

LUIZ CARLOS ROSA

**INTERFACE FÍSICA E ECONÔMICA EM
GESTÃO DE PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PRODUTOS CONJUNTOS**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia.

São Paulo
2004

LUIZ CARLOS ROSA

**INTERFACE FÍSICA E ECONÔMICA EM
GESTÃO DE PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PRODUTOS CONJUNTOS**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia de Produção

Orientador:
Prof. Dr. Israel Brunstein

São Paulo
2004

DEDICATÓRIA

Aos meus filhos Fabrício, Fabiano e Fábio, motivo da minha empreitada. Aos alunos da Faculdade de Tecnologia e da Unesp de Sorocaba, e aos meus filhos e sobrinhos que têm sido a grande razão e incentivo de meu aperfeiçoamento técnico. Desejo que minha dívida com vocês seja inesgotável.

AGRADECIMENTOS

Professor Israel Brunstein, sempre pronto e disposto com diretrizes seguras e permanente incentivo na orientação do trabalho.

À minha esposa Tânia pelo estímulo e incansável compreensão que não poupou esforço para que este momento acontecesse.

Aos colegas Antonio Carlos, Iberê, Márcio, Pannunzio, Célio e Cláudio (em memória), amigos de longa jornada.

Ao Centro Estadual de Tecnologia Paula Souza que um dia, através do superintendente Oduvaldo Vendrameto, que colocou-me nesta empreitada.

Aos colegas da pós-graduação Edson, Esquerdo, Élvio, Mauro, Milton e Osni pelo convívio durante esses anos.

Ao meu irmão Lúcio, agrônomo, que abasteceu-me de informações sobre o processamento da cana.

Aos amigos que me socorreram no desenvolvimento do experimento, engenheiros Flávio Barbosa, Augusto Pereira e Sérgio Rudiger da Emerson Process Management, minha gratidão por me colocarem o Rodrigo Gomes à minha disposição para a montagem do simulador.

A todos os colegas e funcionários da Fatec de Sorocaba pelo incentivo e ajuda nas horas mais amargas.

Ao Luciano que ajudou-me sobremaneira na editoração da tese.

A Deus pelo projeto divino, onde cada etapa aconteceu no momento exato, como somente Ele o faria.

PREFÁCIO

Durante o desenvolvimento do projeto de Mestrado vários colegas e professores me recomendavam que fosse desenvolvido um projeto que, com algumas complementações, se transformasse em um projeto de Doutorado.

Desta forma eu me portei, pois este trabalho está fundamentado no Mestrado onde foi agregado o sistema de controle automático em empresas com processamento conjunto.

Outro forte fator que me levou a este tema foi a minha afinidade com o processamento de cana de açúcar em razão do meu berço familiar, tanto materno como paterno, com uma longa tradição na produção de “aguardente” nas cidades de Porto Feliz e Boituva.

Além do mais tenho uma vocação para a automação, haja vista meus vinte anos de carreira como engenheiro na área de engenharia industrial, pois sempre vi o processo de produção como fonte de aperfeiçoamento do produto.

Como não poderia ser diferente de outros colegas, meu trabalho teve origem durante uma aula do Prof. Israel sobre o modelo para empresa de processo de produção de produtos conjuntos, quando percebi que poderia aplicá-lo na destilaria da família do meu pai. Este foi o projeto do mestrado.

Para o projeto de Doutorado, em 1999, apresentei uma proposta para administrar o processo com sistemas automáticos baseado principalmente no modelo desenvolvido para empresa Agro-industrial, onde se constatou a eficácia do modelo, mas de difícil operação sem um sistema informatizado com dados em tempo real. Houve uma tentativa de implantação desse modelo sem a automação, mas não teve sucesso devido aos grandes intervalos na coleta das informações e, principalmente, ao elevado nível de erros dessas mesmas informações.

Assim sendo, decidi desenvolver um sistema utilizando o modelo descrito na “Proposta de Modelagem Econômica para Processos Químicos com Produção de

Produtos Conjuntos” do Professor Israel de forma que, acoplado a um sistema de monitoramento, permitisse a gestão em tempo real.

O grande problema foi encontrar um sistema de monitoramento que se adaptasse ao modelo econômico. Durante quatro anos visitando praticamente todos os laboratórios das universidades paulistas e algumas de renome em outros estados, não encontrei um sistema que permitisse a integração com o modelo econômico.

Quase desisti, mas havia uma convicção de que persistindo na minha busca haveria de encontrar a solução. Mas por acaso, numa conversa com o eng.^o Flávio Barbosa, vim a saber que a empresa Emerson Process Management tinha o sistema DeltaV, cuja utilização nas indústria era recente, que poderia viabilizar o meu projeto.

Foram quatro meses para o refazimento do projeto e três outros meses para a conclusão.

Luiz Carlos Rosa

RESUMO

O Processo de Produção de Produtos Conjuntos é caracterizado pelo beneficiamento de uma única matéria prima na obtenção de vários produtos. É o típico processo da maioria das empresas químicas, petroquímicas e agroindústrias fortemente desenvolvidas no Brasil como processamento de sucos de frutas, café e cana de açúcar.

Este trabalho propõe um sistema que propicie a gestão do processamento conjunto que considera as grandezas físicas, como volumes e vazões, e as grandezas econômicas, como custos de insumos, mão de obra, matéria prima e preços.

Permite, este sistema, ao gestor do processo fixar as condições de trabalho das máquinas e equipamentos para se obter o máximo de rentabilidade no processamento; de forma que o resultado financeiro possa ser ajustado ao maior ganho alterando-se as proporções dos produtos.

O objetivo deste trabalho é apresentar um Modelo de Gestão Físico-Econômica que possa ser utilizado na análise dos resultados da operação em empresas caracterizadas pelo Processo de Produção de Produtos Conjuntos.

Este modelo tem como base o Modelo Econômico de Processo de Produção de Produtos Conjuntos, a Unidade Estratégica de Negócio e o Sistema de Monitoramento de Processamento Contínuo.

O Modelo Econômico de Processo de Produtos Conjuntos utiliza o conceito de Sistema de Custeio Direto por não considerar o rateio dos custos fixos.

A Unidade Estratégica de Negócio – UEN – estabelece a forma de administração focada no resultado da empresa. Cada atividade dentro do processo é definida como UEN que responde pelo seu próprio resultado de tal forma que seja competente em todo o processo produtivo desde a matéria prima até o produto acabado.

O Sistema de Monitoramento de Processo Contínuo é constituído de um sistema informatizado que supervisiona as máquinas e equipamentos do processo produtivo.

Estes sistemas de monitoramento são amplamente utilizados em empresas de processo contínuo para o gerenciamento dos equipamentos monitorando seu funcionamento e, principalmente, auxiliando em diagnósticos e previsão de falhas.

Em síntese, cada UEN tem seu custo e resultado que varia conforme as flutuações na economia e do mercado; a empresa é constituída de UENs e, portanto, têm resultados finais que variam com essas flutuações exigindo tomadas de decisão que são facilitadas com o uso do Modelo proposto neste trabalho.

ABSTRACT

The production process of co-products is characterized by the processing of only one specific raw material to obtain several final products. This is a typical process in the majority of chemical, petroleum and agricultural industries strongly developed in Brazil. Some examples are coffee, fruit juice and sugar cane processing plants.

This paper proposes a system that aims at processing management that takes into consideration the treatment of process-related variables such as volumes and flow rates, as well as economic factors, labor, material costs and selling prices.

This system allows the process manager to set up the instruments and equipment working conditions, to obtain maximum profitability and best cost-benefit ratio by the adjustment of product ratio.

This paper presents a physical-economic management model to be used in the analysis of the operational results of co-product process production.

The system is primarily based on the Co-products Process Production, Strategic Business Unit and Continuous process Monitoring System.

As it does not take into account fixed allocation cost, the economic model of the co-products processing makes use of direct cost defrayal system.

The Strategic Business Unit makes use of the result-centered administration, in which each activity defined in the process is responsible for its own result based on managing best-practices of the whole chain of productive process from raw material to finished products.

A Continuous Process Monitoring System, is composed of a fully integrated information technology system that supervises the equipment and machinery of the whole productive process.

Such Monitoring Systems are largely used in continuous process plants in the management of instruments and equipment, monitoring their status and making diagnostics of malfunctions and predicting failures.

To summarize, each business unit is responsible for its own costs and results which are a function of market and economic fluctuations. In these BU-based units companies the final results will be dependent on such fluctuations. The decision actions are easily improved using the proposed model.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	
AGRADECIMENTOS	
PREFÁCIO	
RESUMO	
ABSTRACT	
SUMÁRIO	
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xvi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO	2
1.2 CONTRIBUIÇÃO DO TRABALHO.....	3
1.3 METODOLOGIA	3
1.3.1 Classificação das pesquisas segundo os objetivos gerais.....	4
1.3.2 Classificação das pesquisas segundo as técnicas utilizadas.....	5
1.3.3 Escolha do tipo de pesquisa conforme os conceitos gerais.....	8
1.3.4 Escolha do método de pesquisa segundo a técnica utilizada	8
1.3.5 Para validar a tese	9
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	10
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	12
2.1 A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE CONTROLE.....	12
2.2 SITUAÇÃO ATUAL.....	13
2.2.1 A arquitetura híbrida em redes de automação de controle de processos.	13
2.2.2 A complexidade do processo de produção de produtos conjuntos	14
2.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PRODUTOS CONJUNTOS	15
2.3.1 Determinação	15
2.3.2 Caracterização	16
2.3.3 Processos adicionais alternativos	18
2.3.4 Processos adicionais obrigatórios	18
2.3.5 Processos adicionais em múltiplas opções.....	19
2.4 SISTEMA DE CUSTEIO DIRETO	19
2.4.1 Custos.....	20
2.5 CUSTO DOS SUB-PRODUTOS E DOS PRODUTOS CONJUNTOS	21
2.6 O MODELO ECONÔMICO EM PRODUÇÃO CONJUNTA	22
2.6.1 Modelo econômico em processos adicionais alternativos	23
2.6.2 Modelo econômico em processos adicionais obrigatórios.....	24
2.6.3 Modelo econômico em processamentos adicionais em múltiplas opções	25
2.6.4 O modelo econômico completo	26
2.7 PARÂMETROS E <i>MIX</i> DE PRODUÇÃO.....	27
2.8 A MONITORAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PRODUTOS CONJUNTOS ATRAVÉS DE CONTROLADORES AUTOMÁTICOS	28
2.9 SISTEMA AUTOMÁTICO DE MONITORAÇÃO	29
2.9.1 A parte de comando – <i>software</i> de gerenciamento de ativos.....	29
2.9.2 A parte de operação - modelo físico ou sistema de monitoramento	31
2.10 UNIDADE ESTRATÉGICA DE NEGÓCIO	34
2.10.1 Como definir a UEN	34

2.10.2	Benefícios da adoção do conceito de UEN	35
3	MODELO PARA GESTÃO FÍSICO-ECONÔMICA NA PRODUÇÃO CONJUNTA.....	36
3.1	INTEGRAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO AO MODELO ECONÔMICO	36
3.1.1	Medidas nas unidades estratégicas de negócio	36
3.2	DESCRIÇÃO DOS DIFERENTES PROCESSOS DE ACORDO COM O MODELO ECOMÔMICO PROPOSTO POR BRUNSTEIN.....	38
3.2.1	Sistema de monitoramento no processamento adicional alternativo ...	38
3.2.2	Sistema de monitoramento no processamento adicional obrigatório...	39
3.2.3	Sistema de monitoramento no processamento em múltiplas opções ...	39
3.2.4	Sistema de monitoramento completo	40
3.3	O SISTEMA DE MONITORAMENTO PROPOSTO.....	41
3.3.1	Rendimento – conceito.....	43
3.4	ALGUMAS ANÁLISES ECONÔMICAS NA GESTÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PRODUTOS CONJUNTOS	44
3.4.1	Análise do ponto de equilíbrio.	44
3.4.2	Análise da margem de contribuição.....	45
3.4.3	Parâmetro de trabalho	46
4	AS TOMADAS DE DECISÃO.....	48
4.1	DECISÕES DE CARÁTER ECONÔMICO	49
4.1.1	Decisões econômicas estratégicas.....	49
4.1.2	Decisões econômicas táticas	50
4.1.3	Decisões econômicas operacionais	50
4.2	DECISÕES DE CARÁTER FÍSICO.....	50
4.2.1	Decisões físicas estratégicas	50
4.2.2	Decisões físicas táticas.....	50
4.2.3	Decisões físicas operacionais.....	50
4.3	AS DECISÕES SOBREPOSTAS	51
4.4	COMPATIBILIZAÇÃO DOS MODELOS – COMO UTILIZAR A PIRÂMIDE DE DECISÕES.....	52
5	SIMULAÇÃO DE UMA USINA	55
5.1	DESCRIÇÃO DO PROCESSO.....	55
5.1.1	Processamento conjunto.....	56
5.1.2	Processamento adicional alternativo	56
5.1.3	Processamento adicional obrigatório	56
5.1.4	Processamento em multiplas opções.....	57
5.2	DADOS FÍSICOS DO PROCESSO.....	57
5.3	DADOS ECONÔMICOS DO PROCESSO	58
5.4	SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE	59
5.5	DESCRIÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA SIMULAÇÃO.....	60
5.6	CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO	68
6	CONCLUSÕES.....	73
	ANEXO A.....	77
	ANEXO B.....	86
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
	GLOSSÁRIO	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Processo de produção de produtos conjuntos.....	16
Figura 2.2	Configuração básica do processamento conjunto.....	17
Figura 2.3	Configuração básica do processamento adicional alternativo.....	18
Figura 2.4	Configuração básica do processamento adicional obrigatório.....	19
Figura 2.5	Configuração básica do processamento em múltiplas opções.....	19
Figura 2.6	Modelo econômico do processo adicional alternativo.....	23
Figura 2.7	Modelo econômico do processo adicional obrigatório.....	24
Figura 2.8	Modelo econômico para processamento em múltiplas opções.....	25
Figura 2.9	Modelo completo de processamento conjunto.....	26
Figura 2.10	Típico sistema supervisor utilizando instrumentos inteligentes.....	30
Figura 2.11	Unidade de Processamento A1.....	34
Figura 3.1	Controlador instantâneo.....	37
Figura 3.2	Controlador acumulativo.....	37
Figura 3.3	Sistema de monitoramento no Processo Adicional Alternativo.....	38
Figura 3.4	Sistema de monitoramento no Processo Adicional Obrigatório.....	39
Figura 3.5	Sistema de monitoramento no Processo em Adicional em Múltiplas Opções.....	40
Figura 3.6	Sistema completo de monitoração.....	41
Figura 3.7	Unidade de Processamento A2.....	42
Figura 3.8	Representação uma UEN no modelo físico-econômico integrado.....	43
Figura 3.9	Modelo físico-econômico para processamento conjunto.....	43
Figura 3.10	Pontos de Equilíbrio para lucro zero e mínimo.....	46
Figura 3.11	Ponto de Equilíbrio para lucro máximo e mínimo.....	47
Figura 4.1	Pirâmide hierárquica de decisão.....	48
Figura 4.2	Pirâmide hierárquica de decisões econômicas.....	49

