOGIA PARA
OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS EM UMA INDÚSTRIA
SUCROENERGÉTICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Fundação Universidade Federal da Grande Dourados, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Fabio Alves Barbosa, *Dr.*

Dourados/MS
2012

ANDRÉ CARLOS RODRIGUES TRINDADE

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE METODOLOGIA PARA
OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS EM UMA INDÚSTRIA
SUCROENERGÉTICA

Monografia julgada e apresentada, em 28 de junho de 2012, como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro de Produção, da Faculdade de Engenharia na Fundação Universidade Federal da Grande Dourados, pela comissão formada pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Fabio Alves Barbosa, *Dr.*
Universidade Federal da Grande Dourados
orientador

Gerson Ribeiro Homem, *Dr.*
Universidade Federal da Grande Dourados
convidado

Eng. Rafael Possari
Raízen – Unidade Caarapó
convidado

Dourados/MS
2012

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sem a fé que tenho nele esse trabalho não teria saído.

Aos meus pais Antonio Carlos Maia Trindade e Rose Benedita Rodrigues Trindade e irmãos Arthur Carlos Rodrigues Trindade e Luam Estevam de Andrade Trindade, por estarem sempre presentes na minha vida e, com muito carinho, não mediam esforços em me ajudar, apoiar e aconselhar todas as vezes que precisei.

A minha namorada Bruna Jaqueline Schwengber Neves e sua família, por serem a minha segunda família e terem dado todo o apoio durante a elaboração desse trabalho e durante minha formação.

Ao meu orientador e professor Fabio Alves Barbosa, pois além de ter sido um ótimo orientador também foi um amigo e conselheiro muito importante para minha formação profissional e para realização desse trabalho.

Aos meus amigos e colegas pelo incentivo, motivação e compreensão.

RESUMO

TRINDADE, André Carlos Rodrigues. **Desenvolvimento e aplicação de metodologia para otimização de processos em uma indústria sucroenergética**. 2012. Monografia. (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal da Grande Dourados.

Resumo: O setor sucroenergético se apresenta em um bom momento nacional e internacionalmente falando, onde grandes investimentos estão cada vez mais presentes, principalmente no que diz respeito a novos equipamentos e instalações. Entretanto, essas indústrias ainda carecem de técnicas modernas de gerenciamento, como já é comum em empresas de outros setores tradicionais de produção. Dentre essas técnicas, o Planejamento e Controle da Produção (PCP) se mostra como uma das mais tradicionais ferramentas de otimização e controle de processos. Desse modo, a adaptação e aplicação de técnicas de PCP em uma indústria sucroenergética situada no Estado de Mato Grosso do Sul, bem como o acompanhamento dos resultados gerados por tais ações representa o foco do presente estudo.

Palavras-chave: Planejamento e Controle da Produção; Indústria sucroenergética; modelagem.

ABSTRACT

Abstract: The sugarcane industry is presented in a good time, nationally and internationally speaking, where large investments are increasingly present, mainly in new equipment and new facilities. However, these industries still lack modern management techniques, as is common in traditional industry sectors. Among these techniques, planning and production control appears as one of the most traditional optimization tools and process control. Thus, the adaptation and application of techniques of production planning and control in a cane industry located in the state of Mato Grosso do Sul, as well as the monitoring of results, is the focus of this study.

Keywords: Planning and Production Control; Sugarcane industry; Modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estrutura geral de um sistema de PCP.....	17
Figura 2: Capacidade, utilização e eficiência da planta.....	19
Figura 3: Classificação dos processos produtivos pela matriz volume-variedade.....	20
Figura 4: Características básicas dos sistemas produtivos.....	21
Figura 5: Sistema contínuo de produção.....	22
Figura 6: Representação em quatro fases da pesquisa-ação.....	24
Figura 7: Organograma simplificado da indústria.....	25
Figura 8: Fluxograma simplificado do processo produtivo industrial, dividido setorialmente.....	27
Figura 9: Fluxograma da evaporação.....	30
Figura 10: Trocador de calor de casco tubular vertical.....	33
Quadro 1: Dados primários.....	35
Figura 11: Cenário 4 simulado em um mês de trabalho de segunda a sábado.....	38
Figura 12: Cronograma mensal de limpeza do cenário 4.....	39
Quadro 2: Melhoria no cumprimento do cronograma estabelecido.....	40
Quadro 3: Evolução dos índices de taxa de utilização e taxa de eficiência da equipe de limpeza.....	41
Figura 13: Planilha de controle semanal de equipamentos em utilização.....	42

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	10
1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2. JUSTIFICATIVA	12
1.3. OBJETIVOS	13
1.3.1. Objetivo geral.....	13
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.4. LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	14
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO	14
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	15
2.1. QUALIDADE.....	15
CAPÍTULO 3 – PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	16
3.1. CONCEITOS E DEFINIÇÕES	16
3.2. ATIVIDADES DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	17
3.3. CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO	20
3.3.1. Sistemas contínuos de produção	21
CAPÍTULO 4 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
CAPÍTULO 5 – PESQUISA DE CAMPO	25
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA PESQUISADA	25
5.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	26
5.2.1. Extração	28
5.2.2. Tratamento de caldo	28
5.2.3. Evaporação	29
5.2.4. Cristalização	31
5.2.5 Centrifugação	31
5.2.6. Secagem	32
5.2.7. Armazenamento	32
5.3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	32
5.4. PROPOSTA DE MELHORIA.....	34
5.4.1. Modelagem matemática do problema	35
5.4.2. Cálculos de capacidade	36

5.4.3. Proposta de aplicação	37
5.4.4. Proposta do cronograma de trabalho	38
5.5. APLICAÇÃO DO ESTUDO	40
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
BIBLIOGRAFIA	46

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A década de 2000 foi caracterizada como um período de grandes instabilidades socioeconômicas e políticas, ocasionando uma intensa concorrência entre organizações produtivas e demandando novas formas de estruturação organizacional. Paralelamente a isso, Coutinho (2003) ressalta que o mundo competitivo depende da melhoria constante dos padrões de produtividade, qualidade e eficiência. Dessa maneira, evidencia-se que técnicas de gerenciamento contribuem significativamente no aprimoramento da competitividade, com otimização das atividades de planejamento, execução e controle de produtos e processos.

No Brasil, um dos ambientes mais propícios a este acirramento é o do agronegócio, onde Calado (2008) cita o crescimento da exportação de produtos como carnes e frutas de mesa, em que a diferenciação através da agregação de valor pela qualidade representa uma atual tendência mundial e, ao mesmo tempo, uma urgente necessidade para este importante setor da economia nacional. Nesse contexto, destaca-se o setor sucroenergético, sendo que o Brasil atualmente é o maior produtor da commodity açúcar e demanda grandes esforços políticos e tecnológicos para o etanol da cana ser aceito como *commodity* internacional (UNICA, 2011).

Atualmente, a cana-de-açúcar é utilizada como matéria prima na produção de vários produtos, como etanol anidro, etanol hidratado, bioenergia natural, bebidas, cosméticos, bioplásticos, papéis, ração animal e uma gama de outros, caracterizando o Brasil como o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo. O setor sucroenergético possui dados expressivos no contexto do agronegócio brasileiro, composto por 320 indústrias de açúcar e álcool, 5,5 milhões de hectares de terras cultivadas, 1,5 milhões de toneladas de cana sendo produzidas por ano, gerando ao todo um milhão de empregos diretos, segundo dados da UNICA (2011).

Desse modo, a cana-de-açúcar consolida-se como um importante componente da economia nacional, contribuindo com US\$ 28.153,10 milhões para o PIB do país (NEVES, TROMBIN e COMSOLI, 2009). Assim, esse setor merece grandes esforços para manter um alto nível de competitividade nacional e internacional, tanto em investimentos quanto em tecnologia.

Uma maneira do setor sucroenergético obter força competitiva é fundamentalmente ter processos produtivos alinhados, com o mínimo de falhas, desperdícios e não-conformidades. Esse alinhamento pode ser obtido com técnicas de qualidade voltadas ao processo, como as sete ferramentas da qualidade, que servem para apoiar na resolução e no controle dos

problemas, e com ferramentas de Planejamento e Controle da Produção (PCP), ajustando os processos e mantendo o nível de serviço aos clientes, tanto em relação a prazos como também na confiabilidade (CORRÊA e CORRÊA, 2009).

Nesse sentido, o Estado de Mato Grosso do Sul possui o cenário atual favorável, onde nos últimos anos ocorreu um crescimento significativo do cultivo da cana, sendo o oitavo maior produtor de cana do país, com uma produção anual de 18.949.518 toneladas de cana por ano (UNICA, 2009). Este crescimento está ocorrendo principalmente na região sul do Estado, em terras antes destinadas à pecuária e em áreas de pastagens degradadas, onde os principais municípios produtores são: Sonora, Rio Brilhante, Nova Alvorada do Sul, Maracajú, Itaquiraí, Naviraí, Nova Andradina e Sidrolândia (IBGE, 2011).

Com base nos números que a atividade representa no país e nas perspectivas de crescimento, estudar o setor sucroenergético é de grande relevância para o desenvolvimento do estado. Paralelamente a isso, existem poucos estudos que identifiquem as limitações, problemáticas e que proponham soluções da Engenharia de Produção, envolvendo usinas de processamento de cana-de-açúcar, sendo este um dos grandes objetivos desse trabalho.

1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

As considerações sobre a delimitação do tema e sobre a problemática estão fundamentadas nos estudos realizados por Lakatos e Marconi (2004).

Dessa forma, as premissas dos estudos desse trabalho são:

- Necessidade de se compreender os processos de produção de açúcar, focando as etapas de aquecimento e evaporação, que compõem o foco desse trabalho;
- Entendimento de que as ferramentas de planejamento e controle da produção podem ser utilizadas como meios de otimização de processos e recursos;
- Compreensão de que o melhoramento nos setores de aquecimento e evaporação da indústria acarretariam em menores gastos com insumos, maior confiabilidade dos processos e aumento na garantia da qualidade do açúcar;
- Necessidade de desenvolver uma ferramenta capaz de ajustar a realidade desse setor às já conhecidas técnicas de planejamento e controle da produção;
- Consideração de que o aprimoramento dos processos produtivos envolvendo a produção de açúcar representa uma necessidade para atender aos novos padrões de competitividade globalizada.

Com base nessas premissas, definiu-se como tema a melhoria no processo de limpeza dos equipamentos presentes nos processos de evaporação e aquecimento, bem como o rodízio planejado dos mesmos, utilizando conceitos de Planejamento e Controle da Produção (PCP), visando a melhoria e garantia da qualidade do produto final e ajuste de processos produtivos.

O problema do estudo se baseia na aplicação de técnicas de planejamento e controle da produção em uma usina sucroenergética, situada na região sul do Estado de Mato Grosso do Sul, para alcançar os parâmetros de qualidade do produto e de processos sem aumentar seus custos de mão de obra (a alta gerência da indústria descartou a hipótese de aumentar o quadro de funcionários para alcançar as melhorias necessárias). Para esse problema também se colocam as seguintes questões de pesquisa:

- Como viabilizar as melhorias no processo sem interferir no quadro de funcionários?
- Como adaptar as variáveis dos processos estudados às técnicas de planejamento de capacidade?
- Como adaptar as variáveis dos processos estudados às técnicas de programação da produção?
- Como realizar o planejamento, programação e controle da produção nesses processos?
- Como medir o desempenho das ferramentas utilizadas, do setor em estudo e o impacto na qualidade do produto final?