Figura 4.3 Pirâmide hierárquica de decisões operacionais	51
Figura 4.4 Pirâmide hierárquica de decisões adaptada ao modelo integrado	52
Figura 5.1 Configuração do processamento conjunto de uma usina de açúcar e álcool	55
Figura 5.2 Fluxograma da produção de uma usina de açúcar e álcool	56
Figura 5.3 Diagrama do sistema DeltaV adaptado ao modelo de Brunstein	60
Figura 5.4 Exemplo de planilha de resultados de processo.	61
Figura 5.5 Resultado instantâneo da MSBC e RES	61
Figura 5.6 Volume de processamento de cana, açúcar e álcool.....	62
Figura 5.7 Custo Fixo e MBC da mistura e da transformação de 100% da cana em destilado, açúcar ou álcool.	62
Figura 5.8 Custo Fixo e MBC planejada e real de uma mistura de destilado, açúcar e álcool.	63
Figura 5.9 Tela de resultados do processamento.	64
Figura 5.10 Fluxograma Dinâmico	66
Figura 5.11 Tela do DeltaV para monitoramento e simulação da usina em estudo.	67
Figura 5.12 Gráfico do RES instantâneo * Velocidade de Moagem	69
Figura 5.13 Tela do DeltaV para o cenário 9 da simulação da Rosa S. A.	70
Figura 5.14 Tela do fluxograma dinâmico da Rosa S. A.	71
Figura 5.15 Planilha de Resultados da Rosa S. A.	72
Figura A.1 Comportamento de um controlador de temperatura tipo “Drift Alert”	77
Figura A.2 Sistema de controle de temperatura tipo Termopar	78
Figura A.3 Curva característica dos sensores de temperatura RTD.....	79
Figura A.4 Sensor de pressão capacitivo	80
Figura A.5 Sensor de pressão Piezoresistiva	81
Figura A.6 Medidor de vazão – Placa de Orifício	82
Figura A.7 Medidor de vazão – Tubo de Pitot.....	82

Figura A.8	Formação do vórtice	83
Figura A.9	Medidor de vazão tipo Vortex	83
Figura A.10	Princípio Coriolis.....	84
Figura A.11	Medidor de Pressão tipo ANNUBAR.....	84
Figura A.12	Esquema de um Medidor Magnético de Vazão	85
Figura B.1	Gabinets para alojamento de componentes eletrônicos usados no início da geração da eletrônica digital.....	87
Figura B.2	Esquema de um SDCD	89
Figura B.4	Arquitetura Híbrida de Controle de Processo – um exemplo.	91
Figura B.5	Foto de uma moderna cabine de comando de uma planta com processamento contínuo	92
Figura B.6	Típico barramento Fieldbus.	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Características e aplicações de cada tipo de pesquisa. <i>Adaptação a partir de GIL (1995)</i>	7
Tabela 1.2 – Características da pesquisa.....	10
Tabela 4.1 – Exemplos de entradas e saídas a serem avaliadas para medição do resultado	53
Tabela 5.1 - Resumo dos produtos e quantidades obtidos de 1 tonelada de cana....	58
Tabela 5.2 - Custos Fixos Próprios para as UENs numa safra	58
Tabela 5.3 - Custos Variáveis para os produtos numa safra	59
Tabela 5.4 - Custos e Preços	68
Tabela 5.5 - Resultado do Processamento no período	69

1 INTRODUÇÃO

Para garantir espaço em um mercado cuja tônica é a acirrada competitividade – decorrente da globalização da economia e das exigências do consumidor -, a indústria tem sofrido profundas transformações, que compreendem desde a incorporação de novas ferramentas tecnológicas até a reestruturação organizacional.

Assim sendo, SIQUEIRA (2004) lembra que “a competitividade tem exigido das empresas o aprimoramento da qualidade em todos os processos e atividades que executam, procurando obter a aceitação de seus produtos e/ou serviços e alcançar não apenas a permanência no mercado que atuam, mas também, outros objetivos desejados.”

E, de vez que para sobreviver a empresa tem que ser competitiva, é necessário que a produção tenha baixo custo e alta qualidade, ou seja, equipamentos, matéria prima e mão-de-obra devem ser utilizados de forma eficaz.

De acordo com MUSCAT; (1987), a empresa deve definir, medir e monitorar indicadores na estrutura de ações para melhorar o desempenho.

Qualquer alteração no quadro produtivo de uma atividade modificará o resultado geral da empresa. Essas alterações têm origens diversas, como o valor da mercadoria e a qualidade da mão-de-obra, a inclusão de novos equipamentos, o aumento ou a diminuição do volume de produção, o custo da matéria-prima e a inclusão ou exclusão de produto(s).

Desta forma, o processo de análise e tomada de decisões por parte da empresa deve ser ágil, e essa agilidade só é possível se existirem informações precisas e instantâneas - o que requer um sistema de monitoramento automático da produção. Alguns sistemas para gerenciamento de processos já dispõem de arquiteturas que permitem diminuir os custos de projetos, de instalação e de manutenção, além de operarem as suas plantas de maneira segura e eficiente.

BRUNSTEIN; TOMIYA (1995, p. 1) afirmam que “A principal utilização de modelos econômicos de empresa está relacionada com a quantificação de benefícios econômicos ou impactos econômicos na estrutura física da empresa, podendo ser um interessante sistema de apoio a decisões”.

As empresas de processos contínuos - nas quais a entrada da matéria-prima e a saída do produto acabado estão muito bem definidas - são as que melhor se adaptam ao uso da tecnologia de controle de processos. Por essa razão, as empresas que são líderes em seus segmentos são aquelas mais fortemente equipadas com sistemas automatizados para monitoramento do processo de produção.

Muitas das empresas de produção contínua são caracterizadas pelo processo de produção de produtos conjuntos, cuja característica é a obtenção de mais de um produto a partir de uma única matéria-prima (BRUNSTEIN, 1994).

Com a utilização de sistemas para o gerenciamento de processos, a decisão é baseada em caráter estritamente técnico, ou seja: os dados são obtidos diretamente na fonte, sem a interferência humana e dentro de uma abordagem sistêmica. Assim sendo espera-se que, em empresas que adotam o processo de produção de produtos conjuntos, o sistema de gerenciamento seja capaz de definir as condições de mínima produção e máximo lucro, com base nos dados coletados através de meios eletrônicos. Para tanto, esse sistema deve permitir a implementação de análises baseadas no rendimento, na produtividade, no ponto de equilíbrio e na condição econômica de produção, dentre outras.

1.1 OBJETIVO

Novas oportunidades surgem a todo instante e, para a tomada de decisão, o empresário necessita estar munido de ferramentas eficazes. Por essa razão, a otimização do processo de análise e tomada de decisões constitui-se em um dos principais objetos de interesse de pesquisadores e administradores.

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo comprovar a existência de uma interface entre um modelo econômico e um sistema de monitoramento que pode facilitar a gestão nas tomadas de decisões, otimizando a apuração dos

resultados do processamento em empresas com processo de produção de produtos conjuntos. O modelo proposto obedece à seqüência do processo produtivo, utilizando dados operacionais e valores que compõem o custo direto do produto. O processamento desses dados revela a contribuição direta de cada produto na apuração do resultado da empresa.

A apuração do resultado do processamento leva em conta não só os resultados operacionais - tais como volume de produção, produtividade etc. -, mas também as condições econômicas vigentes - como preços, custos etc.

1.2 CONTRIBUIÇÃO DO TRABALHO

Com foco no objetivo citado no item 1.1 deste capítulo, o modelo proposto nesta investigação pode facilitar as tomadas de decisões em empresas que adotam o processo de produção de produtos conjuntos, pois permite:

- tomadas de decisão baseadas tanto nas condições do processo quanto nas condições econômicas;
- tomadas de decisão com precisão e agilidade, de caráter estritamente técnico;
- estabelecimento das condições de operação de produção, de forma a obter o máximo resultado;
- ampla aplicação em empresas desse tipo, como as indústrias químicas, petroquímicas e agro-industriais.

1.3 METODOLOGIA

De acordo com GIL (1995), a pesquisa pode ser definida como um procedimento racional e sistêmico. Dado um problema, a pesquisa procura respostas para ele. A pesquisa torna-se necessária quando o conjunto de dados é inexistente, insuficiente como suporte à solução do problema em questão ou quando os dados, mesmo que existentes, encontram-se em desordem tal que não sejam adequados à procura da solução proposta.

1.3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS PESQUISAS SEGUNDO OS OBJETIVOS GERAIS

Com base em seus objetivos gerais, as pesquisas se classificam, segundo GIL (1995), em:

- **Exploratórias:** são aquelas que procuram se familiarizar com o problema, visando torná-lo mais explícito ou construindo hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal a concepção de idéias ou descobertas que conduzam a intuições. Seu planejamento é flexível, de modo a possibilitar a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado.
- **Descritivas:** têm como objetivo principal a descrição das características de determinado fenômeno, estabelecendo relações entre variáveis. Uma de suas características significativas é a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática. Determinadas pesquisas descritivas ultrapassam a simples identificação da existência de relações entre variáveis, aproximando-se da determinação da natureza dessa relação e, assim, tornam-se muito semelhantes às pesquisas explicativas.
- **Explicativas:** o objetivo destas pesquisas é identificar os fatores que determinam - ou que contribuem para - a ocorrência dos fenômenos. As pesquisas explicativas são aquelas que mais se aprofundam no conhecimento da realidade, pois explicam a razão e o porquê das coisas. A evolução do conhecimento científico deve-se, em grande parte, aos resultados oferecidos pelos estudos explicativos. Isso não significa, contudo, que as pesquisas exploratórias e descritivas tenham menor valor, visto que quase sempre constituem etapa prévia indispensável para que se possam obter explicações científicas. Uma pesquisa explicativa pode ser a continuidade de outra, de caráter descritivo.

1.3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS PESQUISAS SEGUNDO AS TÉCNICAS UTILIZADAS

Quanto aos procedimentos técnicos utilizados, tem-se uma outra forma de classificar as pesquisas.

Para BRYMAN (1995), os principais métodos de pesquisa quanto aos procedimentos técnicos são: experimental, de levantamento, estudo de caso e ativa.

Já GIL (1995) estabelece outra classificação para as pesquisas em função dos procedimentos técnicos utilizados. Essa classificação é um pouco mais detalhada que aquela apresentada por Bryman, embora de essência semelhante, conforme descrição abaixo:

- **Bibliográfica:** elaborada a partir de material já existente e analisado, constituído principalmente por livros e artigos científicos. Boa parte dos estudos exploratórios pode ser definida como pesquisa bibliográfica.
- **Documental:** muito semelhante à pesquisa bibliográfica, da qual difere apenas pela natureza da fonte utilizada: enquanto a pesquisa bibliográfica utiliza a contribuição de outros estudiosos, a pesquisa documental apoia-se em materiais que ainda não receberam análise e tratamento.
- **Experimental:** o experimento representa a base da pesquisa científica. Determinado um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis capazes de influenciá-lo e definem-se as formas de controle e de observações dos efeitos que tais variáveis podem produzir no objeto.
- **Ex *post-facto*:** é o experimento que é realizado depois da ocorrência dos fatos. O pesquisador não tem controle sobre as variáveis, e situações que se desenvolvem natural e espontaneamente são tomadas como experimentos, sendo analisadas como se houvesse controle sobre as variáveis.
- **De levantamento** - conhecida como *survey-research* -: trabalha com a coleta de dados através de questionários auto-aplicáveis ou de entrevistas estruturadas ou direcionadas, aplicadas a uma amostra

significativa de fontes de um problema a ser estudado para, posteriormente, mediante análise quantitativa, obterem-se as conclusões correspondentes aos dados coletados. Normalmente é adotada quando da utilização de procedimento estatístico, e uma amostra significativa do universo é tomada como objeto da investigação; as conclusões obtidas a partir da amostra são projetadas para o universo, levando-se em consideração a margem de erro estatístico. É indicada para estudos descritivos.

- **Estudo de caso:** caracteriza-se pelo estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objeto(s), de forma a permitir o seu amplo e detalhado conhecimento. A vantagem dessa técnica de pesquisa consiste em estimular novas descobertas: como o seu planejamento é flexível, o pesquisador pode ser levado a novas descobertas, que podem se tornar mais relevantes que a solução do problema inicial. A desvantagem é a dificuldade na generalização dos resultados obtidos: pode ocorrer que a unidade escolhida para investigação não seja representativa do universo, tornando o resultado da pesquisa também bastante anormal.
- **De ação:** pesquisa com base empírica, que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação e/ou com a resolução de um problema; nela, os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. Esse tipo de pesquisa é alvo de controvérsias, pois exige o envolvimento ativo do pesquisador e das pessoas envolvidas no problema. Apesar disto, é reconhecida como útil por pesquisadores adeptos de ideologias reformistas.
- **Participante:** é aquela que o pesquisador desenvolve em associação com uma ação e/ou com a resolução de um problema; também nela, os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo, mas a ação de caráter investigativo é executada de forma planejada.

A Tabela 1.1 ilustra as características/aplicações de cada tipo de pesquisa.

Tabela 1.1 – Características e aplicações de cada tipo de pesquisa.
Adaptação a partir de Gil (1995)

CATEGORIAS	DESCRIÇÃO SUSCINTA	VANTAGENS	LIMITAÇÕES	APLICAÇÃO
BIBLIOGRÁFICA	Desenvolvida a partir de material pré-existente	Ampla cobertura dos fenômenos	Fontes secundárias podem apresentar dados coletados de forma errônea	A maioria dos estudos exige esse tipo de pesquisa
DOCUMENTAL	Utiliza material já existente, mas não tratado analiticamente.	Documentos são rica fonte de dados, pois subsistem ao tempo.	Os critérios de análise dos documentos são subjetivos	Melhoria da visão de um problema ou da geração de hipóteses
EXPERIMENTAL	Determinado um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis, definem-se as formas de controle e observam-se os efeitos das variáveis no objeto.	Elevado grau de clareza, precisão e objetividade.	Não adequada nos processos sociais por exigir previsão de relações	Altamente recomendada nas Ciências Físicas e Biológicas
EX POST FACTO	São tomadas situações que se desenvolveram espontaneamente e seu tratamento posterior ocorre exatamente como os experimentos propriamente ditos	Como considera fatos históricos é muito útil à investigação de fatos sociais e econômicos	O pesquisador não tem controle prévio sobre as variáveis	Áreas sociais e econômicas
LEVANTAMENTO	Interrogação direta procurando conhecer fatos ou comportamentos objetos do estudo	Conhecimento direto da realidade, economia, rapidez, dados quantificáveis.	Ênfase nos aspectos perceptivos, pouca profundidade.	Ênfase nos aspectos perceptivos, pouca profundidade.
ESTUDO DE CASO	Estudo profundo de um (ou poucos) objeto com amplo detalhamento	Estímulo a novas descobertas, ênfase na totalidade, simplicidade de procedimentos.	Dificuldade de generalização dos resultados obtidos	Pesquisas exploratórias
PESQUISA AÇÃO	A base é empírica e é realizada juntamente com uma ação efetiva do pesquisador na solução de um problema coletivo	Participação do pesquisador na solução do problema	Podem em certos casos estar desprovida de objetividade	Quando houver a ocorrência de oportunidade
PARTICIPANTE	Caracteriza-se pela interação entre o pesquisador e membros das situações investigadas	Ação planejada de caráter investigativo	Em alguns casos pode ocorrer a confusão com algum tipo de ciência popular	Interpretação científica da realidade

1.3.3 ESCOLHA DO TIPO DE PESQUISA CONFORME OS CONCEITOS GERAIS

A definição do tipo de pesquisa é de fundamental importância para garantir a sua validade, e o método escolhido deve estar alinhado com o objetivo proposto. Sendo as pesquisas qualitativas ou quantitativas, o método proposto deve distinguir qual a abordagem mais adequada ao trabalho. A pesquisa quantitativa está relacionada a considerações prévias da teoria, e a pesquisa qualitativa está mais relacionada ao pesquisador como fonte de análise da informação. A pesquisa quantitativa permite maior proximidade do pesquisador com o objeto da pesquisa - explorando sua percepção -, maior flexibilidade exploratória e maior domínio do investigador sobre as etapas da pesquisa - planejamento.

As respostas a questões do tipo: “quem”, “o quê”, “onde”, “como” e “por que” podem indicar o modelo de pesquisa mais adequado. Respostas a “como” e “por que” são relacionadas ao caráter exploratório da pesquisa e mais próximas da abordagem qualitativa, ao passo que respostas às indagações “o quê”, “quem” e “onde” sugerem tratamento quantitativo (YIN, 1994).

Considerando os aspectos envolvidos nas classificações descritas, conclui-se que a abordagem qualitativa é a mais adequada para atender ao objetivo do presente trabalho. A escolha dessa abordagem se justifica pela necessidade de envolvimento do pesquisador ao objeto de estudo e/ou à fonte dos dados, tendo em vista as variáveis abrangentes relacionadas ao tema proposto e a necessidade de um envolvimento perceptivo sobre as ações gerenciais da organização, além do requisito de confiabilidade dos dados e informações a serem coletados.

1.3.4 ESCOLHA DO MÉTODO DE PESQUISA SEGUNDO A TÉCNICA UTILIZADA

O objetivo do trabalho ajuda a definir o método de pesquisa a ser adotado. Assim, e até para justificar o método escolhido na presente investigação, os diferentes métodos de pesquisa são analisados a seguir, e confrontados com o objetivo proposto:

- **Bibliográfica:** o material disponível sobre o assunto - estruturas organizacionais para a gestão de processos de produção de produtos

conjuntos integrados com sistemas automáticos - é bastante restrito, o que inviabiliza a sua utilização.

- **Documental:** a ausência de documentação em quantidade aceitável não permite a utilização deste método.
- **Experimental:** para a aplicação deste método é necessária a criação de um modelo e sua aplicação, o que é o caso da proposta de validação desta tese.
- **Ex *post-facto*:** esta tese não contempla situações que espontaneamente se desenvolveram no passado e no momento atual, daí não merecer uma análise desse tipo.
- **De ação:** devido ao planejamento e aos trabalhos que se desenvolveram, não fica caracterizada uma pesquisa deste modelo.
- **Participante:** seria a melhor opção mas, mas por falta de oportunidade e em função da dificuldade de encontrar uma empresa piloto, este modelo foi descartado.
- **De levantamento:** a característica do objetivo proposto não inclui a ampla pesquisa de situações semelhantes preconizadas para este modelo.
- **Estudo de caso:** não se trata de um estudo de caso, pois houve a participação do pesquisador no estabelecimento dos conceitos, que ocorreu ao longo do trabalho conjunto com os demais participantes da ação.

1.3.5 PARA VALIDAR A TESE

Como resultado da comprovação da existência da interface entre o modelo econômico e um modelo físico – tese defendida nesse trabalho – teremos um modelo de gestão, resultado da junção entre um modelo econômico já existente e um sistema de monitoramento de uma empresa caracterizada pelo processamento conjunto.

Há necessidade de desenvolver um simulador de produção. Existe um *software* desenvolvido por uma empresa fornecedora de tal tecnologia que, com algumas alterações, será adaptado ao modelo em estudo. Esse *software* - que simula uma empresa real - será o laboratório para a aplicação do experimento. Serão coletados os dados operacionais que, depois de processados no modelo econômico e conforme o desempenho da produção, apresentarão o resultado econômico naquele momento ou período. A partir desse resultado poderão ser tomadas outras decisões, passíveis de serem novamente simuladas e implementadas.

Assim sendo, a presente investigação apresenta as características constantes da Tabela 1.2.

Tabela 1.2 – Características da pesquisa.

CLASSIFICAÇÕES	TIPO
Quanto ao objetivo da pesquisa:	Exploratório
Quanto ao conceito geral:	Pesquisa qualitativa
Quanto à tecnologia utilizada:	Pesquisa experimental

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente capítulo traz uma breve introdução sobre o tema, define os objetivos e a metodologia da pesquisa.

O capítulo 2 descreve - com base na literatura existente -, a evolução dos controles ou sistemas, desde os seus primórdios.

No capítulo 3 tem-se a apresentação do modelo proposto, a saber MODELO PARA GESTÃO FÍSICO-ECONÔMICA NA PRODUÇÃO CONJUNTA.

O capítulo 4 apresenta as TOMADAS DE DECISÕES, com base na pirâmide hierárquica de decisão. Para melhor compreensão, essa pirâmide foi aplicada tanto às decisões de caráter econômico quanto àquelas de caráter físico e, ao final, foi compatibilizada com o modelo proposto.

O capítulo 5 analisa a viabilidade de implantação do modelo proposto. Para tanto, procedeu-se à simulação da aplicação desse modelo em uma empresa

típica de processo de produção de produtos conjuntos, no caso uma usina de açúcar e álcool.

As conclusões da presente investigação constam do capítulo 6.

Por fim informações complementares ilustram e esclarecem:

Anexo A – equipamentos monitoráveis para controle de temperatura, pressão, vazão e volume no processo de produção contínua.

Anexo B – sistemas e equipamentos que compõe a interface entre sistema de monitoramento (base de dados) e equipamentos de controle.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo descreve a evolução dos controles ou sistemas, desde os Sistemas Mecânicos e Pneumáticos às Arquiteturas Híbridas de Controle de Processos.

2.1 A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE CONTROLE

No final da década de 50, a instrumentação para medição e controle regulatório era predominantemente pneumática. Os primeiros equipamentos eletrônicos eram grandes e consumiam muita energia, pois utilizavam válvulas. Os acionamentos e intertravamentos - ligações ordenadas entre os equipamentos - eram feitos por relés.

No final da década de 60 foi instalado, em uma fábrica de automóveis, o primeiro controlador lógico programável (PLC) - denominado *Modular Digital Controller* -, para verificar a continuidade da fiação elétrica dos carros. Dessa época em diante, o PLC vem sendo utilizado, em substituição aos painéis de relés e de forma muito eficiente, para o intertravamento e o seqüenciamento entre equipamentos.

Graças à evolução dos componentes eletrônicos e à necessidade de melhorar o desempenho dos sistemas de automação nas aplicações de controle regulatório, na metade da década de 70 surgiu o primeiro Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), que possibilitou as interfaces homem-máquina com o emprego de monitores de vídeo, facilitando assim o trabalho dos operadores. Entretanto, para executar muitas aplicações de intertravamento, os SDCDs ainda precisavam dos PLCs.

Já no início da década de 90 foram disponibilizados diversos protocolos digitais de comunicação abertos que, nos dias que correm, são conhecidos genericamente como *fieldbus*.

Atualmente são utilizadas as arquiteturas híbridas, desenvolvidas desde o seu início com *hardware* e *software* para acomodar os sinais de entrada e saída convencionais e os protocolos digitais de comunicação *fieldbus*. Essas arquiteturas híbridas têm aplicações como a monitoração e o controle de equipamentos como solenóides, válvulas *ON-OFF*, inversores de frequência, interfaces de conexão de botoeiras de liga-desliga, *micro-switches* com atuação etc.

2.2 SITUAÇÃO ATUAL

A concorrência cada vez mais acirrada no mercado não permite às empresas desperdícios no processo produtivo. O objetivo da fábrica moderna é funcionar sem interrupções e sem oscilações que alterem o ritmo e prejudiquem ou levem a provocar desperdícios. Especificamente no caso de indústrias de processamento contínuo – que são o objeto deste trabalho -, uma das tecnologias disponíveis no mercado é oferecida pela empresa *Emerson Process Management*, com a logomarca *Plantweb*.

Assim, e para melhor compreender o atual patamar de controle de processos em empresas com processamento contínuo, algumas informações do manual do sistema *Plantweb* (EMERSON PROCESS MANAGEMENT, 2003), devem ser analisadas.

2.2.1 A ARQUITETURA HÍBRIDA EM REDES DE AUTOMAÇÃO DE CONTROLE DE PROCESSOS

Em redes de automação de controle de processos, a arquitetura híbrida é uma solução que permite o gerenciamento de ativos, o controle do processo e a execução do gerenciamento. Para tanto, conta com três componentes-chaves:

- DISPOSITIVOS INTELIGENTES DE CAMPO;
- PLATAFORMAS E PADRÕES; e
- *SOFTWARE* MODULAR INTEGRADO.

Esses componentes em rede estão conectados pelos padrões de comunicação abertos, que incluem o *Foundation fieldbus* no nível de campo, a *Ethernet* no nível da planta, e o *Object Linking and Embedding* (OPC) no nível empresarial. Nessa solução, todos os componentes agem como nós na rede, ou seja,

coletam, distribuem e utilizam as informações. De forma simplificada, o *Plantweb* funciona da seguinte forma:

- DISPOSITIVOS INTELIGENTES COLETAM INFORMAÇÕES;
- UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RECEBE AS INFORMAÇÕES, QUE SÃO FACILMENTE GERENCIADAS PARA O CONTROLE DO PROCESSO E A EXECUÇÃO DAS FUNÇÕES DE GERENCIAMENTO (comandos); e
- UM *SOFTWARE* PROCESSA A INFORMAÇÃO PARA ADICIONAR A FUNCIONALIDADE DE GERENCIAMENTO DE ATIVOS (equipamentos).

O uso desse sistema proporciona os seguintes resultados:

1. redução da variabilidade do processo;
2. aumento da disponibilidade da planta;
3. redução de custos de engenharia e de capital.;
4. redução de custos de manutenção e de operação; e
5. minimização de custos de regulamentação, como por exemplo emissão de documentos de acordo com a norma ISO-9000.

Vale observar que dentre as configurações pesquisadas e consultadas, desde a mais simples até a mais complexa, não foi encontrada nenhuma configuração que considerasse as variáveis econômicas no sistema de monitoração.

2.2.2 A COMPLEXIDADE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PRODUTOS CONJUNTOS

A instalação de uma petroquímica compreende centenas de válvulas, bombas e outros equipamentos interligados e dependentes entre si que, durante o funcionamento, têm que ser operados simultaneamente. Quando a rotação de uma bomba é modificada, é necessário alterar também a abertura de uma ou várias válvulas. Assim, o projeto de instalação dessa petroquímica deve prever condições que favoreçam tal operação.

A justificativa das empresas que adotam a arquitetura híbrida é que o projeto de instalação e manutenção dessa planta é significativamente mais barato, e sua operação mais segura e eficiente.

2.2.2.1 O que é uma planta de processamento contínuo trabalhando em rede

Ainda com base no caso da petroquímica acima citada, na hipótese de que a entrada de maior volume de matéria-prima imponha um aumento da produção, todas as estações de processamento deverão aumentar o seu ritmo de produção para dar vazão ao novo volume exigido.

Esse aumento de ritmo deve ser feito de alguma forma, através de um comando. No caso, esse comando é implementado remotamente, através de um sinal por dispositivo eletrônico, de acordo com uma seqüência lógica relacionada ao processo. Assim, toda a planta passa a trabalhar com um novo volume de produção, até que uma alteração ou um novo comando ocorram.

2.2.2.2 A manobra da planta

Da mesma forma que o volume de produção aumenta ou diminui, o resultado pode ser maior ou menor.