Portanto, o problema de estudo consolida-se na aplicação de PCP em uma indústria processadora de cana-de-açúcar para garantia da conformidade na qualidade do açúcar e o melhoramento em seu processo produtivo, evitando perdas por uso excessivo de recursos sem aumentar, entretanto, os custos de produção .

1.2. JUSTIFICATIVA

O cenário e as perspectivas do negócio sucroenergético estão cada vez melhor cotados, com grandes empresas nacionais e multinacionais investindo crescentemente nesse setor. Porém, usinas processadoras de cana-de-açúcar foram por muito tempo indústrias com pouca tecnologia empregada, tanto no que diz respeito a equipamentos modernos e automatizados, como em técnicas modernas de gerenciamento.

Neste contexto, torna-se fundamental a modernização das usinas para acompanhar os investimentos expressivos no setor e seu consequente crescimento, até mesmo por ser uma obrigação para manter a vantagem competitiva perante empresas estrangeiras, principalmente

as de países de primeiro mundo. Entretanto, observa-se que a maior concentração de mudanças encontra-se nos equipamentos, que são constantemente renovados por modelos mais modernos, mantendo assim as técnicas de gerenciamento muitas vezes obsoletas ou ineficientes.

Desse modo, torna-se de grande importância estudos envolvendo métodos de melhoramento em usinas sucroenergéticas, tais como ferramentas de qualidade que auxiliem o aprimoramento dos processos produtivos e que aumentem a confiabilidade da qualidade do produto final. Finalmente, com a difusão de estudos dessa magnitude, espera-se tornar as usinas brasileiras mais confiáveis, eficientes e conseqüentemente mais competitivas perante usinas de países concorrentes.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho consiste em aplicar ferramentas de planejamento e controle da produção como planejamento da capacidade, programação-mestre da produção e programação da produção em uma indústria sucroenergética situada no cone sul do estado do Mato Grosso do Sul, para aumentar a eficiência dos processos produtivos, aumentar a confiabilidade e qualidade do produto final sem aumentar o custo de produção.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos relacionados à pesquisa desenvolvida, destacam-se:

- Viabilizar as melhorias no processo aplicando as ferramentas de PCP sem interferir no quadro de funcionários;
- Desenvolver um meio de adaptar as variáveis dos setores estudados às técnicas de planejamento de capacidade;
- Desenvolver um meio de adaptar as variáveis dos setores estudados às técnicas de programação da produção;
- Realizar a programação-mestre e programação da produção nos setores pesquisados;
- Propor indicadores de desempenho para avaliar as ferramentas utilizadas no setor em estudo e o impacto na qualidade do produto final.

Assim, os objetivos específicos consolidam-se em melhorar o desempenho dos setores

de evaporação e aquecimento da usina sem interferir nos custos de produção, visando a garantia da qualidade do produto final e a confiabilidade dos processos.

1.4. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Como limitação, pode-se mencionar a dificuldade em coletar os dados da pesquisa e em observar os eventos na usina, tais como a parada dos equipamentos e sua limpeza, pois essas atividades ocorriam geralmente em dois turnos (a empresa opera em período de 24 horas por dia dividido em três turnos), onde geralmente não era possível permanecer na indústria por mais de um turno por motivos contratuais.

Outra limitação corresponde a falta de instrução de alguns operadores e sua resistência em compreender e colaborar com as atividades propostas nesse trabalho.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo desse trabalho foi abordado temas relevantes a situação do setor sucroenergético, tanto no estado do Mato Grosso do Sul, quanto a nível nacional e mundial. Também abordou-se a importância das ferramentas de PCP que ainda possui carências nas técnicas de gestão, contrastando com um cenário promissor.

O segundo e terceiro capítulo foram dedicados ao referencial teórico do trabalho, contemplando temas como conceitos da qualidade e planejamento e controle da produção, respectivamente.

Já o quarto capítulo retrata a metodologia utilizada nesse trabalho, que é no formato de pesquisa-ação, pois o pesquisador realiza suas proposições no local onde os estudos serão realizados e acompanha a aplicação, bem como o resultado, das ações propostas.

No quinto capítulo será apresentado o estudo de caso na empresa no qual foi realizado o presente trabalho, como caracterização e apresentação do processo produtivo. Também serão apresentados os procedimentos (passos) utilizados para aplicação das ferramentas na indústria, os resultados desse estudo e os aspectos que foram afetados positivamente ou negativamente.

Finalmente, o sexto e último capítulo retrata as considerações finais do presente trabalho, como propostas de trabalhos futuros, dificuldades encontradas e aspectos positivos da pesquisa.

CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1. QUALIDADE

O gerenciamento da qualidade nas cadeias agroindustriais permite o atendimento efetivo dos requisitos de clientes/consumidores finais e a diminuição de desperdícios relacionados ao processamento das matérias-primas e insumos – o conhecimento sobre os assuntos e instrumentos da qualidade por todos os atores que integram a rede de operações tende a acarretar maior poder de competição frente aos concorrentes internacionais (BORRÁS e TOLEDO, 2006).

Oakland (2004) propõe que a qualidade representa o mais importante critério competitivo para um sistema de produção, pois traz o significado de “excelência do produto” (bem e/ou serviço) e com isso a necessidade de reconhecer, avaliar e atender as verdadeiras exigências, necessidades e expectativas de mercado. Dessa forma, o conceito de qualidade está ligado às características de uma atividade, processo, produto ou organização que conferem a capacidade de satisfazer necessidades de mercado explícitas e implícitas (FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE, 2007).

Para Crosby (1999), a qualidade está atrelada à conformidade com as especificações dos produtos e processos, que por sua vez são dependentes dos requisitos dos clientes/usuários finais. Garvin (2002) discorre que a conformidade é uma importante dimensão da qualidade, já que reflete o grau em que o projeto e as características operacionais de um produto respeitam padrões preestabelecidos.

Assim, a função qualidade contribui decisivamente para aprimorar o poder de competição de uma organização, melhorando suas perspectivas de sobrevivência e crescimento (LOBO, 2010). A efetivação da qualidade dentro do contexto organizacional é possível através da implantação e adequada operacionalização dos sistemas de gerenciamento da qualidade, dessa forma transmitindo confiança à organização com relação à capacidade de fornecimento de produtos que atendam aos requisitos dos clientes de forma consistente (ABNT, 2005).

CAPÍTULO 3 – PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

3.1. CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A produção de bens e consumo, como conhecemos hoje, somente teve início com a revolução industrial quando foi possível produzir e criar meios para o consumo em massa. Os sistemas de PCP (Planejamento e Controle da Produção) evoluíram como fruto da própria ciência da Administração, desde os esforços de Frederick W. Taylor e Henry Fayol, na primeira década do século XX, até os dias de hoje (LUSTOSA, 2008).

Em relação ao planejamento, Certo (2003) afirma que o propósito do planejamento se orienta a definir previamente quais objetivos devem ser atingidos e à especificação das ações e ao esforço do pessoal, onde no oposto aparecerão desperdícios, re-trabalhos e chances concretas de ineficácia nas atividades planejadas. Assim, busca responder questões como: quando fazer, como fazer, o que deve se executar para que as metas sejam atingidas de acordo com os objetivos (CHIAVENATO, 2005).

Já a Produção, vista como um sistema, é um conjunto de recursos humanos, físicos, tecnológicos e informacionais, capazes de transformar entradas em saídas, tangíveis ou não-tangíveis. Pode-se produzir tanto bens, como serviços. Por último, o controle é a função administrativa que consiste em medir e corrigir o desempenho para assegurar que os planos sejam realizados da melhor maneira possível. O objetivo dessa tarefa é verificar se o prescrito está sendo feito em conformidade com o planejado. (SPRAKEL e FILHO, 1999)

De acordo com a língua portuguesa, gestão da produção, gerenciamento da produção, administração da produção e Planejamento e Controle da Produção (PCP) são tratados como sinônimos e podem ser definidos como sendo um conjunto de atividades gerenciais a serem executadas, para que se concretize a produção de um produto (PIRES, 1995).

Nesse contexto, Chiavenato (2005) define o conceito de Planejamento e Controle da Produção como uma função administrativa, que define antecipadamente quais são as metas que deverão ser atingidas e como atingi-las da melhor maneira possível, onde o PCP fixa os rumos, focaliza o futuro para a continuidade do sucesso da empresa. Vollman et al. (1997), afirma que o PCP gera informações que visam: um gerenciamento eficiente do fluxo de materiais; otimizar o uso de recursos; uma coordenação interna das atividades com fornecedores e uma comunicação com os clientes sobre os requisitos de mercado.

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) em uma empresa, no caso específico da

produção, desempenha uma função de coordenação de apoio ao sistema produtivo de forma direta ou indireta, se relacionando praticamente com todas as funções deste sistema, ou seja, planeja, coordena e controla todas as atividades produtivas da empresa (CHIAVENATO, 2005).

Assim, na busca por excelência, percebe-se a influência de três grandes funções do Planejamento e Controle da Produção (PCP): o planejamento, a programação e o controle (principais macros atividades). Ao comandar, coordenar e controlar o processo produtivo tais funções são indispensáveis para a sobrevivência da empresa (RESENDE e SACOMANO, 2000).

3.2. ATIVIDADES DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O PCP é um departamento que há muito tempo vem sendo utilizado nas empresas, contudo, não existe um consenso na sua definição e de suas macro atividades (FERNANDES et al., 2007). A Figura 1 mostra uma estrutura geral de um sistema de PCP, adaptado dos estudos de VOLLMANN et al. (2006) e TUBINO (2007).

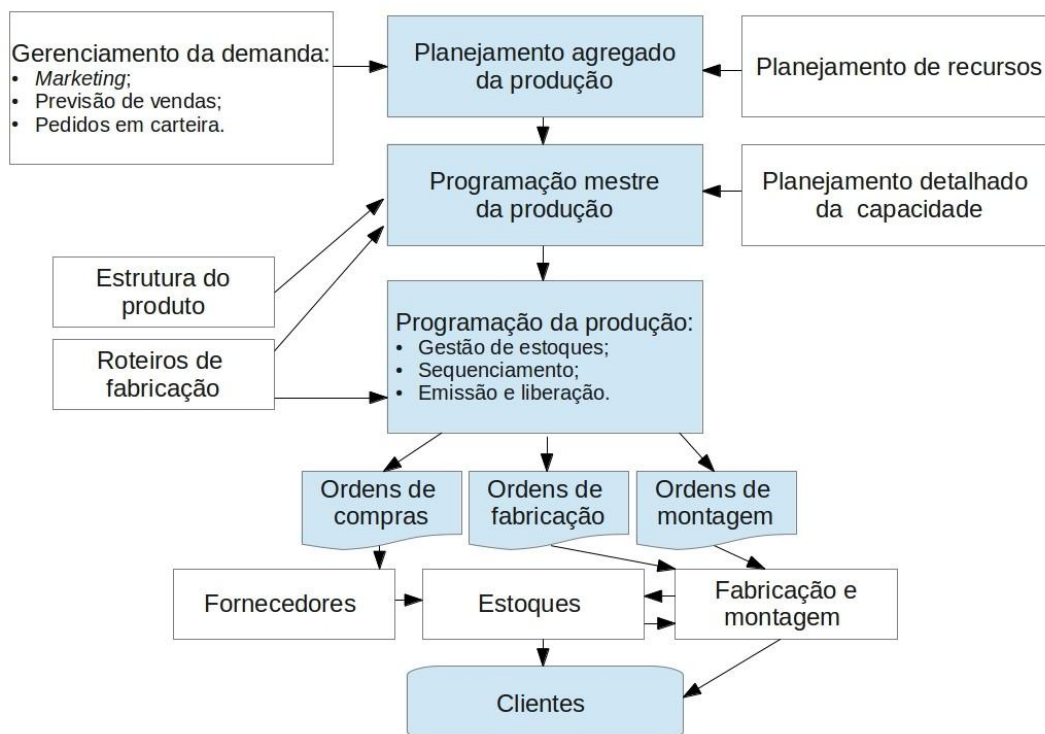


Figura 1 – estrutura geral de um sistema de PCP.

Fonte: adaptado de VOLLMANN *et al.* (2006) e TUBINO (2007).

Observa-se que independentemente do sistema organizacional produtivo, da tecnologia utilizada no processo e da forma empregada para administrar a produção existem algumas atividades que são inerentes à realização do Planejamento e Controle da Produção, dentre elas (RESENDE e SACOMANO, 2000; SILVER et al., 1998; TUBINO, 2007):

- 1) Processo de gerenciamento da demanda: engloba a previsão da demanda e previsão de vendas/gestão da carteira de pedidos, que é a interface com o setor de vendas da empresa, a partir da qual são produzidos os dados a respeito do que produzir e em que quantidades, assim como o seu prazo de conclusão;
- 2) Planejamento agregado de produção: atividade que se responsabiliza por estabelecer os níveis gerais de produção e capacidade, fundamentado em informações agregadas sobre as necessidades referentes à produção de famílias ou grupos de produtos, a partir da qual será possível avaliar a necessidade de novos investimentos a médio e longo prazos. O planejamento agregado também trata do estabelecimento de taxas de produção e níveis de estoque para algo de seis meses a dois anos. A escala do tempo é, geralmente, mensal, e o planejamento é feito numa base agregada de família de itens (produzidos nos mesmos equipamentos);
- 3) Programação mestre de produção (PMP): é o componente central da estrutura do PCP, consiste na atividade que estabelece um referencial básico para a produção, informando quando e em que quantidade cada produto deverá ser produzido dentro de um determinado horizonte de planejamento. Mantendo diferença do planejamento agregado, o plano mestre considera a produção em termos de produtos específicos e não de modo agregado (família de produtos). Ele serve como uma interface entre Marketing e Produção e em essência desagrega o plano agregado da produção em programas para os produtos específicos a serem produzidos em períodos de tempo particulares em cada instalação;
- 4) Planejamento das necessidades de materiais: é a determinação do planejamento dos materiais necessários para satisfazer o programa de produção estabelecido e tem como fonte de informação a lista de materiais produzida a partir das necessidades de produtos finais e a posição de estoque;
- 5) Controle de estoques: atividade responsável pelo controle físico e quantitativo dos itens fabricados, comprados e utilizados pela empresa para a fabricação de seus produtos e para a prestação de serviços;
- 6) Programação da produção: consiste na definição da carga dos centros de trabalho e os instantes nos quais eles devem ser executados, a fim de cumprir os prazos e programas de entrega prometidos;

7) Planejamento e controle da capacidade: atividade que define os níveis máximos de capacidade do sistema de produção como um todo, assim como dos centros de trabalho individuais, avaliando, ao longo do tempo, a necessidade de ações para adequação do sistema produtivo às demandas impostas. Para o planejamento da capacidade produtiva, é necessário uma boa previsão de demanda e de indicadores de desempenho do processo. Essas variáveis precisam ser convertidas em um número que possa ser comparado com a medida de capacidade que será utilizada. O cálculo do número de máquinas, ou operadores para atender determinada capacidade é calculado através da eq. (1).

$$M = D / (CP \times U \times E) \quad (1)$$

Onde:

- M – é o número de máquinas ou operadores;
- D – é a demanda anual prevista;
- CP – é a capacidade de produção anual;
- U – é o fator de utilização;
- E – é o fator de eficiência.

A relação entre a produção alcançada e sua capacidade instalada, e entre a produção alcançada e a sua capacidade efetiva são respectivamente chamadas de Utilização e Eficiência da Planta, ou Fator de Utilização e Fator de Eficiência, conforme ilustra a Figura 2.

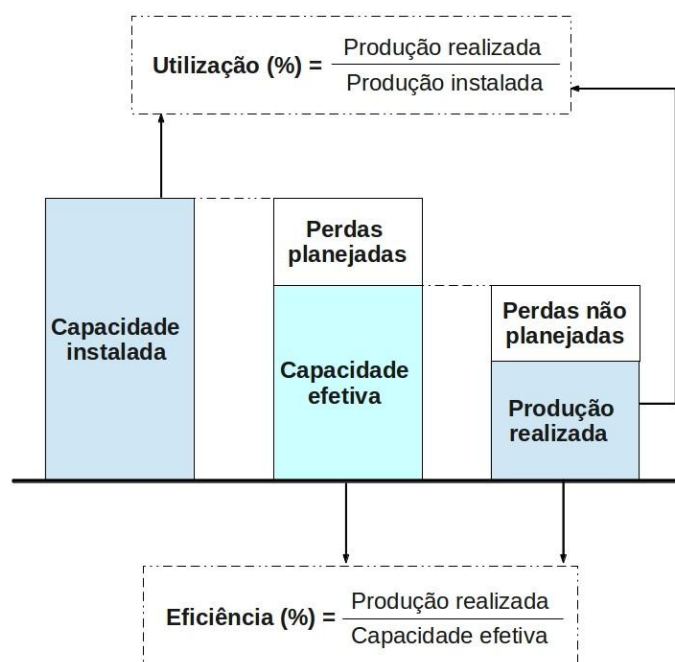


Figura 2 – capacidades, utilização e eficiências da planta.

Fonte: Adaptado de TUBINO (2007).

8) Controle da produção: atividade responsável pelo monitoramento das operações de produção e das decisões a fim de que os objetivos definidos na fase de planejamento sejam cumpridos. Depois do PMP ser estabelecido, vem a programação de curto prazo, ou programação final da produção, usualmente, estreitada num plano mais refinado (em termos de tempo) que o utilizado no PMP. Essa etapa deve conter listas de expedição atualizadas e um pronto *feedback* sobre desvios dos planos, garantindo o bom funcionamento da mecânica do PCP.

3.3. CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

O objetivo da classificação dos sistemas produtivos é prover a compreensão das características presentes em cada sistema de produção e sua relação com o planejamento e controle das atividades desses sistemas. Existem cinco tipos de atividades ou processos que definem a forma que serão organizados os recursos e o posicionamento das operações com relação ao volume-variedade dos produtos, que são: atividades por projeto, processo de jobbing, atividades em lotes, processos em linha e processos contínuos, como mostra a Figura 3 (TUBINO, 2008; RITZMAN e KRAJEWSKI, 2004; SLACK *et al*, 2008).

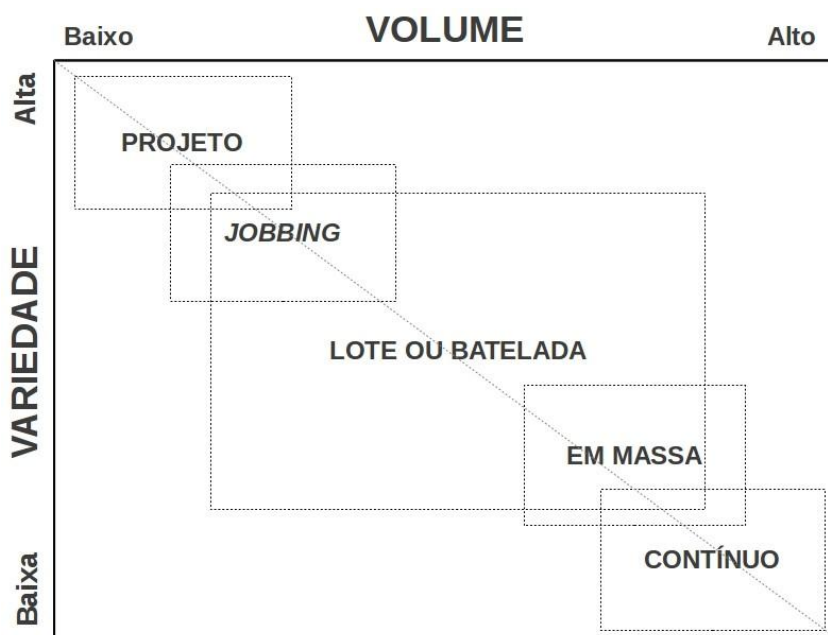


Figura 3 – classificação dos processos produtivos pela matriz volume-variedade.
Fonte: Slack *et al.* (2008).

Para Tubino (2008), uma classificação significativa para compreender a complexidade

das funções do planejamento e controle da produção está vinculada com o grau de padronização dos produtos e o conseqüente volume de produção demandado pelo mercado. Desta forma, pode-se caracterizar os sistemas com propriedades em comum, separando-os em contínuos e em massa, passando por repetitivos ou batelada e terminando pelos sistemas para produtos sob encomenda, como mostra a Figura 4.

Contínuos Em massa	Repetitivos em lotes	Sob encomenda
Alta ←	Demanda/Volume de produção	Baixa
Baixa	Flexibilidade/Variedade de itens	Alta →
Curto	<i>Lead Time</i> produtivo	Longo →
Baixos	Custos	Altos →

Figura 4 – características básicas dos sistemas produtivos.
Fonte: Tubino (2008).

Assim, as indústrias sucroenergéticas podem ser classificadas como indústrias de processo contínuo, tendo em vista a baixa variedade de produtos, alto volume de produção, baixa flexibilidade de seu processo produtivo, baixo custo de produção e curto *lead time* produtivo.

3.3.1. Sistemas contínuos de produção

Processo em fluxo contínuo: processamento de material em fluxo (não discreto) contínuo. Semelhante à produção em linha, tem seus equipamentos arranjados conforme a sequencia de etapas do processo produtivo que um produto específico requer. Os equipamentos são conexos uns aos outros, em geral por tubulações ou correias transportadoras, resultando em baixos níveis de estoque em processo. Essas estruturas fabris em geral são automatizadas, constituindo-se quase de uma única “máquina”, trabalhando em geral ininterruptamente, de forma coerente com suas exigências de competitividade do mercado (CORRÊA e CORRÊA, 2010).