Se houver alteração no *mix* de produção, com aumento do volume de produtos de maior rentabilidade e conseqüente diminuição do volume de produtos deficitários, ocorrerá um aumento no resultado econômico. Assim sendo, é possível encontrar o *mix* que proporcione o melhor resultado, mas isso só será viável se a empresa contar com um sistema de processamento instantâneo dos dados de produção.

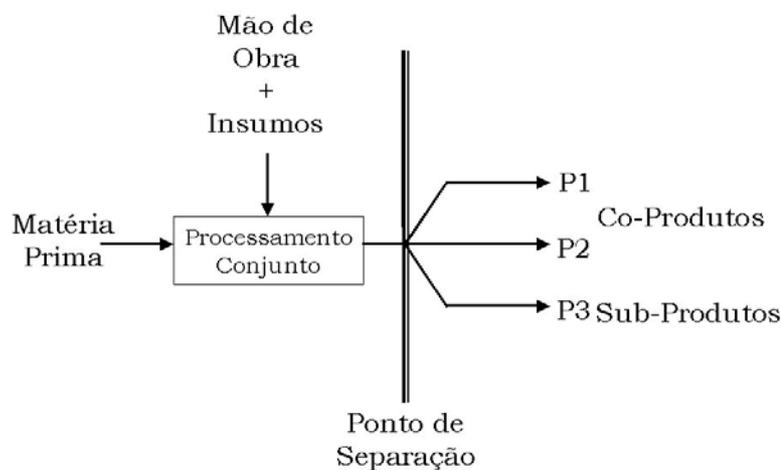
As plantas equipadas com sistemas de monitoramento em rede provêem esse tipo de função, desde que possuam sistemas como o Modelo Econômico em Processo de Produção de Produtos Conjuntos proposto por BRUNSTEIN (1994), acoplado a - e alimentado por - um sistema híbrido.

2.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PRODUTOS CONJUNTOS

2.3.1 DETERMINAÇÃO

Como postula MARTINS (1991, p. 177), “em muitas empresas de Produção Contínua existe o fenômeno da Produção Conjunta, que é o aparecimento

de diversos produtos a partir, normalmente, da mesma matéria prima. É o caso do tratamento industrial da quase totalidade dos produtos naturais; por exemplo, aparecimento de óleo, farelo etc., no beneficiamento da soja; ossos, diferentes tipos de carnes etc., no abate do boi; gasolina, querosene, emulsão asfáltica etc. no refino do petróleo; álcool, açúcar, bagaço na industrialização da cana de açúcar. Portanto de um mesmo material surgem diversos produtos ou conjuntos de produtos normalmente classificados em co-produtos e sub-produtos. A Produção Conjunta ocorre freqüentemente na indústria com Produção Contínua, mas pode eventualmente ocorrer em indústrias com Produção por Ordem (*job-shop*) como, por exemplo, na indústria de móveis de madeira por encomenda, onde, a partir de uma única tora, podem sair peças de diferentes qualidades, tais como costaneiras, cavacos e raspa de madeira, etc., que são também co-produtos ou sub-produtos”. A Figura 2.1 ilustra, esquematicamente, o processamento conjunto. Cabe observar que a produção conjunta por ordem não será tratada neste trabalho.



Fonte: Brunstein (1994; p. 2)

Figura 2.1 Processo de produção de produtos conjuntos.

2.3.2 CARACTERIZAÇÃO

Como anteriormente visto, a característica fundamental dos processos que resultam em produção conjunta é a obtenção compulsória de mais de um produto a partir de uma mesma matéria-prima (BRUNSTEIN, 1994). Conforme COPELANT; DASHER apud BRUNSTEIN (1994), os produtos decorrentes de processos de

produção de produtos conjuntos podem ser classificados em uma das três categorias abaixo:

- P1- CONJUNTO DOS PRODUTOS PRINCIPAIS

São os principais – e desejáveis - produtos da transformação da matéria-prima. Nos exemplos citados anteriormente, têm-se o óleo de soja, a carne dianteira de boi, a gasolina e o açúcar de cana.

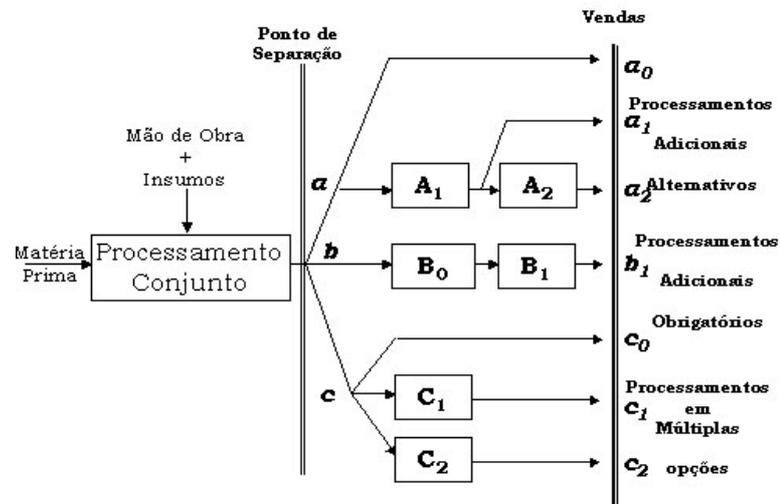
- P2 - CONJUNTO DOS PRODUTOS SECUNDÁRIOS

Não são necessariamente desejáveis, mas têm importância econômica relevante. São derivados da transformação da matéria-prima, e apresentam valor economicamente significativo. Assim, e ainda em função do primeiro exemplo, podem ser citados, neste conjunto, o farelo de soja derivado do processamento do óleo, as carnes traseiras de boi, o querosene ou o asfalto derivados do processamento da gasolina, e o álcool produzido a partir do melaço - resíduo do açúcar.

- P3 - CONJUNTO DOS SUB-PRODUTOS

Não apresentam importância econômica relevante, a critério da empresa. São sub-produtos ou resíduos da transformação da matéria-prima. Normalmente são tratados como resíduos industriais. É o caso do bagaço da cana, vinhoto ou restilo - resíduos do processamento da cana-de-açúcar e do álcool.

Os produtos dos conjuntos P1 e P2 são denominados co-produtos, e sua obtenção – que ocorre no ponto de separação – exige, da empresa, matéria-prima, mão-de-obra e insumos de produção, os quais implicam em custos na produção que, que dificilmente são identificados nos produtos de origem, a não ser quando os co-produtos são homogêneos, física e economicamente (MARTINS, 1991).



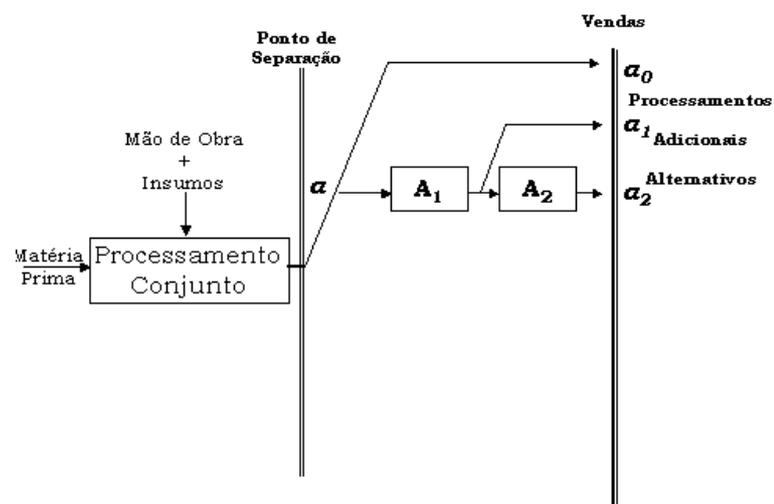
Fonte: Brunstein (1994; p. 2)

Figura 2.2 Configuração básica do processamento conjunto.

Em geral, os co-produtos não são comercializados como saem no ponto de separação, mas sim após processamentos adicionais, como mostra a Figura 2.2.

2.3.3 PROCESSOS ADICIONAIS ALTERNATIVOS

O co-produto a pode ser comercializado como tal ou, alternativamente, passar por um processamento adicional no estágio A_1 e ser vendido como a_1 ; este, por sua vez, pode ser vendido como tal ou passar por um processamento adicional A_2 e ser vendido como a_2 , e assim sucessivamente; como ilustra a Figura 2.3.

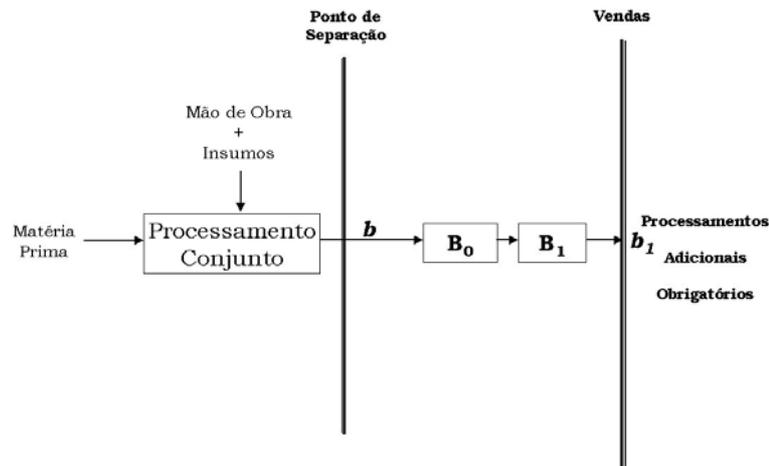


Fonte: Brunstein (1994) – Adaptação do autor

Figura 2.3 Configuração básica do processamento adicional alternativo.

2.3.4 PROCESSOS ADICIONAIS OBRIGATÓRIOS

O co-produto b só pode ser comercializado após passar pelos estágios de processamento adicional obrigatório B1 e B2, esquematicamente mostrados na Figura 2.4.

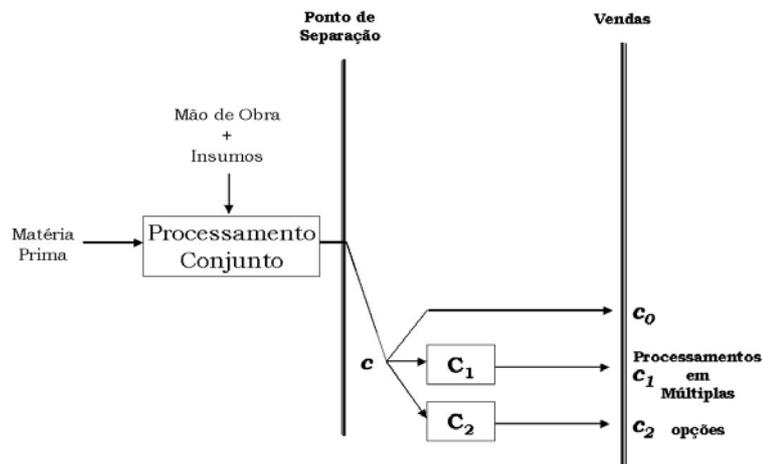


Fonte: Brunstein (1994) – Adaptação do autor

Figura 2.4 Configuração básica do processamento adicional obrigatório.

2.3.5 PROCESSOS ADICIONAIS EM MÚLTIPLAS OPÇÕES

O co-produto c pode ser comercializado como tal ou passar por qualquer um dos estágios - C1 ou C2 – e ser comercializado como um produto diferente em cada caso, como mostra a figura 2.5.



Fonte: Brunstein (1994) – Adaptação do autor

Figura 2.5 Configuração básica do processamento em múltiplas opções.

Estas configurações são as básicas, e podem ser facilmente identificadas. Em aplicações práticas, podem-se encontrar situações complexas que envolvam diferentes combinações destas configurações.

2.4 SISTEMA DE CUSTEIO DIRETO

BRUNSTEIN (1994) propõe, como base para a elaboração de um modelo econômico para produção conjunta, os conceitos de custeio direto. O custeio direto - também conhecido como custo variável - tem como característica a simplicidade, tanto de entendimento como de representação. A condição fundamental para o uso do custeio direto é que ele ocorra na produção e seja perfeitamente identificado.

2.4.1 CUSTOS

Ainda BRUNSTEIN (2001) considera os custos como: fixos, quando seus valores não se alteram com o volume produzido; e variáveis, quando seus valores aumentam ou diminuem com o volume produzido.

O sistema de custeio direto adotado por BRUNSTEIN (2001) utiliza a seguinte modelagem:

$$MSBC = MBC - CFP \quad (2.1)$$

$$MBC = RL - CV \quad (2.2)$$

$$RL = RB - DPF \quad (2.3)$$

onde

MSBC = margem semi-bruta de contribuição

MBC = margem bruta de contribuição

CFP = custo ou despesa fixa própria

RL = receita líquida

CV = custo variável

RB = receita bruta

DPF = despesas proporcionais ao faturamento

Nas DPF estão incluídas despesas de vendas como: impostos (ICM, IPI, PIS, COFINS), comissões de vendas, fretes, seguros, embalagens, *royalties* e algumas despesas financeiras.

Os custos ou despesas fixas próprias incorridos no processamento do produto devem ser cobertos pela atividade correspondente, resultando na MSBC. A MSBC mede a rentabilidade econômica do produto ou atividade para a empresa naquele período.

No caso do processamento conjunto o resultado do período (RES – resultado do processamento conjunto) é o somatório das MBC ou MSBC resultante do processo adicional alternativo, obrigatório e em múltiplas opções, deduzidas as despesas e custos fixos do período.