Os sistemas de produção contínuos são empregados quando existe alta uniformidade na produção de bens ou serviços, fazendo com que os produtos e os processos produtivos sejam totalmente interdependentes, favorecendo a sua automação. É chamado de contínuo

porque não se consegue facilmente identificar e separar dentro da produção uma unidade do produto das demais que estão sendo feitas (TUBINO, 2008).

A produção focada no produto é às vezes chamada de linha de produção ou produção contínua. Ambos esses termos descrevem a natureza dos roteiros que os produtos seguem ao longo da produção. Os produtos tendem a seguir caminhos lineares diretos sem recuos ou desvios. Na produção contínua os produtos tendem a avançar ao longo da produção sem sofrer interrupções, como mostra a Figura 5 (GAITHER e FRAZIER, 2002).

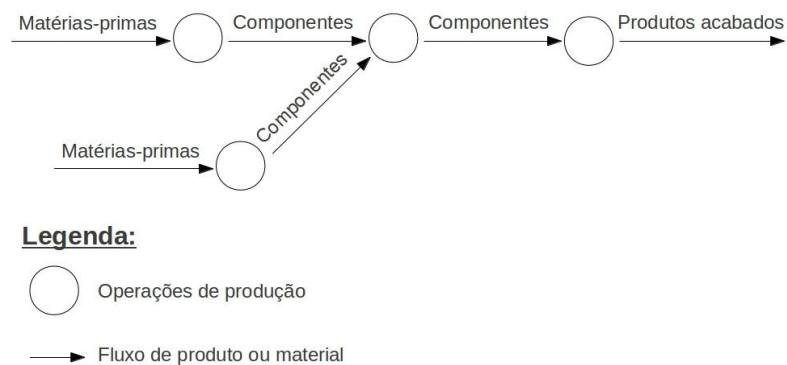


Figura 5 – Sistema contínuo de produção.

Fonte: adaptado de Gaither e Frazier (2002).

Na manufatura por processos, os fluxos de materiais se movem entre operações de produção, como, por exemplo, peneiramento, moagem, cozimento, mistura, separação, mesclagem, quebra, fermentação, evaporação, redução e destilação. Essa forma de produção é comum nas indústrias de alimentos, produtos químicos, refino de petróleo, plásticos, papel e cimento, bem como nas cervejarias (GAITHER e FRAZIER, 2002).

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A estruturação metodológica da presente pesquisa está alicerçada no método científico dedutivo, que contempla pesquisa bibliográfica, coleta de informações e observação do objeto de estudo cujo comportamento/estruturação deve ser desvendado através da elaboração de proposições, modelos e/ou técnicas de solução (GIL, 2008). Após a etapa científica dedutiva, aplica-se a metodologia da pesquisa-ação, que consiste em utilizar os conhecimentos adquiridos de determinado tema e sua aplicação no estudo pelo pesquisador e colaboradores (FRANCO, 2005).

Primeiramente, o estudo realizado se fundamentou na execução de uma pesquisa exploratória, tendo como objetivo identificar os fatores que auxiliam a compreensão do objeto de estudo e facilitar a construção de hipóteses. Basicamente, esse tipo de pesquisa se apoia em revisões bibliográficas atualizadas e na coleta de informações (entrevistas e visitas *in loco*) para elucidar as particularidades associadas ao objeto em estudo (SEVERINO, 2002).

Na sequência, o estudo assumiu o caráter de pesquisa-ação, visando aplicar os conhecimentos teóricos como apoio na solução de um problema vivenciado na empresa pesquisada. A pesquisa-ação representa uma proposta diferente de investigação, na medida em que estabelece uma cooperação entre o pesquisador e os usuários para resolverem juntos problemas de ordem técnico-organizacional (BARBOSA e SACOMANO, 2000).

De acordo com Coughlan e Coughlan (2002) a pesquisa-ação possui algumas características fundamentais:

- O pesquisador não é apenas um observador;
- Envolve dois objetivos: solucionar um problema e contribuir para a ciência;
- É interativa (cooperação e interatividade entre os envolvidos);
- Requer um vasto pré-entendimento (do ambiente organizacional, condições, estrutura e dinâmica das operações);
- Deve ser conduzida em tempo real (um estudo de caso “vivo”);
- requer critérios próprios de qualidade para sua avaliação.

Respeitando essas características, a pesquisa tomou forma seguindo as quatro fases fundamentais da pesquisa-ação, ou investigação-ação (TRIPP, 2005), como mostra a Figura 6:

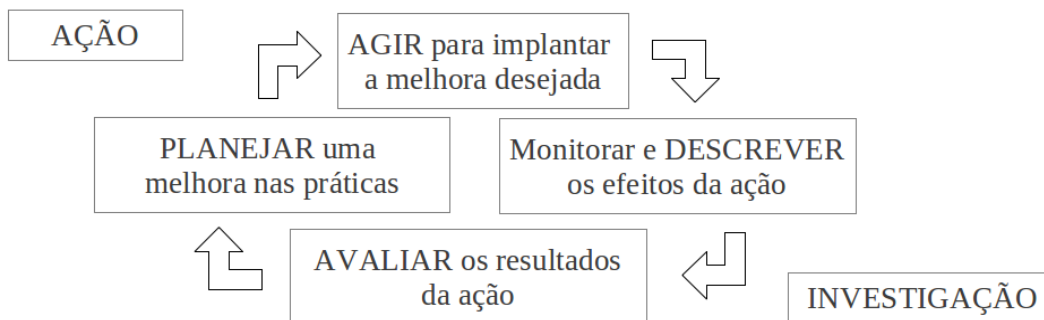


Figura 6 – representação em quatro fases da pesquisa-ação.

Fonte: (TRIPP, 2005)

Assim, após realizadas todas as atividades que visaram a intimidade com o problema em estudo, a parte prática se inicializa com a identificação do problema, através de visitas técnicas na empresa e entrevistas com operadores e encarregados dos setores avaliados. Posteriormente, segue o planejamento de uma solução, em seguida de uma implementação e finalizando com o monitoramento e avaliação desta.

CAPÍTULO 5 – PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa foi realizada em uma indústria sucroenergética situada no cone sul do Estado de Mato Grosso do Sul, no qual o pesquisador teve acesso total a planta fabril e a qualquer informação requerida que fosse relevante a pesquisa. Optou-se por não revelar qual foi a empresa pesquisada em concordância com a política da mesma, que é comum em instituições desse setor.

5.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA PESQUISADA

A empresa pesquisada pertence a uma multinacional do ramo de açúcar, álcool e bioenergia. A planta é relativamente nova, possuindo cerca de 400 funcionários considerando a parte industrial e administrativa. O organograma simplificado da indústria é apresentado na Figura 7.

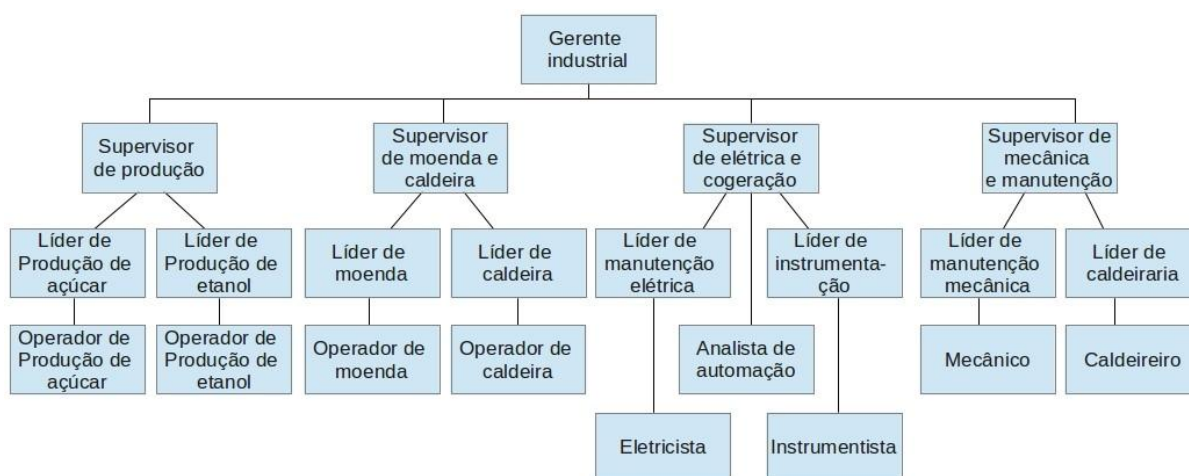


Figura 7 – organograma simplificado da indústria.

A planta beneficia a cana-de-açúcar como matéria-prima e tem como produtos primários o açúcar, etanol e bioenergia. Também possui produtos secundários ou residuais, como a vinhaça, óleo fusel e adubo orgânico. Sua produção alcança cerca de 450 mil litros de etanol por dia, 60 toneladas de açúcar por hora e 30 MW/h de eletricidade, tudo isso proveniente da moagem da cana-de-açúcar, que é em torno de 16 mil toneladas de cana por dia.

5.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O processo produtivo se inicia na lavoura, onde a cana é colhida majoritariamente por colheitadeiras e em seguida levada à indústria por caminhões transportadores. Ao chegarem, os caminhões são pesados e em seguida entram no parque fabril. Após a entrada, uma amostra da cana presente nos caminhões é coletada em um pequeno laboratório, onde será constatada a porcentagem de sacarose (açúcar cristalizável) presente na amostra. O resultado dessa análise ditará quanto que será pago pela carga. Nem todos os caminhões passam por esse processo, sendo escolhidos através de técnicas de amostragem. Finalmente, os caminhões são autorizados a descarregarem sua carga em mesas alimentadoras, e em seguida saem da indústria passando novamente pela balança, que calculará a carga trazida pelo mesmo.

A entrada da cana nas mesas alimentadoras caracterizam o início do processo industrial. Tal processo é apresentado de maneira simplificada na Figura 8.