2.5 CUSTO DOS SUB-PRODUTOS E DOS PRODUTOS CONJUNTOS

Muitas empresa que têm o processo caraterístico de produção conjunta vêem-se às voltas com a difícil e complexa tarefa de atribuir custos a seus sub- produtos e/ou produtos conjuntos. O modelo a seguir, proposto por BRUNSTEIN (1994), é uma alternativa para essas empresas e a base fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

2.6 O MODELO ECONÔMICO EM PRODUÇÃO CONJUNTA

Considerando um curto prazo de planejamento - no qual a produção está definida -, as decisões de natureza econômica estão relacionadas com o nível de uso das instalações: a produção pode ser acelerada ou desacelerada, e a obtenção dos co-produtos, no ponto de separação, pode estar sujeita a modificações nas proporções entre elas até o limite técnico admitido pelo processo (BRUNSTEIN, 1994). Estas decisões dizem respeito principalmente ao processo de produção conjunta e, geralmente, estão associadas à quantidade e ao tipo de co-produtos obtidos em um período de tempo. Os custos relevantes envolvidos nestas decisões são os custos variáveis (BODT apud BRUNSTEIN, 1994). Nos processamentos adicionais, as decisões dizem respeito aos produtos finais que serão obtidos. Tais

processamentos, como já visto, podem ser: adicionais alternativos, adicionais obrigatórios e adicionais em múltiplas opções.

No caso dos processamentos adicionais alternativos, o foco da decisão de natureza econômica constitui-se em passar ou não para o estágio posterior. Essa decisão é justificável economicamente se a receita líquida obtida for superior aos custos variáveis de processamento daquele estágio de produção. Os custos fixos dos estágios não aproveitados no período deverão ser absorvidos pelos produtos efetivamente produzidos. A questão básica é que tais estágios somente se justificam se forem aproveitados na elaboração desses produtos, mantendo uma identificação com eles.

Em situações de processamentos adicionais obrigatórios, não são requeridas decisões específicas, a não ser aquelas voltadas à produção ou não do produto.

Já no caso de processamentos adicionais de múltiplas opções, a decisão econômica está relacionada aos custos de oportunidade do uso da mesma matéria-prima, ou seja, a decisão de produzir ou não um determinado produto em função do seu ganho econômico por unidade de uso de matéria-prima comum. Os estágios eventualmente não aproveitados em um período de tempo deverão ter seus custos fixos cobertos pelos produtos produzidos no período, pois sua existência é justificada em função desta possibilidade. É um processo derivado do processamento contínuo, ou *job shop* (MARTINS, 1991), e pode ser entendido como a técnica pela qual um processo de produção produz uma série de produtos que posteriormente serão ou não submetidos a processamentos adicionais, como ilustra a figura 2.2.

Essas configurações podem aparecer simultaneamente em uma mesma empresa.

Os processamentos de estágio para estágio podem pertencer a uma das três configurações adiante.

2.6.1 MODELO ECONÔMICO EM PROCESSOS ADICIONAIS ALTERNATIVOS

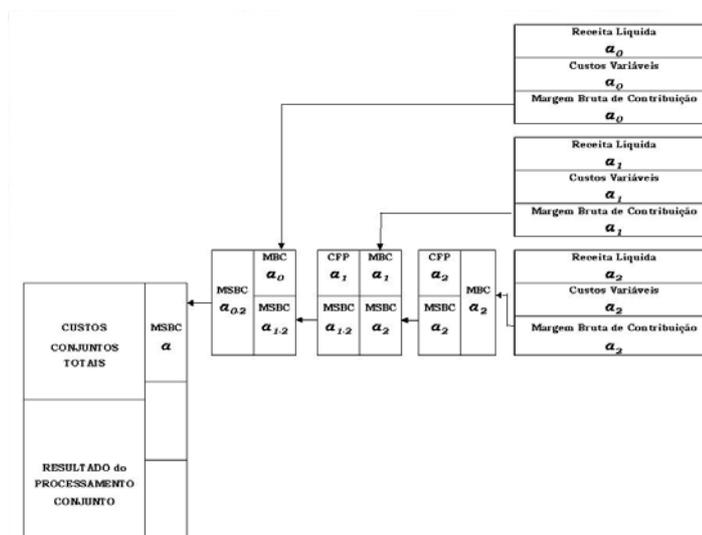
O modelo econômico de empresa ilustrado na Figura 2.6 começa com os produtos a_0 , a_1 e a_2 , configuração que identifica o processamento adicional alternativo. O processamento adicional alternativo é representado pelo co-produto a_0 , que pode ser vendido como tal ou, alternativamente, passar por um processamento adicional no estágio A1 e ser vendido como a_1 ; este, por sua vez, pode ser vendido como tal ou passar por um processamento no estágio A2 e ser vendido como a_2 , e assim sucessivamente.

A decisão de natureza econômica está em passar ou não passar para o estágio posterior. Essa decisão é justificável economicamente se a receita líquida obtida for superior aos custos variáveis de processamento daquele estágio de produção.

A Equação 2.4 representa o resultado do processamento adicional alternativo.

$$MSBCa = \sum_{i=1}^n (MBCa_i - CFPa_i) \tag{2.4}$$

MSBCa = margem semibruta de contribuição do processamento dos produtos a

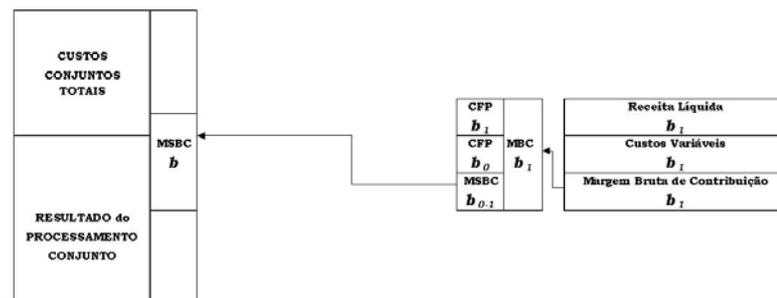


Fonte: Brunstein (1994) – Adaptação do autor

Figura 2.6 Modelo econômico do processo adicional alternativo

2.6.2 MODELO ECONÔMICO EM PROCESSOS ADICIONAIS OBRIGATÓRIOS

O processamento adicional obrigatório ilustrado na Figura 2.7 apresenta o co-produto b , que só pode ser vendido após passar por estágios de processamento obrigatório. A decisão econômica de produzir ou não produzir o produto b requer a análise da contribuição do produto no resultado geral da empresa.



Fonte: Brunstein (1994) – Adaptação do autor

Figura 2.7 Modelo econômico do processo adicional obrigatório

A Equação 2.5 representa o resultado do processamento adicional obrigatório:

$$MSBCb = MBCb_n - \sum_{i=1}^n CFPb_i \quad (2.5)$$

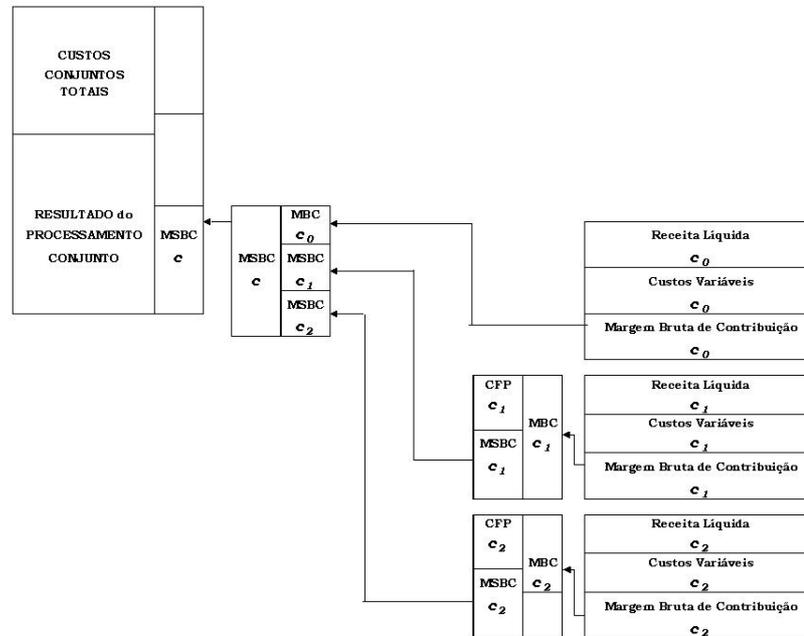
MSBCb = margem semi-bruta de contribuição do processamento dos produtos b

2.6.3 MODELO ECONÔMICO EM PROCESSAMENTOS ADICIONAIS EM MÚLTIPLAS OPÇÕES

O produto c pode ser comercializado como diferentes produtos - c_0 , c_1 , e c_2 -, como representado na Figura 2.8. O processamento adicional em múltiplas opções é representado pelo co-produto c_0 , que pode ser comercializado como tal, ou passar por qualquer um dos estágios C1 ou C2, sendo vendido em cada caso como um produto diferente.

A decisão econômica de produzir ou não os produtos em múltiplas opções está relacionada ao custo de oportunidade no uso da mesma matéria-prima. A

decisão de produzir um ou outro produto é função do ganho econômico agregado ao resultado da empresa.



Fonte: Brunstein (1994) – Adaptação do autor

Figura 2.8 Modelo econômico para processamento em múltiplas opções

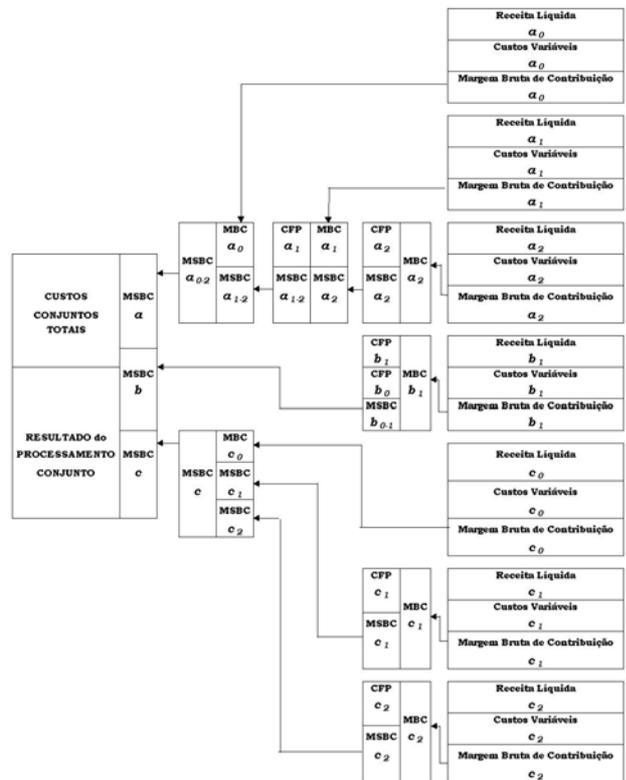
O resultado do processamento em múltiplas opções é dado pela Equação 2.6:

$$MSBCc = \sum_{i=1}^n MBCc_i - \sum_{i=1}^n CFPc_i \tag{2.6}$$

MSBCc = margem semi-bruta de contribuição do processamento dos produtos c.

2.6.4 O MODELO ECONÔMICO COMPLETO

A Figura 2.9 representa o modelo econômico com todas as possibilidades de processamento conjunto, denominado modelo econômico de empresa com processo de produção de produtos conjuntos.



Fonte: Brunstein (1994)

Figura 2.9 Modelo completo de processamento conjunto

Estas são as configurações básicas que podem ser identificadas. Em aplicações práticas, é possível encontrar situações complexas envolvendo diferentes combinações dessas configurações (KAPLAN apud BRUNSTEIN, 1994).

Cada estágio do processamento conjunto, de A1 a C2, é considerado como uma Unidade Estratégica de Negócio (UEN).

A grande virtude do modelo proposto por BRUNSTEIN (1994) é que ele não requer a utilização dos critérios de rateio na composição dos custos, pois se baseia tão somente nos custos variáveis ou diretos para a apuração da contribuição do produto no resultado econômico geral da empresa.

Outra virtude do sistema é em associar a noção de valor ao produto e a cada fase do processo, o que facilita sobremaneira a decisão na hora de alterar o processo produtivo.

Nessa mesma linha de raciocínio, uma decisão quanto ao *mix* produtivo é bem mais clara, determinando o resultado econômico global da empresa, sem considerar uma atividade - que poderia distorcer o resultado real - isoladamente. Esse é o motivo da abordagem sistêmica proposta pelo modelo.

A apuração do resultado do processamento (RES) conjunto em um período corresponde ao somatório das MBC ou MSBC de todos os produtos produzidos no período, extraídos os custos ou despesas fixas incorridos no processamento. As Equações 2.7, 2.8 e 2.9 representam o resultado do processo conjunto:

$$RES = MSCBa + MSCBb + MSCBc - CT \quad (2.7)$$

$$RES = \sum_{i=1}^n (MBCa_i + MBCc_i) + MCBb_n - \sum_{i=1}^n (CFPa_i + CFPb_i + CFPc_i) - CT \quad (2.8)$$

$$RES = MBCtotal - CFtotal \quad (2.9)$$

onde

CT = custo conjunto total do processamento.

CF = custo fixo, que compreende os custo fixos próprios mais o conjunto total do processamento.

2.7 PARÂMETROS E *MIX* DE PRODUÇÃO

Os parâmetros e o *mix* de produção são características de cada produto e do processo produtivo adotado. Tais parâmetros variam de planta para planta, de acordo com as características dos equipamentos e dos recursos utilizados. Portanto, cada caso deve ser tratado individualmente. Todavia, esses valores são resultantes de valores limites calculados percentualmente em cada fase da transformação, desde a matéria-prima até o produto final. Na maioria dos casos, tais valores são conhecidos como índices de produtividade, rendimento e capacidade máxima de produção, entre outros. Esses valores são os limites e ao mesmo tempo a referência para avaliar adequadamente a melhor condição de produção de uma planta. A exatidão desses valores possibilita que se atinja o melhor resultado do processamento (RES).

Os parâmetros são os limites físicos admitidos no processamento, e podem compreender a capacidade de equipamentos ou máquinas, a mão-de-obra e o aproveitamento de matéria-prima.

O *mix* (mistura) - mais facilmente entendida como as partes de cada produto produzido - são valores que podem ser alterados até um limite permitido pelo processo. Pode variar de acordo com a procedência da matéria-prima utilizada e também em função dos recursos físicos aplicados no processamento, como uma moenda a mais no esmagamento da cana-de-açúcar.

2.8 A MONITORAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PRODUTOS CONJUNTOS ATRAVÉS DE CONTROLADORES AUTOMÁTICOS

Monitorar significa interferir no processo de produção, alterando o ritmo ou o volume de produção ou intervindo em paradas para operações de manutenção nos equipamentos. Essa intervenção pode ser feita manualmente - diretamente nas máquinas - ou remotamente - através de comandos ou sinais elétricos, eletrônicos, pneumáticos ou mecânicos, de acordo com a tecnologia utilizada na planta.