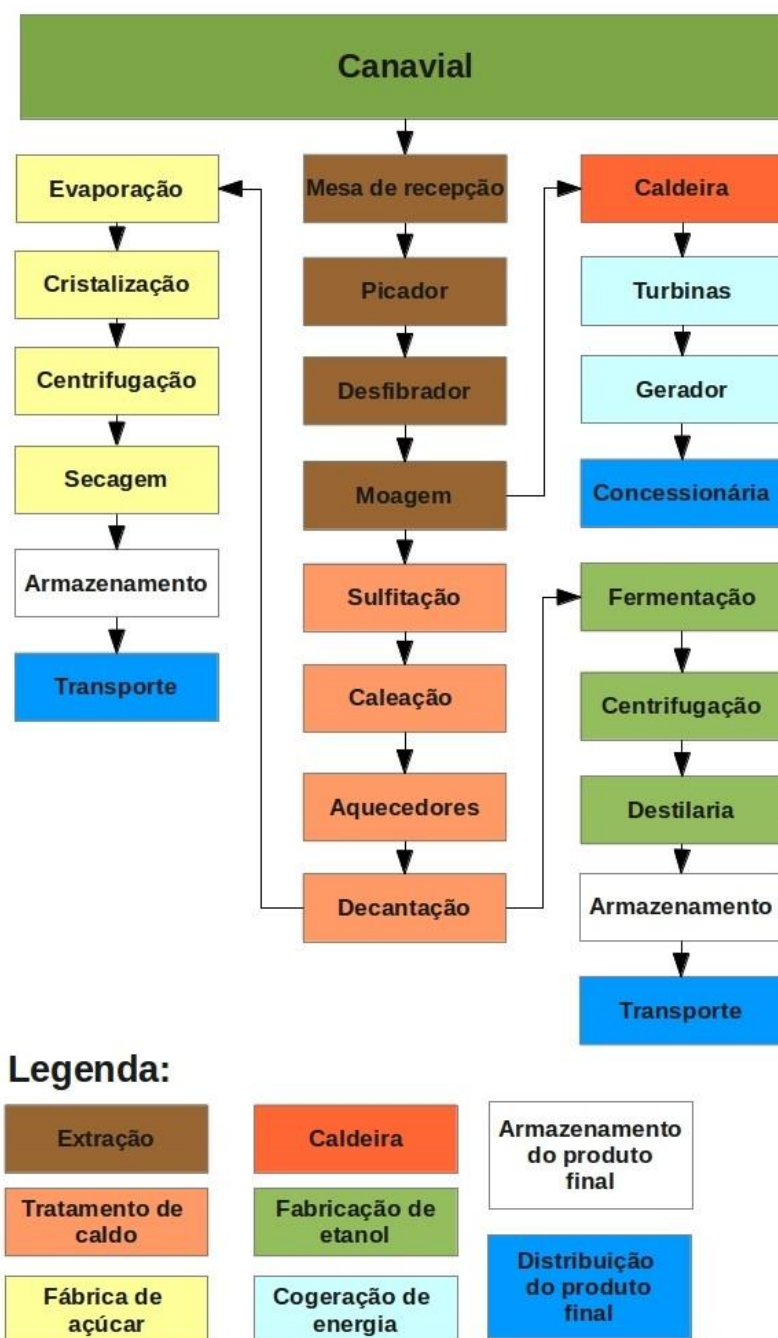


Figura 8 – fluxograma simplificado do processo produtivo industrial, dividido setorialmente.

A Figura 8 mostra o processo produtivo de maneira simplificada dividido setorialmente em moenda, tratamento de caldo, fábrica de açúcar, caldeira, fábrica de etanol, cogeração de energia e armazenamento do produto final. Uma descrição mais detalhada dos setores que envolvem a fabricação de açúcar (foco do trabalho) será descrita a seguir.

5.2.1. Extração

A operação de extração é iniciada com a recepção de cana, que tem como função despejar a cana em esteiras que levam para a próxima fase da operação, que é o preparo da cana (picadores e desfibradores). Essa etapa é composta basicamente por:

- Dois hilos, que servem para tombar a carreta do caminhão em cima de mesas coletoras que recolhem a carga;
- Duas mesas alimentadores, uma mesa de 30° de inclinação, comportando apenas cana picada (colhida mecanicamente), e uma mesa de inclinação de 45°, onde essa comporta tanto cana picada quanto a inteira (colhida manualmente);
- Esteiras, que são responsáveis em levar a cana ao picador.

Em seguida, vem a fase de preparo da cana, onde a mesma é picada e desfibrada para abrir as células do caule e, assim, facilitar a extração de caldo. Para isso, primeiramente a cana passa por um eixo contendo 111 facas que ficam em constante movimento, para partir a cana em pedaços menores.

A cana segue pela esteira e entra em contato com o desfibrador, que é um conjunto similar ao picador, porém, formado por 192 martelos ao invés de facas. Existe também um tambor alimentador e uma placa desfibradora, onde serve o primeiro para forçar a passagem de cana entre a placa e os martelos e o segundo tem a função de auxiliar os martelos na desfibração.

A cana, agora picada e desfibrada, segue para os ternos de moenda. Cada terno é um conjunto de quatro rolos que extraem o caldo da cana através da prensagem. O caldo segue para a o setor de tratamento de caldo, já o bagaço é transportado para caldeira para servir de biocombustível.

5.2.2. Tratamento de caldo

Nessa operação, o caldo que foi extraído na moenda deve ser limpo para poder ser processado e transformado em etanol ou em açúcar. Essa operação é composta sequencialmente pelas seguintes atividades:

- Sulfitação: é a primeira fase do tratamento de caldo, consistindo na dosagem de gás sulfuroso no caldo para que auxiliar a decantação das impurezas (também tem função séptica, para eliminar micro-organismos);

- **Caleação:** consiste em dosar óxido de cálcio no caldo para correção de pH à valores que facilitem os processos de transformação e, desse modo, evitar a proliferação de micro-organismos. O óxido de cálcio também reage com o enxofre e fosforo (presente na cana ou adicionado em forma de ácido fosfórico) formando sais que auxiliam na decantação das impurezas;
- **Aquecedores:** os aquecedores são trocadores de calor do tipo casco tubular vertical e tem como função aumentar a temperatura do caldo, acelerar e facilitar as reações químicas e eliminar/impedir o desenvolvimento de bactérias nos processos seguintes. Essa atividade é fundamental, pois o caldo deve ser aquecido a valores entre 105°C a 115°C para garantir o funcionamento do decantador. Ao todo são 18 aquecedores, sete dedicados a aquecer o caldo destinado à produção de açúcar, cinco usados na produção de etanol, três empregados no aquecimento do caldo que sai dos decantadores e três dedicados a aquecer o xarope que sai da evaporação. Todos os aquecedores operam em série, mantendo sempre um número determinado de equipamentos de *backup*, por exemplo, dos sete dedicados a aquecer o caldo destinado à produção de açúcar, quatro operam e três ficam de ociosos (redundância);
- **Decantação:** é o processo de remoção das impurezas inorgânicas por decantação. O caldo clarificado é retirado por cima do equipamento e enviado a um filtro que retira as impurezas orgânicas. No fundo do equipamento é retirado o lodo, que será submetido a um processo de prensagem gerando uma torta usada como adubo na próxima lavoura de cana.

5.2.3. Evaporação

Essa operação tem a função de evaporar parte da água contida no caldo para transformar-lo em xarope. Para isso, existem equipamentos chamados evaporadores, que também são trocadores de calor do tipo casco tubular vertical, onde o caldo passa por dentro dos tubos e o vapor por fora. O primeiro evaporador é alimentado pelo vapor proveniente da caldeira, sendo que os evaporadores seguintes são alimentados pelo vapor gerado no evaporador anterior e assim sucessivamente – ao todo são 14 evaporadores, arranjados de acordo com a Figura 9.

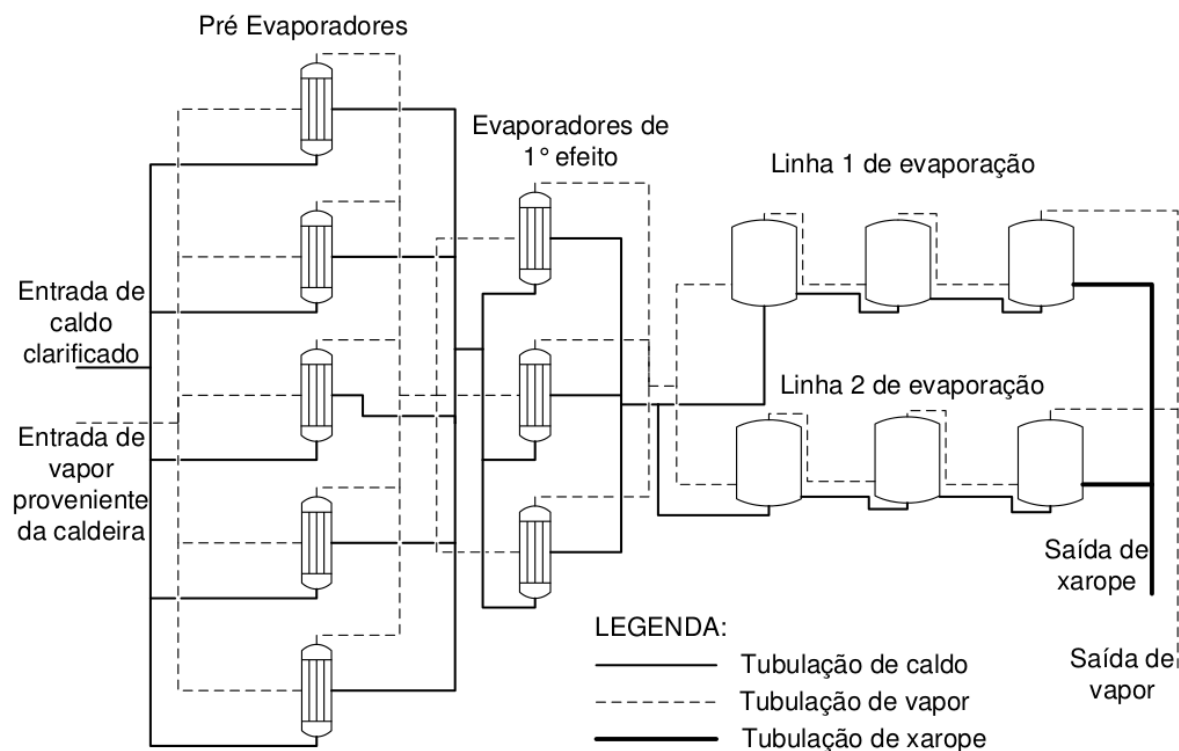


Figura 9 – fluxograma da evaporação.

A pré-evaporação, formada por cinco evaporadores em paralelo, é alimentada pelo vapor proveniente da caldeira e pelo caldo que sai dos decantadores (caldo clarificado). O caldo pré-evaporado segue para os evaporadores de 1º efeito (três em paralelo), alimentados pelo vapor gerado na pré-evaporação do caldo clarificado. Em seguida, o caldo segue para uma das linhas de evaporação, composta por evaporadores maiores e em série, onde sempre o vapor gerado no evaporador anterior alimenta o evaporador seguinte.

A pré-evaporação funciona com três evaporadores em operação e dois de reserva (*backup* ou redundância) para realização de um rodízio de equipamentos. A evaporação de 1º efeito opera com dois evaporadores, (com um de *backup*). Já as linhas de evaporação, operam uma de cada vez (quando uma está operante, a outra está de *backup*). O período em que um evaporador está de *backup* é aproveitado para realização de manutenções preventivas, como a limpeza do equipamento, e também corretivas, caso seja necessário. O mesmo vale para os aquecedores presentes no tratamento de caldo.

O caldo ao entrar na operação de evaporação possui uma concentração média de açúcar (medido em °Brix) de 15% de açúcar ou 15°Brix. A evaporação deve transformar o caldo em xarope, e com uma concentração ideal de 65°Brix.

5.2.4. Cristalização

A operação de cristalização é composta por tachos que cozinham o xarope até formar os cristais de açúcar, sendo realizada em duas fases, o cozimento inicial do xarope, formando a massa B (composto formado por pequenos cristais de açúcar envolvidos por mel, que é açúcar não cristalizável) e o cozimento da massa B formando a massa A (composto formado por cristais de açúcar já na especificação final de granulometria e envolvidos por mel).

Para a produção da massa B, primeiramente adiciona-se xarope e mel rico (mel que ainda possui uma concentração de açúcar cristalizável) no cozedor de massa B, cozinhando com vapor gerado na evaporação a -24mmHg de pressão até alcançar 82°Brix. Alimenta-se o tacho até alcançar 92°Brix, cuidando o nível máximo do cozedor.

Ao término desse processo, a massa é retirada do cozedor de massa B e encaminhada para outro tacho denominado cozedor contínuo, que tem como função aumentar a granulometria dos pequenos cristais de açúcar gerados no cozedor de massa B. A produção do cozedor contínuo é encaminhado para o tanque de massa B e em seguida às centrifugas contínuas, que irão gerar mel pobre (mel com baixa concentração de açúcar cristalizável) e massa A ou magma.

Já nos tachos de massa A, adiciona-se primeiro o magma e logo depois o xarope para alimentação e formação de cristais da forma mais uniforme possível. A massa A depois de pronta é enviada às centrifugas automáticas, que irão gerar açúcar, mel rico e mel pobre.

5.2.5 Centrifugação

Essa operação consiste basicamente na separação do mel que envolve os cristais de açúcar na massa cozida, onde a centrifugação é considerada fundamental para a obtenção de um produto de qualidade. Existem dois tipos de centrifugas de açúcar, a contínua e a automática.

As centrífugas contínuas são equipamentos que, de forma contínua, separam o mel final (mel com a menor concentração de açúcar cristalizável) contido na massa B, gerando o magma que será utilizado dos cozedores de massa A. Na centrifugação é adicionada água para ajudar na separação do mel e, após essa operação, o magma é despejado em um cocho com uma rosca sem fim que o encaminha para o tanque de magma.

Já as centrífugas automáticas trabalham em batelada e automaticamente, separando o

mel rico e o mel pobre contido na massa A, gerando assim o açúcar. Primeiramente a massa A é despejada na centrífuga em movimento separando o mel pobre, em seguida essa massa é lavada, gerando assim o mel rico. O açúcar resultante é descarregado em uma esteira vibratória que o encaminha para o secador.

5.2.6. Secagem

Nesta etapa, o açúcar passa no secador para a retirada da umidade contida nos cristais. Esse equipamento também tem como função a retirada de “pequenas pedras” de açúcar que geram não-conformidades no produto final.

5.2.7. Armazenamento

Nessa última operação, o açúcar é submetido a análises que identificarão fundamentalmente parâmetros como coloração, resíduos de produtos químicos e físicos, etc. Assim, basicamente, quanto menos resíduos e quanto mais próxima a cor estiver da coloração branca, melhor será a qualidade do produto final, podendo ser classificado como Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3, Tipo 4, VVHP, VHP Plus ou VHP, em ordem decrescente de qualidade, onde apenas os Tipo 1 ao Tipo 4 são comercializados para o consumo humano. Em seguida, será encaminhado para o setor de ensacamento ou para o silo de carregamento direto em caminhões.

Na etapa de ensacamento, primeiramente o açúcar passa por peneiras e em seguida por separadores magnéticos. Após a seleção, o açúcar cai ou em uma balança de 50 kg, para o ensaque em sacas de 50 kg de açúcar, ou em na balança dos big-bags, que mede 1200 kg para ensacar os big-bags.

Os diferentes tipos de açúcar, Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3, Tipo 4, VVHP, VHP Plus ou VHP, são alocados no barracão em montes de big-bags com aproximadamente 3 mil unidades.

5.3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O problema observado no presente trabalho está vinculado aos processos de aquecimento do caldo e evaporação. Esses processos são formados por equipamentos do tipo trocadores de calor tubular, ilustrado na Figura 10.

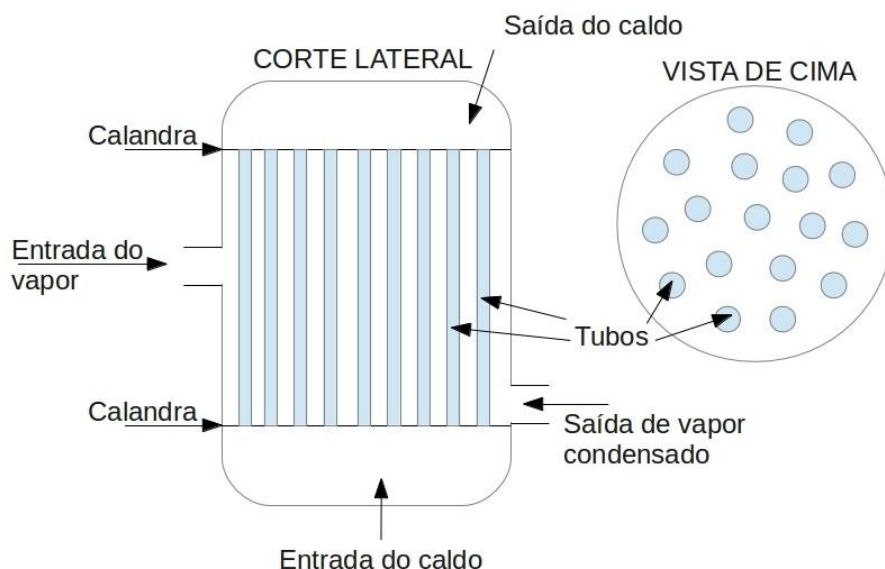


Figura 10 – trocador de calor de casco tubular vertical.

Nesses equipamentos, o caldo entra e passa por dentro dos tubos. Já o vapor, entra e passa por fora dos tubos trocando calor com o caldo que está dentro. O caldo e o vapor não se misturam pois existem chapas, denominadas calandras, que limitam o vapor a determinada região. O vapor, por perder calor para o caldo, acaba condensando e é retirado logo acima da calandra inferior.

O grande problema desse equipamento é que o caldo acaba gerando incrustações nos tubos, ocasionando perda de troca térmica. Caso isso ocorra nos aquecedores, pode gerar a não decantação nos decantadores devido a baixa temperatura do caldo, ocasionando perdas e atrasos na produção, aumento nos gastos com insumos, além da desqualificação do produto final devido ao consequente aumento na cor do açúcar propositado pelas sujeiras que não foram retiradas.

Caso aconteça nos evaporadores, pode gerar atrasos na produção, formação de gargalos na evaporação, perda de açúcar no caldo, maior tempo de retenção do caldo nos evaporadores, causando a queima do mesmo e a desqualificação do produto final. Isso se deve pois, caso queime, o açúcar presente no caldo formará pequenos caramelos que escurecerão o produto final.

Essas incrustações são normais nesses tipos de equipamentos, por isso, existe uma equipe terceirizada contratada pela indústria para efetuar a manutenção desses trocadores de calor. Essa manutenção ocorre da seguinte maneira:

1. Primeiramente o operador corta a entrada de caldo e de vapor no equipamento para

que esse possa esfriar;

2. O caldo é desviado para outro equipamento que já esteja limpo (*backup*);
3. Ao esfriar, a equipe terceirizada abre o aquecedor e limpa os tubos por dentro através de uma mangueira que esguicha água a pressões extremamente altas, essa mangueira é introduzida nos tubos individualmente e em todo o seu comprimento;
4. Após todos os tubos serem limpos, a equipe terceirizada fecha o aquecedor e libera para operação.

O estudo se justifica devido ao fato das incrustações estarem cada vez mais presentes, onde a equipe de limpeza não atende a demanda requerida pelo processo. Paralelamente a isso, foi decidido que os evaporadores e aquecedores deveriam ser limpos com uma maior frequência, objetivando a melhoria do produto final e eliminação da linha dos evaporadores do 1º efeito. Isso se deve ao fato de que quanto menos tempo durar os processos de aquecimento e evaporação, menos tempo o caldo estará sujeito aos efeitos de queima, com isso facilitando o branqueamento do açúcar e reduzindo a quantidade de insumos clarificantes.

Porém, para que essas mudanças ocorram, os equipamentos devem estar constantemente limpos, garantindo uma troca térmica eficiente, pois a eliminação da linha dos evaporadores do 1º efeito só será viável caso as trocas térmicas nos outros evaporadores sejam sempre o mais eficientes possível.

Como solução, o supervisor de produção sugeriu aumentar a equipe de limpeza, que é de oito funcionários, para no mínimo doze, fato que foi negado pela gerência devido ao grande aumento nos custos que isso iria ocasionar.

5.4. PROPOSTA DE MELHORIA

Com base nos fatos descritos no item 5.3, foi proposto pelo pesquisador a hipótese da equipe atual ser capaz de atender as necessidades de produção e as propostas de melhoria no processo de limpeza sem precisar alterar seu número de funcionários, apenas realizando técnicas de planejamento e controle da produção para organizar o cronograma de trabalho. Para isso, foram seguidas as seguintes etapas:

1. Levantar todos os dados necessários para realizar uma modelagem matemática do problema;
2. Realizada a modelagem do problema, desenvolver um meio de utilizar as técnicas de planejamento e controle da capacidade (apresentadas do item 3.2) para calcular se o número de funcionários seria capaz de atender as novas exigências do processo;

3. realizados os cálculos de capacidade, modelar propostas para que o número de operadores atenda as novas exigências de melhoria;
4. Desenvolver um cronograma de planejamento das limpezas dos equipamentos, coerente com os cálculos de capacidade.

O detalhamento dessas etapas será descrito nos itens a seguir.

5.4.1. Modelagem matemática do problema

A modelagem matemática foi realizada no *software* LibreOffice Calc, disponibilizado gratuitamente na internet no endereço eletrônico <http://pt-br.libreoffice.org/baixar/baixar-libreoffice-em-portugues-do-brasil/>. Para isso, foram levantados os seguintes dados:

- Quantidade de equipamentos;
- Tempo individual de limpeza de cada equipamento;
- Tempo máximo de operação de cada equipamento, de acordo com a nova proposta de melhoria de processo;
- Quantidade de operadores necessários para limpeza de cada equipamento;
- Dias de safra (utilização anual dos equipamentos);
- Horário e dias de expediente da equipe de limpeza.

Para coleta dos dados foi realizado o acompanhamento do processo, entrevista com os encarregados de produção, entrevista com o encarregado das limpezas, entrevista com os operadores, tanto de produção quanto da equipe de limpeza e coleta de dados na ata diária de produção. Os dados primários apresentam-se no Quadro 1.

Equipamento	Quantidade de equipamentos	Número de funcionários para realização da limpeza	Horas estimadas necessárias para limpeza de um equipamento	Quantidade mínima de equipamentos em operação	Tempo máximo em operação atual (dias)	Proposta de tempo máximo em operação (dias)
Pré-evaporador	5	4	13	3	10	5
Evaporador de 1º efeito	3	4	12	2	10	5
Evaporadores em linha	6	4	2,7	3	20	15
Aquecedores para açúcar	7	4	2,7	4	15	8

Aquecedores para etanol	5	4	2,7	3	15	8
Aquecedores de caldo clarificado	3	4	2,7	2	15	8
Aquecedores de xarope	3	4	2,7	2	15	8

Quadro 1 – dados primários.