2.9 SISTEMA AUTOMÁTICO DE MONITORAÇÃO

As definições de TOUILLEZ; CHARPINS; CROS (1991) auxiliam a compreender o que é automação:

- AUTOMAÇÃO: método que analisa, programa e controla os meios de produção, a fim de racionalizar os recursos produtivos mecânicos, materiais e humanos.
- AUTOMATIZAÇÃO: sistema que permite controlar a empresa sem a intervenção humana; pode ser total ou parcial.
- AUTOMATISMO: técnicas de automação; são divididas em três tipos:
 - Automatismo Seqüencial: quando uma tarefa é executada imediatamente após o término da anterior.
 - Informática: quando o processamento de dados é feito por um computador.
 - Instrumentação: quando o comando de máquinas ou equipamentos é feito por um dispositivo que garanta o funcionamento perfeito.

O sistema automático pode ser dividido em dois conjuntos:

- DE COMANDO: agrupamento de todos os componentes que recebem e transmitem as informações para fazer funcionar a parte de operação.
- DE OPERAÇÃO: conjunto de máquinas e equipamentos do processo produtivo.

Um sistema é considerado automático quando o processo que permite passar de uma situação inicial a uma situação final é repetitivo e se dá sem a intervenção humana.

No caso do presente trabalho a planta é comandada por um microcomputador que recebe e envia informações, interagindo diretamente com os equipamentos. As informações recebidas são processadas e estratificadas, apresentando resultados que subsidiam a tomadas de decisão. Uma vez tomada a decisão; esta é implementada, através do sistema, pelo próprio gestor. Isto só é possível quando o sistema utilizado seja dotado de tecnologia tal que permita essa integração. Tal sistema é denominado Sistema de Monitoração da Planta em Rede.

2.9.1 A PARTE DE COMANDO – SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE ATIVOS ¹

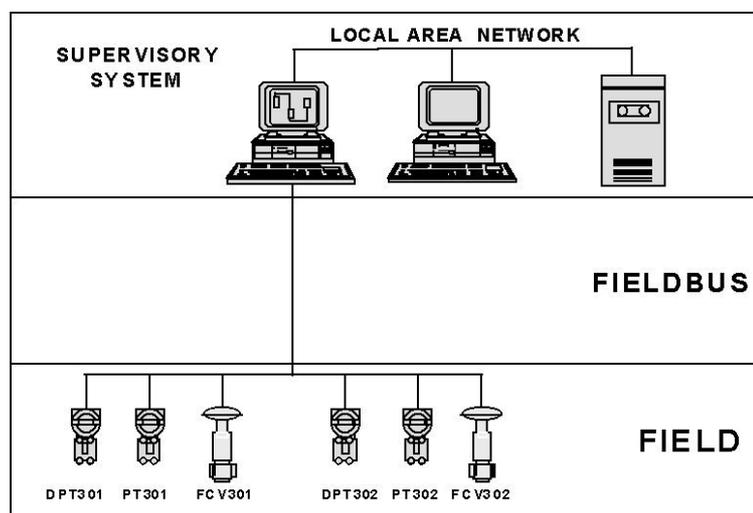
A parte de comando, apresentada na Figura 2.10, é constituída por:

- a) microcomputadores que operam *softwares* modulados e integrados capazes de interpretar, processar e exibir informações aos responsáveis pela manutenção e operação;
- b) rede de comunicação de dados, denominada *fieldbus*, na qual as informações trafegam por meio de protocolos de comunicação digitais, como HART ou *Foundation Fieldbus*; e
- c) dispositivos eletroeletrônicos acoplados aos equipamentos e máquinas da parte de operação que podem, hoje, processar mais de uma variável - instrumentos multivariáveis -, pois são dotados de processadores que executam algoritmos computacionais.

Assim, a parte de comando permite obter, remotamente, diagnósticos avançados dos equipamentos, evitando paradas não programadas e diminuindo a

¹ Melhores informações destes equipamentos se encontra no Anexo B.

variabilidade do processo, resultando no aumento da disponibilidade da planta e, conseqüentemente, na redução de custos e no aumento da produtividade e da qualidade dos produtos.



Fonte: EMERSON PROCESS MANAGEMENT. **PlantWeb**

Figura 2.10 Típico sistema supervisor utilizando instrumentos inteligentes

2.9.1.1 Soluções de gerenciamento de ativos - hoje

De acordo com PEREIRA (2004), empresas dos mais variados segmentos industriais ao redor do mundo implementaram a Solução de Gerenciamento de Ativos, conhecida como *Asset Management System (AMS)*². Uma das empresas fornecedoras de solução de AMS é a *Emerson Processes Management*. A adoção desse sistema trouxe vários ganhos a tais empresas, pois possibilitou a redução custos nas seguintes situações:

a) MANUTENÇÃO ROTINEIRA

Normalmente o processo avisa que existe algum problema - temperatura, pressão, nível fora dos limites -, e a operação aciona a equipe de manutenção de instrumentação que - mesmo sabendo que o problema pode não ser dos instrumentos, pois não dispõe de ferramentas que permitam confirmar a suspeita - vai ao campo verificar os instrumentos envolvidos. Estudos demonstram que equipes de manutenção de instrumentação desperdiçam 2/3 do tempo ativo em averiguações desse tipo.

² Um software AMS pode ser fornecido pela empresa Emerson Processes Management. Maiores detalhes, vide Anexo B.

b) TAREFAS DIÁRIAS COM A INSTRUMENTAÇÃO

A atualização das “fichas” - com os parâmetros de configuração e calibragem dos instrumentos - demanda um tempo muito grande quando realizada manualmente. Com o AMS, 25 minutos são suficientes para registrar e imprimir um relatório completo de todos os parâmetros de configuração de sete instrumentos críticos, tarefa que levaria aproximadamente um dia se fosse efetuada manualmente.

c) PARTIDA DAS PLANTAS

As tarefas de comissionamento e partida demandam um elevado número de homens-dias se realizadas pelo processo convencional. O comissionamento de 200 transmissores, que exigiria 300 homens-dias para ser realizado pelo processo convencional, demanda apenas 7 dias com o AMS.

d) MANUTENÇÃO DE VÁLVULAS

Normalmente, o procedimento de manutenção preventiva de válvulas de controle requer a sua retirada da linha de produção, ainda que parte delas não necessite de qualquer reparo ou possa ser reparada na linha de produção. O AMS foi capaz de diagnosticar todas as 188 válvulas de uma planta: 57 não requeriam nenhuma manutenção, 117 puderam ser reparadas sem a necessidade de removê-las do campo (processo), e somente 14 tiveram que ser retiradas para manutenção completa.

2.9.1.2 O controle no processo contínuo

O texto que segue teve como base o manual do equipamento para controle de processos contínuos utilizado no *Learning System for Automation* da Festo Didatic GmbH & Co. (FESTO DIDATIC, 1998).

A utilização de Sistemas de Gerenciamento de Ativos para Controle de Processos Contínuos é comum nas indústrias químicas, petroquímicas, farmacêuticas, alimentícias, de papel e celulose, de borracha, de bebidas, de tratamento de água, de piscicultura, de produção de energia e nas refinarias, entre outras.

É possível reproduzir situações reais em cada fase do processo antes mesmo de implementá-las, o que garante segurança nas decisões e ganhos significativos de produtividade. Podem-se programar paradas para manutenção sem prejuízo da produção. Estudos de *lay out*, projeto e programação, manutenção e detecção de falhas e *start-up* podem ser efetuados tal qual na realidade.

O equipamento permite:

- a) Treinamento em diversas áreas do controle de processos contínuos;
- b) Controle e medição das principais variáveis de um processo contínuo, como temperatura, vazão, pressão e nível;
- c) Partida, comissionamento, alterações e manutenção em componentes de controle de processos;
- e) Leitura e criação de diagramas de fluxo e documentação técnica;
- f) Projetos de montagem mecânica, elétrica e comissionamento do sistema;
- g) Interatividade com o equipamento - para controle e monitoramento do processo -, com o emprego de *software* de visualização *in touch*; e
- h) Desenvolvimento e configuração de sistemas *fieldbus*.

2.9.2 A PARTE DE OPERAÇÃO - MODELO FÍSICO OU SISTEMA DE MONITORAMENTO

O Modelo Físico coleta dados através do sistema de monitoramento e transmite-os ao Modelo Econômico, cuja função é processar tais informações junto com os custos da produção, transformando-as em resultado financeiro.

Esse sistema de monitoramento pode ser aplicado a qualquer empresa que trabalhe com sistema contínuo de produção realizando a medição das principais variáveis do processo: temperatura, vazão e pressão (conhecido como Trio Básico de Controle); bem como o nível, através de estações - que são postos de trabalho ou áreas de processamento³ (MILLER, 1989).

O sistema de monitoramento é modularizado para que possa expandir-se conforme a necessidade da instalação da planta.

³ O detalhamento dos instrumentos que compõe as estações encontra-se no Anexo A.

- ESTAÇÃO DE CONTROLE DE TEMPERATURA

Através desta estação o operador pode atuar no controle da temperatura nas diversas fases do processo utilizando, de acordo com a aplicação, uma das seguintes formas:

- Por Drift Alert (diferença de temperatura);
- Por TC – Thermocouples (termopares); e
- Por RTD - Resistance Temperature Detectors.

- ESTAÇÃO DE CONTROLE DE PRESSÃO

Através desta estação o operador pode atuar no controle da pressão do processo, utilizando equipamentos descritos, de acordo com a necessidade existente em cada fase do processo.

- Sensor de pressão capacitiva;
- Sensor de pressão pieoresistiva.

- ESTAÇÃO DE CONTROLE DE VAZÃO

A vazão do fluido pode ser controlada, de acordo com a aplicação, de seis formas a seguir:

- PLACA DE ORIFÍCIO;
- SISTEMA VORTEX;
- SISTEMA TUBO DE PITOT;
- SISTEMA DE MEDIÇÃO POR EFEITO MAGNÉTICO;
- SISTEMA DE MEDIÇÃO POR EFEITO CORIOLLIS; e
- DIFERENÇA DE PRESSÃO (ANNUBAR)

- ESTAÇÃO DE CONTROLE DE NÍVEL

O nível pode ser medido de duas formas:

- TRANSMISSOR DE PRESSÃO NO FUNDO DO RESERVATÓRIO - quanto mais alto o nível, maior a pressão aferida no transmissor.
- PRESSÃO HIDROSTÁTICA MEDIDA POR UM RADAR NO TOPO DO RESERVATÓRIO - o nível é demarcado por respostas de ondas sonoras.

Dependendo do tamanho do processo, todos esses controles podem ser realizados de uma só vez e em uma única estação, denominada Estação Completa.

Todas as estações são monitoradas através de sinais de frequência transmitidos através do *fieldbus* para o *host*.

2.10 UNIDADE ESTRATÉGICA DE NEGÓCIO

De acordo com FUSCO (1997), uma UEN pode ser entendida como a fração da empresa utilizada para a obtenção de um - processamento adicional - ou de vários produtos – processamento de múltipla escolha.

Para facilitar o entendimento, suponha-se que a UEN A1 é a fração do processo na qual a matéria-prima é transformada em um produto final, como ilustra a Figura 2.11.

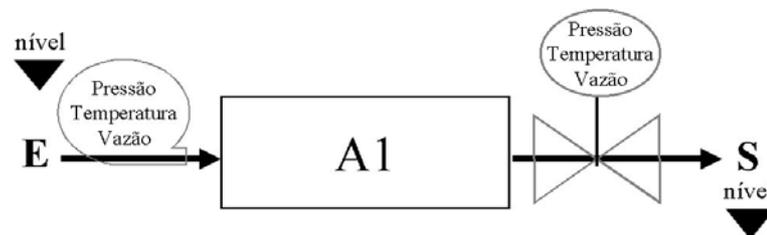


Figura 2.11 Unidade de Processamento A1

No processamento A1 tem-se a transformação do produto a_0 (matéria-prima) em produto a_1 .

2.10.1 COMO DEFINIR A UEN

A UEN é uma “célula de planejamento” que facilita o processo de formulação de estratégias, bem como a determinação da remuneração dos acionistas e da mão-de-obra. Os resultados de uma UEN podem ser comparados àqueles de outras UEN, apontando diferenças de sistemas de produção, de operação e de outros fatores que influenciam a competitividade da empresa no mercado (FUSCO, 1997).

2.10.2 BENEFÍCIOS DA ADOÇÃO DO CONCEITO DE UEN

As vantagens da adoção do conceito de UEN no modelo proposto são:

- unidades operacionais mais focalizadas, com ganho de experiência dos processos desenvolvidos;
- agilidade operacional e maior aderência dos controles e decisões gerenciais;
- a longo prazo, pode se ter uma maneira mais eficaz de crescimento;

- o valor de uma UEN deve ser considerado com relação ao efeito no resultado total da empresa; e
- racionalização dos investimentos para atingir um mesmo objetivo.

Isso cria uma base mais consistente de conhecimento; condição vital para a implantação de sistemas de gestão modernos como, por exemplo, o modelo proposto neste trabalho.

Resumindo, é possível afirmar que a adoção dos conceitos de UEN permite: maior focalização das unidades operacionais, com domínio do processo produtivo, maior agilidade operacional e maior aderência dos controles e decisões gerenciais.

3 MODELO PARA GESTÃO FÍSICO-ECONÔMICA NA PRODUÇÃO CONJUNTA

Este capítulo descreve a utilização de instrumentos inteligentes acoplados a um modelo econômico para facilitar o gerenciamento de plantas industriais e levá-las ao mais alto grau de otimização, garantindo o melhor resultado financeiro.

O modelo físico - que atua no processo produtivo - considera quantidades ou volumes processados que podem ser alterados dentro de determinados parâmetros técnicos; e o modelo econômico - que possibilita a tomada de decisões - transforma em valores financeiros as quantidades ou volumes da produção. A utilização conjunta desses modelos promove a implementação imediata das tomadas de decisão

3.1 INTEGRAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO AO MODELO ECONÔMICO

A interface entre o modelo físico e econômico constitui a integração entre o sistema de monitoramento e o modelo econômico anteriormente descritos.