Na estimativa das horas necessárias à limpeza de cada equipamento foi considerado que cada trocador trabalhou somente o tempo máximo em operação (penúltima coluna do Quadro 1), pois quanto mais tempo eles operarem, maior será a incrustação. Houve casos de equipamentos que extrapolaram quatro vezes esse tempo, ocasionando grande atraso na limpeza devido a incrustação em excesso. Assim, acredita-se que a nova proposta de tempo máximo em operação facilite também o processo de limpeza.

Em relação ao horizonte de planejamento, considerou-se os 172 dias previstos que a planta permanecerá em operação (dias de safra). Também foi levado em conta o fato da equipe de limpeza possuir uma carga de trabalho de oito hora por dia e seis dias de trabalho por semana. Assim, com os dados primários coletados, iniciou-se a próxima etapa do processo de modelagem que é o cálculo de capacidade produtiva.

5.4.2. Cálculos de capacidade

Os cálculos de capacidade foram utilizados como recursos de aferição para constatar se os oito operadores terceirizados seriam suficientes para atender a demanda anual de limpeza. Para isso, foi levado em conta a equação 1 (apresentada no item 3.2). Contudo, a realidade encontrada nesse estudo não se adéqua amplamente a esta equação, devido a particularidades do processo. Desse modo, foi necessária algumas adequações, sendo desenvolvidas as seguintes equações secundárias:

$$QOS = (Q \text{ min} \times DS) / d \quad (2)$$

$$D \text{ anual (h.h.)} = \sum (QOS \text{ (arredondada)} \times \text{horas} \times QOP) \quad (3)$$

$$\text{Horas disponíveis} = \text{dias disponíveis} \times \text{horas de trabalho} \quad (4)$$

Onde:

- QOS – representa a quantidade de ordens de serviço que cada equipamento irá gerar

no decorrer da safra;

- Q min – é a “Quantidade mínima de equipamentos em operação”, apresentada no Quadro 1;
- DS – número de dias de safra;
- d – representa a “Proposta de tempo máximo em operação”, apresentado no Quadro 1;
- D anual – representa a demanda anual, medida em homens-hora (h.h.);
- QOS (arredondada) – representa os valores de QOS arredondados para cima;
- horas – representa a variável “Horas estimadas necessárias para limpeza de um equipamento”, apresentado no Quadro 1;
- QOP – representa a variável “Quantidade de funcionários para realização da limpeza”, apresentado no Quadro 1;
- Horas disponíveis – horas de trabalho da equipe de limpeza;
- dias disponíveis – é formado pelo DS menos os domingos presentes nesse intervalo;
- horas de trabalho – oito horas diárias.

Assim, tomando como base as variáveis desenvolvidas e fundamentadas na equação do item 3.2, chegou-se na equação de capacidade modelada à realidade encontrada no problema de estudo desse trabalho, sendo essa apresentada como equação (5).

$$M = D \text{ anual (h.h.)} / \text{horas disponíveis} \quad (5)$$

Onde:

- M – número de funcionários necessários para realização das limpezas.

Finalmente, com todas as equações prontas, iniciou-se a próxima etapa da modelagem, que consiste nas simulações utilizando a eq. (5) como base.

5.4.3. Proposta de aplicação

Essa etapa consistiu em utilizar a eq. (5) como base, alterando os variáveis das equações (2), (3) e (4) empiricamente, buscando alcançar sempre valores menores ou iguais a oito na eq. (5) e respeitando as especificações do processo. Após realizados os ensaios, chegou-se aos seguintes cenários ideais:

1. 14 horas para limpeza dos pré-aquecedores e aquecedores de primeiro efeito, 13 horas para limpeza de cada evaporador das linhas de evaporação e 2 horas para limpeza de cada aquecedor, resultando em 8,0 na eq (5);
2. 12 horas para limpeza dos pré-aquecedores e aquecedores de primeiro efeito, 12 horas

para limpeza de cada evaporador das linhas de evaporação e 2,7 horas para limpeza de cada aquecedor, resultando em 7,19 na eq (5);

3. 12 horas para limpeza dos pré-aquecedores e aquecedores de primeiro efeito, 12 horas para limpeza de cada evaporador das linhas de evaporação e 2,7 horas para limpeza de cada aquecedor, resultando em 7,77 na eq (5);
4. 13 horas para limpeza dos pré-aquecedores e aquecedores de primeiro efeito, 10 horas para limpeza de cada evaporador das linhas de evaporação e 2,7 horas para limpeza de cada aquecedor, resultando em 7,88 na eq (5).

A Figura 11 ilustra a utilização dos conceitos desenvolvidos nesse trabalho aplicados na simulação do cenário 4, considerando apenas um mês de safra trabalhados de segunda a sábado.

número de dias de safra:	30
dias disponíveis:	26
horas de trabalho/turno:	8
número de turnos:	2

Equipamento	quantidade	qde. de op.	horas	qde min. em operação	duração	QOS	QOS (arredondada)	Demanda (h.h.)
Pré Evaporador	3	4	13	2	5	12,0	12,0	624
Pré Evaporador caixas (linha)	2	4	13	1	5	6,0	6,0	312
aquecedor aç	6	4	10	3	15	6,0	6,0	240
aquecedor al	7	4	2,7	4	8	15,0	15,0	162
aquecedor xarope	5	4	2,7	3	8	11,3	12,0	129,6
aquecedor decant.	3	4	2,7	2	8	7,5	8,0	86,4
							soma:	67
								1640,4

demanda anual (h.h.):	1640,4
horas disponíveis (h):	208
número de trabalhadores:	7,8865384615

Figura 11 – cenário 4 sendo simulado em um mês de trabalho de segunda a sábado.

Em todos os cenários a variável “Proposta de tempo máximo em operação” foi respeitada e os valores alcançados na equação (5) se mantiveram menores ou iguais a oito. Realizadas as simulações, a próxima etapa do trabalho é verificar como os cenários se comportam no cronograma, verificando e realizando adequações caso seja necessário.

5.4.4. Proposta do cronograma de trabalho

Com base nas simulações apresentadas no item 5.4.3, foi desenvolvido um cronograma para verificar se as propostas de limpeza serão capazes de atender a demanda, mesmo sofrendo efeitos de restrições causadas pelo processo. As restrições mais significantes se devem aos seguintes fatos:

- A limpeza dos aquecedores não pode ser realizada no período noturno, devido a pouca

iluminação, ocasionando riscos de segurança aos operadores;

- Não existe o cumprimento de um cronograma de parada ou revezamento dos aquecedores e evaporadores por parte da operação industrial;
- A equipe de limpeza trabalha apenas em um turno de oito horas;
- Existem apenas duas bombas que alimentam as mangueiras com água pressurizada. Cada bomba suporta apenas a limpeza de um equipamento por vez e é de boa prática deixar uma de reserva.

Desse modo, foi proposto junto à gerência e supervisão, que a equipe se dividisse em dois turnos, quatro funcionários no turno da manhã (07:00 horas às 15:00 horas) e quatro no turno da tarde (15:00 horas às 23:00 horas), para o melhor aproveitamento das bombas e que o cronograma de limpeza servisse também como cronograma de operação dos equipamentos. O cronograma ajustado, tomando o cenário 4 como exemplo e limitado a 30 dias é apresentado na Figura 12.

Equip./Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Pré 1				x							x									x						x				
Pré 2																														
Pré 3																														
Pré 4																														
Pré 5																														
Evaporador 1.1																														
Evaporador 1.2																														
Evaporador 1.3																														
Evaporador 2.1																														
Evaporador 2.2																														
Evaporador 2.3																														
aquecedor 1																														
aquecedor 2																														
aquecedor 3																														
aquecedor 4																														
aquecedor 5																														
aquecedor 6																														
aquecedor 7																														
aquecedor 8																														
aquecedor 9																														
aquecedor 10																														
aquecedor 11																														
aquecedor 12																														
aquecedor 13																														
aquecedor 14																														
aquecedor 15																														
aquecedor 16																														
aquecedor 17																														
aquecedor 18																														

Figura 12 – cronograma mensal de limpeza do cenário 4.

O cronograma é formado pelos equipamentos que sofrerão as limpezas divididos em categorias separadas por cores, onde o vermelho é formado pelos pré-evaporadores, o amarelo pelos evaporadores e o marrom pelos aquecedores. Os “x” representam o dia programado da limpeza, a parte pintada representa os dias programados para operação e a parte branca os dias ociosos.

Os equipamentos como os pré-evaporadores e os evaporadores possuem espaço para

dois “x” no mesmo dia. Isso se deve ao fato de suas limpezas não se concluírem em apenas um turno, onde cada “x” representa a ocupação de um dos turnos para operação de limpeza. Já os aquecedores possuem espaço para apenas um “x”, pois sua limpeza pode é efetuada apenas em um turno, que obrigatoriamente é o turno da manhã, obedecendo a restrição apresentada no início desse item.

5.5. APLICAÇÃO DO ESTUDO

A aplicação do estudo iniciou-se a partir do momento em foi passado para a gerencia e supervisão a comprovação de que os oito funcionários seriam capazes de atender o novo requisito de limpezas dos equipamentos, contanto que eles se dividissem em dois turnos. Essa proposta foi aceita e aplicada na indústria, ocasionando os seguintes resultados imediatos:

1. Diminuição dos excessos de dias em operação dos equipamentos, como apresentados no Quadro 2;
2. Diminuição do tempo ocioso da equipe de limpeza;
3. Cumprimento intuitivo, em algumas ocasiões, do cronograma proposto sem ao menos ter tido contato com ele;
4. Melhora nos tempos de limpeza, decorrente da diminuição do tempo entre limpeza dos equipamentos, gerando menores incrustações;
5. Maior flexibilidade da equipe de limpeza;
6. Melhora nos índices de taxa de utilização e taxa de eficiência da equipe de limpeza como apresentados no Quadro 3.

Equipamento	Proposta de tempo máximo em operação (dias)	Tempo máximo em operação observado (anterior)	Tempo máximo em operação observado (atual)
Aquecedor	8	45 (baseado em entrevistas)	10 (baseado em entrevistas)
Pré-evaporador	5	25	8
Evaporador	15	45	20

Quadro 2 – melhora no cumprimento do cronograma estabelecido.

No Quadro 2, os tempos em operação dos pré-evaporadores e dos evaporadores foram coletados na ata de operação. Já o dos aquecedores, tiveram seus valores coletados em entrevistas com os encarregados do processo industrial e com a equipe de limpeza, pois não é anotado nas atas de operação qual é o equipamento que está em uso.

A taxa de utilização e taxa de eficiência da equipe de limpeza eram prejudicadas

devido ao fato da operação industrial não possuir um cronograma de parada e revezamento dos equipamentos, ocasionando dias em que não possuía equipamento nenhum para limpar e dias em que a demanda de limpeza era maior do que a capacidade efetiva. O Quadro 3 mostra a evolução dessas taxas, onde o domingo representa uma perda programada de limpeza, tendo em vista que apenas a indústria opera aos domingos.

Média semanal de dias ociosos da equipe de limpeza (anterior)	2,5
Média semanal de dias ociosos da equipe de limpeza (atual)	0
Dias parado (domingo)	1
Taxa de utilização (anterior)	65,28 %
Taxa de eficiência (anterior)	75 %
Dias parado (domingo)	1
taxa de utilização (atual)	85,71 %
taxa de eficiência (atual)	100 %

Quadro 3 – evoluções dos índices de taxa de utilização e taxa de eficiência da equipe de limpeza.

Para cálculo das taxas de utilização e taxas de eficiência foram consideradas as fórmulas apresentadas na Figura 2, onde:

- Produção instalada ou Capacidade instalada – representa quantos dias da semana os equipamentos estarão em operação (sete dias por semana);
- Perdas planejadas – representa o tempo que a equipe de limpeza não estará à disposição da operação industrial (no caso do estudo, esse tempo é representado pelo domingo);
- Capacidade efetiva – representa os dias que a equipe de limpeza estará disponível para realização das atividades (seis dias por semana, pois desconta o domingo);
- Produção realizada – representa os dias da semana em que a equipe realizou as atividades de limpeza.

A outra etapa da aplicação, que será o cumprimento do cronograma de limpeza, ainda não foi implantada devido aos seguintes problemas:

1. Ainda não existe o controle documentado de quantos dias os aquecedores operaram. Apenas os evaporadores tem seus dias em operação anotados na ata de operação diária;
2. A produção está paralisada muitos dias devido às paradas ocasionadas por chuva na

lavou, impedindo a colheita da cana. Assim, não foi necessária a intervenção imediata para realização do cumprimento do cronograma, tendo em vista que nos dias em que a planta permanecia parada a limpeza continuava em operação.

Para solucionar o problema da falta de controle dos dias de operação dos aquecedores, foi proposta uma planilha de controle semanal, conforme mostra a Figura 13, que deverá ser preenchida com os equipamentos que operaram durante a semana.

CONTROLE DE UTILIZAÇÃO DOS FALLING FILMS E EVAPORAÇÃO							
DATA (SEG):							
UTILIZAÇÃO: OPERADORES DA FÁBRICA							
EQUIPAMENTO	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM
Pré 1							
Pré 2							
Pré 3							
Pré 4							
Pré 5							
1º EF -1							
1º EF -2							
1º EF -3							
Evap. (linha 1)							
Evap. (linha 2)							
Aquecedor 1							
Aquecedor 2							
Aquecedor 3							
Aquecedor 4							
Aquecedor 5							
Aquecedor 6							
Aquecedor 7							
Aquecedor 8							
Aquecedor 9							
Aquecedor 10							
Aquecedor 11							
Aquecedor 12							
Aquecedor 13							
Aquecedor 14							
Aquecedor 15							
Aq. Xarope 1							
Aq. Xarope 2							
Aq. Xarope 3							

LEGENDA: (O) Operação - (F) Fervendo água - (L) Limpando - (P) Parado (anotar a hora da parada)

OBSERVAÇÕES:

Figura 13 – planilha de controle semanal de equipamentos em utilização.

O preenchimento da planilha deve ocorrer de forma diária, anotando qual é o estado de cada equipamento, se está em operação (aquecendo ou evaporando caldo), em processo de limpeza, ocioso ou em processo de fervura de água. A anotação pode ser realizada por abreviações, conforme apresentado na legenda.

Essa planilha ainda está em processo de implantação e seus resultados sendo acompanhados pelo pesquisador desse trabalho. Contudo, não coube a esse texto apresentar tais resultados, devido ao período de ajustes e adaptação que esse documento está passando para ser implantado.

Finalmente, quando o cronograma for posto em prática, serão utilizados os medidores de desempenho propostos pelo pesquisador, que consistem em:

1. Diferença de concentração do °Brix entre a entrada e saída da evaporação;
2. Quantidade de vapor que condensa nos evaporadores (quanto maior for o volume de condensado que sair dos evaporadores, deduz-se que houve uma maior troca térmica com o caldo);
3. Diferença entre temperatura na entrada dos aquecedores e na saída.

Todos esses indicadores de desempenho são coletados automaticamente por instrumentos na fábrica, indicados em telas de supervisão nas instalações da administração industrial e guardados em um servidor, proporcionando uma grande facilidade na coleta, interpretação e armazenamento dos dados.

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ferramentas de Planejamento e Controle da Produção, apesar de amplamente utilizadas e difundidas em diversos setores industriais, ainda são pouco exploradas em indústrias sucroenergéticas. Desse modo, a aplicação de ferramentas conhecidas de PCP caracterizou-se como um grande desafio, exigindo proposições inéditas e até mesmo adaptações de equações já utilizadas.

Essa realidade entra em descompasso com a atual situação do setor canavieiro, que se encontra em grande expansão em todas regiões do país e ganhando cada vez mais força no cenário mundial. Assim, uma das contribuições deste trabalho é coadjuvar com experiências nas aplicações de ferramentas modernas de gerenciamento da produção para esse setor em franco desenvolvimento.

Com relação ao estudo, ficou claro a presença sistêmica do PCP em todas as etapas da elaboração sequencial da modelagem, onde foram considerados os conceitos de previsão de demanda, no levantamento dos dados de quantos equipamentos seriam utilizados, quantos dias seriam utilizados e disponibilizados para limpeza. Alguns traços do planejamento agregado, como considerar toda a família de produtos para o planejamento anual, e traços da programação-mestre da produção, como a consideração individual de uma linha de produtos, considerada a situação dos aquecedores que devem ser limpos apenas no período diurno, fato considerado na elaboração do cronograma.

Contudo, é no planejamento da capacidade produtiva que se nota a influencia mais forte do PCP. Levando-se em consideração a equação (1), foi realizado toda uma adaptação de cenários e variáveis de produção em processo contínuo para adaptação aos conceitos tão utilizados em outros tipos de processos, como na manufatura, por exemplo.

Desta forma, foi possível obter resultados satisfatórios mesmo com a aplicação parcial da ferramenta de modelagem de PCP. Dentre esses resultados, pode ser citado:

- Melhora nas taxas de utilização e eficiência das atividades de limpeza, apresentada no Quadro 3;
- Redução de custos, decorrentes da comprovação que não seria necessário aumentar o número de funcionários para realização das limpezas;
- Redução do tempo ocioso dos operadores terceirizados, devido à otimização do rodízio dos equipamentos;
- Otimização do tempo da atividade de limpeza, decorrente da diminuição do tempo máximo em operação de cada equipamento, conforme mostra o Quadro 2.

Além das vantagens citadas acima, o estudo também trouxe benefícios à operação industrial, pois a organização da limpeza disciplinou também o rodízio dos aquecedores e evaporadores, contribuindo significativamente para a melhoria e garantia da qualidade do açúcar. Contudo, ainda existem algumas sensibilizações que devem ser levadas em conta para implantação do cronograma, devido à mudança na rotina operacional que este traz, requerendo uma implantação gradual e conscientizada por todos.

Finalmente, conclui-se que a modelagem de processos relacionados à indústrias sucroenergéticas, utilizando conceitos e aplicações de Planejamento e Controle da Produção, se apresenta como uma alternativa viável e eficiente na resolução de problemas, na melhoria de índices de desempenho, na redução de custos de produção e principalmente na melhoria da qualidade do produto final, que é o grande foco das organizações modernas.

Como sugestão, pode-se citar a continuidade deste trabalho, para melhor validação dos resultados obtidos e a aplicação dos conceitos envolvidos em outras atividades industriais, gerando um maior respaldo científico na demonstração do diferencial que as ferramentas de Engenharia, mais especificamente da Engenharia de Produção, podem trazer para as organizações.

BIBLIOGRAFIA

- BARBOSA, F.; SACOMANO, J. **A Formação de Competências como Estratégia para a Implantação de Just-in-Time e a Definição de uma Cultura de Aprendizagem Organizacional.** In: XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, 2000.
- BORRÁS, M.A.A.; TOLEDO, J.C. **A coordenação de cadeias agroindustriais.** In: ZUIN, F.S.; QUEIROZ, T.R. (Eds.) *Agronegócios, gestão e inovação.* São Paulo: Saraiva, 2006.
- CALADO, A.A.C. **Agronegócio.** São Paulo: Atlas, 2008.
- CERTO, S. C. **Administração Moderna.** São Paulo: Person, 2003.
- CHIAVENATO I. **Administração: teoria, processo e prática.** São Paulo: Makron Books, 2005.
- COGHLAN, D.; COUGHLAN, P. **Acquiring the Capacity for Operational Improvement: an Action Research Opportunity.** *Human Resource Planning*, v. 26, n. 2, p. 30-38, 2003.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da Produção e Operações – Manufatura e Serviços: Uma Abordagem Estratégica.** São Paulo: Atlas, 2009.
- COUTINHO, L. et al., coords. **Estudo da competitividade da indústria brasileira.** Campinas, Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico-PADCT, 2003.
- CROSBY, P.B. **Princípios absolutos de liderança.** São Paulo: Makron Books, 1999.
- FERNANDES, F. C. F. et al. **Identificação dos principais autores em planejamento e controle da produção por meio de um survey mundial com pesquisadores da área.** *Gestão & Produção*, v. 14, n. 1, p. 83-95, jan. / abr. 2007.
- FRANCO, M. A. R. S. **A Pedagogia da pesquisa-ação.** In: Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino, 12, 2004, Curitiba. Anais. Anais Curitiba: Endipe, 2004.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE. **Critérios de excelência.** São Paulo: Editora da FNQ, 2007.
- GAITHER N, FRAZIER G. **Administração da produção e operações.** 8a ed. Traduzido por Santos JCB. São Paulo: Pioneira Thomson; 2002.
- GARVIN, D.A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- IBGE CIDADES. **Mato Grosso do Sul, Dourados.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 05 mai. 2011.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2004.

LOBO, A. **Qualidade e produtividade**. Disponível em: <http://www.inmento.gov.br>. Acesso em: 15 jul. 2010.

LUSTOSA, L., MESQUITA, M.A., QUELHAS, O.L.G., OLIVEIRA, R., **Planejamento e Controle da Produção**. 1a.edição - Editora Campus-Elsevier. 2008.

NEVES, M. F. **Introdução ao marketing, networks e agronegócios**. In: NEVES, M. F.; CASTRO, L. T. (Org.). **Marketing e estratégia em agronegócios e alimentos**. São Paulo: Atlas, 2003.

OAKLAND, J. S. **Gerenciamento da Qualidade Total TQM**. Edition Nobel, 2007.

REZENDE, M. O.; SACOMANO, J. B. **Princípios dos sistemas de planejamento e controle de produção**. (Notas de Aulas – São Carlos): Publicações EESC-USP, 2000.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da Produção e Operações**. 1 ed. São Paulo: Pearson/Prentice Hall, 2004.

SEVERINO, A.J. **Metodologia do trabalho científico**. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

SILVER, E. A.; PYKE, D. F.; PETERSON, R. **Inventory Management and Production Planning and Scheduling**, 3rd edition, New York (USA): Wiley, 1998.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

TRIPP, David. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Educação e Pesquisa. São Paulo, v. 31, n.3, p. 443-466, 2005.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2007.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Dados e Cotações**. Disponível em <www.unica.com.br>. Acessado em 2011.

VOLLMANN, T. E. et al. **Sistemas de planejamento & controle da produção para o gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2006.