Os conceitos de UEN propostos por FUSCO (1997) serão utilizados, parcialmente, para atribuir valores que identifiquem as unidades de processamento significativas na cadeia produtiva. Valores de mercado como demanda, carteira (portfólio), poder de barganha etc. não estão considerados neste trabalho, mas poderão ser incorporados futuramente em novas investigações sobre o assunto.

3.1.1 MEDIDAS NAS UNIDADES ESTRATÉGICAS DE NEGÓCIO

Uma vez identificada uma UEN - como representada na figura 3.1 - é possível controlar o processo produtivo com o emprego de uma Estação Completa, anteriormente mencionada, ou através de unidades dedicadas compostas por unidades de volume, de pressão, de temperatura e de nível, de acordo com a característica do processo produtivo ou do produto que está sendo produzido.

3.1.1.1 Medidas instantâneas

“Se soubermos o valor da pressão, temperatura e vazão num determinado instante, podemos saber exatamente qual é a produção, ou seja, a quantidade que está sendo produzida neste mesmo momento”.(EMERSON PROCESS MANAGEMENT, 2004)

Pode-se obter, através do sistema de monitoramento, as medidas instantâneas de pressão, temperatura e vazão, desde a entrada da matéria prima até o produto acabado e, portanto, tratá-las em tempo real.

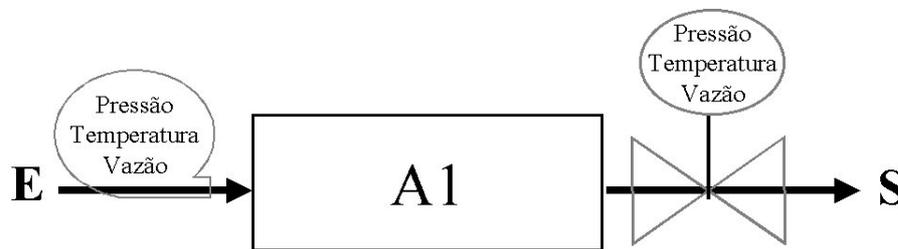


Figura 3.1 Controlador instantâneo

3.1.1.2 Medidas acumulativas

A medida do volume de processamento acumulado num determinado período pode ser obtida, através do sistema de monitoramento, de duas formas: através da diferença de nível de um instante inicial e um instante final ou pela aferição do valor acumulado. A figura 3.2 representa o volume de processamento do produto a_I num determinado período de tempo.

Os dados coletados - tanto instantâneos como acumulados - utilizados no modelo econômico apresentam os resultados que estão sendo gerados no momento e a apuração do resultado do processamento num período preestabelecido.

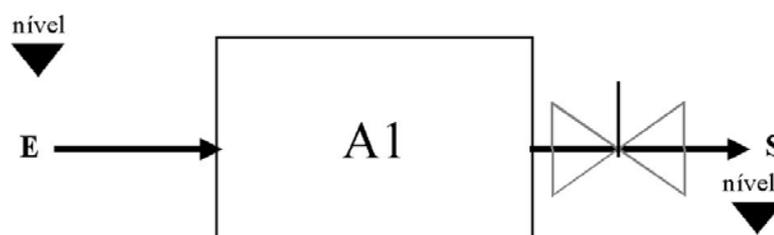


Figura 3.2 Controlador acumulativo

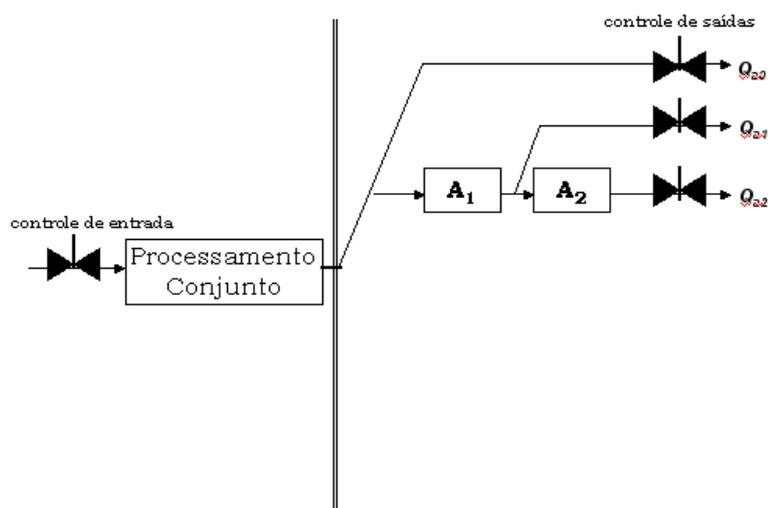
A comparação entre os resultados obtidos e os planejados permite a implementação de correções, através da alteração de quantidades no processamento conjunto ou no *mix* dos produtos acabados

3.2 DESCRIÇÃO DOS DIFERENTES PROCESSOS DE ACORDO COM O MODELO ECONÔMICO PROPOSTO POR BRUNSTEIN

A seguir serão descritos os diferentes processos, considerando a variável Q , de acordo com o modelo econômico proposto por BRUNSTEIN (1994).

3.2.1 SISTEMA DE MONITORAMENTO NO PROCESSAMENTO ADICIONAL ALTERNATIVO

O sistema de monitoramento adaptado ao Modelo Econômico como ilustrado na figura 3.3, inicia-se com monitoramento dos produtos, a_0 , a_1 e a_2 , conforme configuração do processamento adicional alternativo. A quantidade Q_{a_0} representa o volume de produção do produto a_0 , que pode ser vendido como tal ou, alternativamente, passar por um processamento adicional no estágio A_1 e ser processado com o volume Q_{a_1} . Este, por sua vez, pode ser vendido como tal ou passar por um estágio A_2 com o volume Q_{a_2} e assim, sucessivamente.



Fonte: Brunstein (1994) – Adaptação do autor

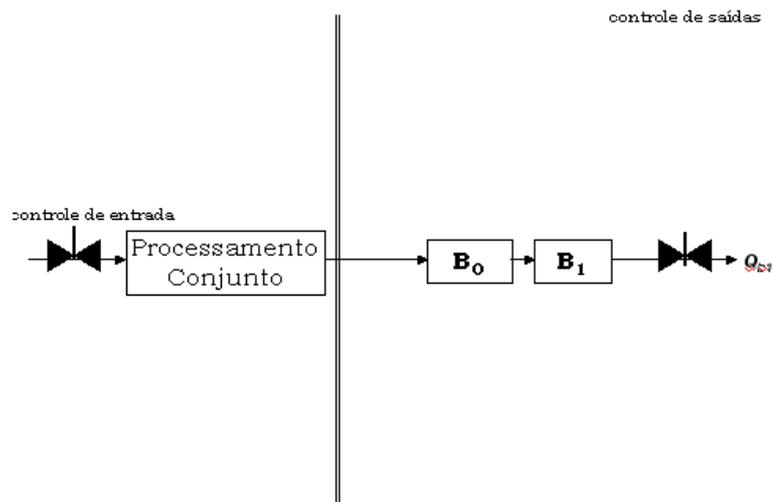
Figura 3.3 Sistema de monitoramento no processo adicional alternativo

A equação 3.1⁴ representa o resultado da $MSBCa$ do processamento alternativo.

$$MSBCa = \sum_{i=1}^n [Qa_i \times (PVua_i - DPFua_i - CVua_i) - CFPa_i] \quad (3.1)$$

3.2.2 SISTEMA DE MONITORAMENTO NO PROCESSAMENTO ADICIONAL OBRIGATÓRIO

O processamento adicional obrigatório é representado pelo co-produto b , que só pode ser vendido após passar por estágios de processamentos obrigatórios. O produto b é obtido somente após passar pelos estágios B0 e B1, em quantidades medidas por Qb . A figura 3.4 representa o sistema de monitoramento para o processamento adicional obrigatório.



Fonte: Brunstein (1994) – Adaptação do autor

Figura 3.4 Sistema de monitoramento no Processo Adicional Obrigatório

A equação 3.2 representa o resultado da $MSBCb$ do processamento adicional obrigatório.

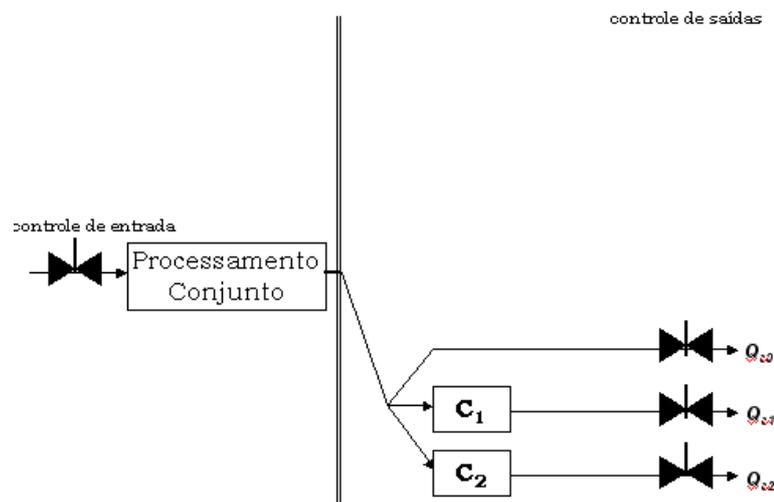
$$MSBCb = Qb_n \times (PVub_n - DPFub_n - CVub_n) - \sum_{i=1}^n CFPb_i \quad (3.2)$$

⁴ Valores PVu , CVu e $DPFu$ são valores unitários e serão tratados a seguir no item 3.3

3.2.3 SISTEMA DE MONITORAMENTO NO PROCESSAMENTO EM MÚLTIPLAS OPÇÕES

O processamento em múltiplas opções representado pelo co-produto c , podem ser comercializados como c_0 , c_1 ou c_2 , produtos diferentes em cada caso.

As quantidades de tais produtos são registradas pelos respectivos medidores de vazão Qc_0 , Qc_1 ou Qc_2 . A figura 3.5 representa o sistema de monitoramento para processamento conjunto em múltiplas opções.



Fonte: Brunstein (1994) – Adaptação do autor

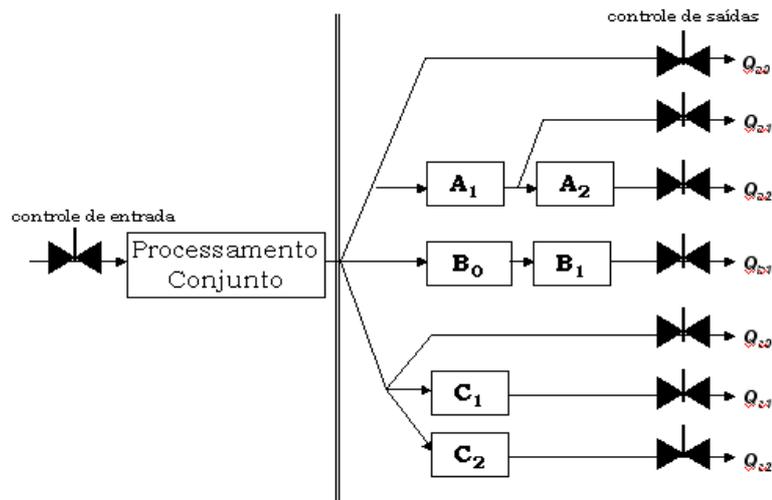
Figura 3.5 Sistema de monitoramento no Processo em Adicional em Múltiplas Opções

A equação 3.3 representa o resultado da MSBCc do processamento em múltiplas opções.

$$MSBCc = \sum_{i=1}^n [Qc_i \times (PVuc_i - DPFuc_i - CVuc_i) - CFPc_i] \quad (3.3)$$

3.2.4 SISTEMA DE MONITORAMENTO COMPLETO

O sistema de monitoramento completo de processamento conjunto, como visto na figura 3.6, é a fusão do modelo físico com o econômico. Pode-se observar os vários estágios de processamento desde A1 até C2, cada um constituindo uma UEN.



Fonte: Brunstein (1994) – Adaptação do autor

Figura 3.6 Sistema completo de monitoração

A equação 3.4 representa o RES – resultado do processamento conjunto.

$$RES = \sum_{i=a,b,c} MSBC_i - CT \quad (3.4)$$

3.3 O SISTEMA DE MONITORAMENTO PROPOSTO

O sistema de monitoramento é identificado pelos equipamentos que compõem o anteriormente descrito trio básico, interligados entre si e a uma central da qual toda a fábrica é comandada.

A seqüência lógica de montagem – intertravamento - da malha de comando deste sistema de monitoramento é compatível com a seqüência do modelo econômico proposto por BRUNSTEIN (1994).

Desta forma, a cada um dos três processos adicionais: alternativo, obrigatório e em múltiplas opções, será acrescida a variável quantidade Q .

Identifica-se o processamento conjunto de sete produtos diferentes, sendo: três com processamento adicional alternativo, um com processamento adicional obrigatório e três com processamento em múltiplas opções. O volume de cada produto processado é registrado em seus respectivos medidores de vazão.

Tomando-se a unidade operacional A2, ilustrada na figura 3.7. Calculando-se a MBC para o produto a_2 temos:

$$MBC_{a_2} = RL_{a_2} - CV_{a_2} \quad (3.5)$$

$$MBC_{a_2} = RB_{a_2} - DPF_{a_2} - CV_{a_2} \quad (3.6)$$

$$MBC_{a_2} = Q_{a_2} \times PVu_{a_2} - Q_{a_2} \times DPFu_{a_2} - Q_{a_2} \times CVu_{a_2} \quad (3.7)$$

$$MBC_{a_2} = Q_{a_2} \times (PVu_{a_2} - DPFu_{a_2} - CVu_{a_2}) \quad (3.8)$$

Substituindo-se o MBC para o produto a_2 na equação 2.4 temos:

$$MSBC_{a_2} = Q_{a_2} \times (PVLu_{a_2} - CVu_{a_2}) - CFP_{a_2} \quad (3.9)$$

Sendo:

Q_{a_2} = Volume instantâneo de produção do produto a_2 .

$PVLu_{a_2}$ = Preço de Venda Líquido unitário do produto a_2 ($PVu - DPFu$).

CVu_{a_2} = Custo Variável unitário do produto a_2 .

CFP_{a_2} = Custo Fixo Próprio do produto a_2 .

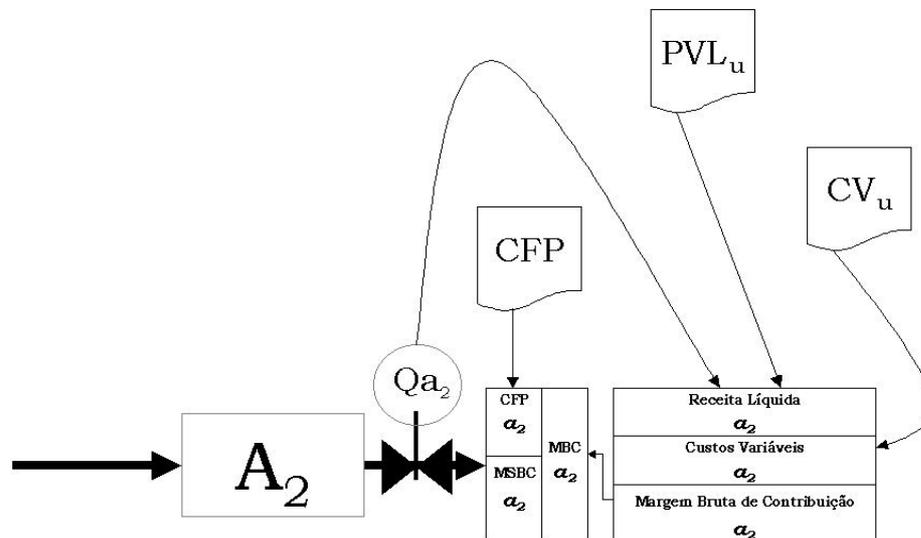


Figura 3.7 Unidade de Processamento A2

Observa-se na figura 3.7 que pode-se obter os valores das Margens Bruta e Semibruta de Contribuição através das informações fornecidas de $PVLu$, CVu e CFP mais a quantidade Q_{a_2} , obtida através do sistema de monitoramento.

A ilustração de uma unidade de processamento integrada representada pela equação 3.9 pode ser vista na figura 3.8.



Figura 3.8 Representação uma UEN no modelo físico-econômico integrado.

Aplicando-se o princípio utilizado no estágio A2 para todo o processamento resulta na figura 3.9, que representa o modelo físico-econômico para uma empresa com o Processo de Produção de Produtos Conjuntos, que denominamos Modelo Físico Econômico.

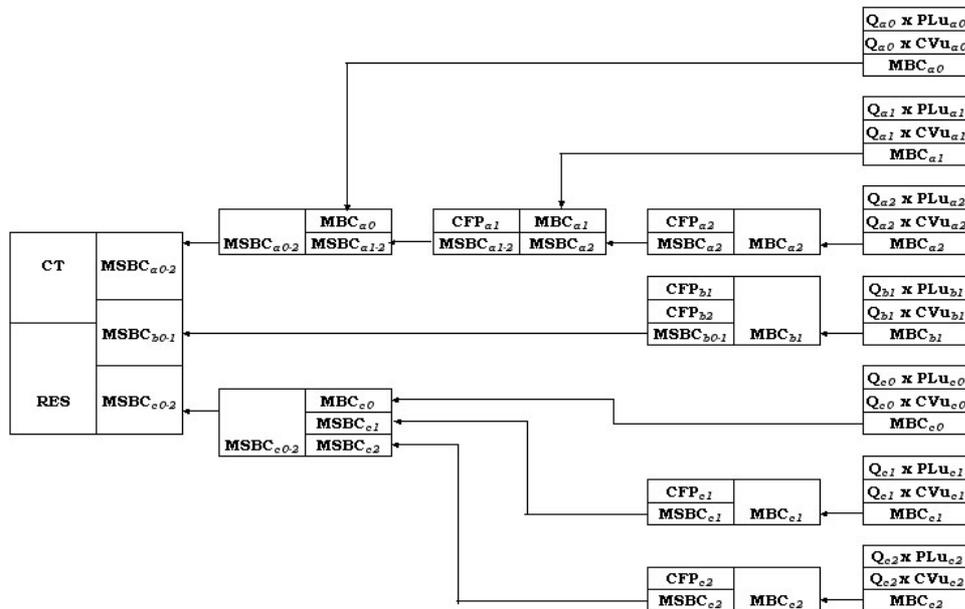


Figura 3.9 Modelo físico-econômico para processamento conjunto

3.3.1 RENDIMENTO – CONCEITO

Em todo processo de transformação de matéria prima a produto acabado existe um fator de correção chamado de rendimento. Conhecido também como aproveitamento, é o resultado da fração ou diferença da quantidade que foi produzida e a quantidade que poderia ser produzida a partir de uma quantidade de matéria prima. O rendimento é 100% quando o processo consegue extrair a quantidade máxima teórica de um produto de uma matéria prima. Valores baixos de rendimento são provocados por desgaste e qualidade de máquinas equipamentos e

ferramentas. Também é influenciado pela qualidade da mão de obra e aferição dos equipamentos de monitoração e controle.

Ao baixo rendimento chamamos de desperdício ou perda. Este desperdício tem um custo que deve ser incluído ao custo do processamento, portanto deve constar no cálculo da MBC.

Podemos definir η como

$$\eta = \frac{Q_{real}}{Q_{ideal}} \quad (3.10)$$

onde

Q_{REAL} = quantidade produzida por unidade de tempo; e

Q_{IDEAL} = quantidade ideal de ser produzida por unidade de tempo.

Incluindo-se o fator η na equação da MSBC temos

$$MSBC = \eta \times Q \times [PVu \times (1 - \%DPFu) - CVu] - CPF \quad (3.11)$$

O resultado total do processamento conjunto é

$$RES = \sum MSBC - CT \quad (3.12)$$

onde

CT = custo conjunto total do processamento.

3.4 ALGUMAS ANÁLISES ECONÔMICAS NA GESTÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PRODUTOS CONJUNTOS

A decisão de se passar de um estágio para outro deve ser analisada segundo os seguintes pontos: ponto de equilíbrio, margem de contribuição e parâmetros de trabalho.

3.4.1 ANÁLISE DO PONTO DE EQUILÍBRIO.

Segundo TOLEDO (1998) o Ponto de Equilíbrio, de uso comum administração da produção, é identificado como a quantidade de processamento onde a Receita é igual a Despesa, ou seja, o resultado da operação é nulo. O Modelo

Econômico para o Processo de Produção de Produtos Conjuntos identifica os Custos Fixos, Custos Variáveis e a Margem de Contribuição de cada produto possibilitando determinar o Ponto de Equilíbrio.

No caso do Modelo Econômico proposto por BRUNSTEIN (1994) o Ponto de Equilíbrio (PE) é identificado quando o resultados do processamento conjunto é nulo, ou seja,

$$RES = 0 \quad (3.13)$$

onde:

$$\sum MBC = \sum CFP + CT \quad (3.14)$$

Aplicando-se esta equação ao sistema a planilha em MS Excel é possível identificar para um *mix* definido entre os produtos obtidos em todas as configurações, processamento conjunto adicional obrigatório, alternativo ou múltiplas opções, um valor de processamento conjunto mínimo onde $RES = 0$.

A partir desse valor até a capacidade máxima de processamento é o intervalo que a empresa deve operar.

Se o valor da RES é satisfatória acima de Q_{min} mantém-se a produção. Caso contrário deve-se aumentar a quantidade de processamento até limite de Q_{max} . Esta operação é feita através do Sistema de Monitoramento.

3.4.2 ANÁLISE DA MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO

Os conceitos de MBC possibilitam verificar até que ponto a margem de um único produto é importante no RES. Esta verificação é feita fixando-se a Quantidade de Processamento Conjunto e alterando-se o *mix* dos produtos *a*, *b* e *c*. Poderá existir um produto cuja margem de contribuição seja negativa., contudo o que importa é a maximização do RES.

A alteração do *mix* também é feita através do Sistema de Monitoramento.

3.4.3 PARÂMETRO DE TRABALHO

Mínima Produção: quando o *mix* é fixado e o RES não é satisfatório devemos aumentar o Q (volume de processamento conjunto) de tal forma que resulte em lucro.

Máximo Lucro: quando o Q (volume de processamento conjunto) é fixo devemos alterar o *mix* de tal forma que resulte numa máxima RES.

$$RES = \sum MBC - CF = Lucro \quad (3.15)$$

Dentro desses limites a qualquer instante é possível identificar a melhor condição de processamento que uma vez escolhida pode ser implementado imediatamente através do Sistema de Monitoramento.

Para um *mix* de produtos definido, só interessam resultados da RES maior que zero, ou seja, com lucro mínimo.

$$\sum MBC = CF + LucroMínimo \quad (3.16)$$

A figura 3.10 mostra gráfico do Ponto de Equilíbrio em quantidade de processamento para o lucro zero (1) e lucro mínimo (2).

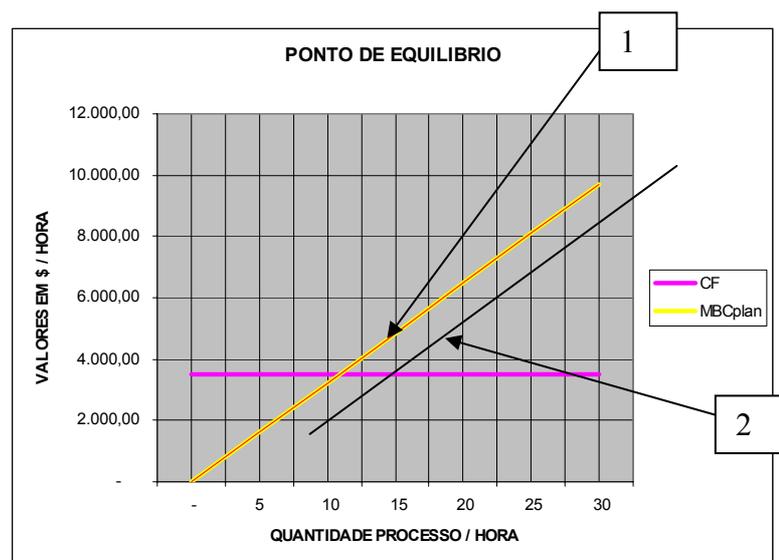


Figura 3.10 Pontos de Equilíbrio para lucro zero e mínimo.

Para outra situação com quantidade de processamento definida, deve ser simulado um *mix* onde temos o seguinte:

$$LucroMínimo \leq \sum MBC - CF \leq LucroMáximo \quad (3.17)$$

O lucro será mínimo quando o produto de menor contribuição é processado em maior quantidade, caso contrário, o lucro será máximo.

A figura 3.11 mostra o gráfico da variação do ponto de equilíbrio da mesma quantidade produzida em dois mix diferentes. Foram estabelecidas as seguintes condições:

Caso 1: $Q = 20$, $MBC_{min} > CF$, RES = lucro mínimo.

Caso 2: $Q = 20$, $MBC_{max} > CF$, RES = lucro máximo.

Observa-se no gráfico da figura 3.11 que a quantidade de processamento pode, no mínimo, ser: aproximadamente 12, sem prejuízo, no caso 2; e aproximadamente 20, no caso 1.

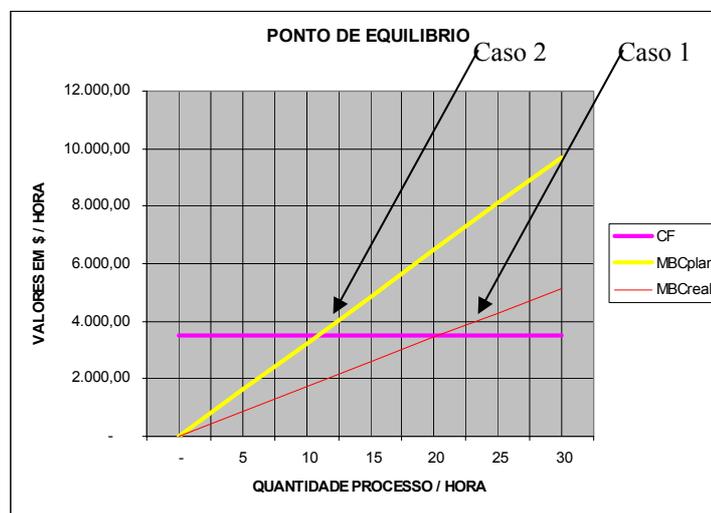


Figura 3.11 Ponto de Equilíbrio para lucro máximo e mínimo.

Se a quantidade do processamento conjunto for aumentada, será uma outra situação para cálculo do melhor *mix*. Isso se estenderá até o valor da máxima quantidade no processamento conjunto que é o limite da capacidade de produção.

4 AS TOMADAS DE DECISÃO

O presente capítulo apresenta compatibilização entre modelos físico e econômico com relação aos pontos de decisão e de interferência no processo produtivo.

Segundo BRAGA apud ANTHONY [1965], a estrutura organizacional de todas as empresas pode ser representada por uma pirâmide dividida em três níveis: o superior, no qual estão concentradas as funções estratégicas; o intermediário, que compreende as funções táticas; e, o inferior ou básico, que contempla as funções operacionais (figura 4.1).



Figura 4.1 Pirâmide hierárquica de decisão

No nível superior – estratégico - são definidas as metas de resultados, investimentos e crescimentos nos negócios esperados pela gestão da empresa.

No nível intermediário - tático - são estabelecidos os direcionamentos, as formas e recursos que serão aplicados nas unidades e departamentos da empresa para que as metas definidas no nível estratégico sejam cumpridas.

No nível inferior – operacional - concentram-se as decisões voltadas ao cumprimento daquilo que foi estabelecido no nível intermediário para garantir o resultado definido no nível estratégico como, por exemplo, metas de produção.

A pirâmide hierárquica e os três níveis de decisões que ela apresenta podem ser aplicados - por meio de um raciocínio analógico - tanto às decisões de caráter econômico quanto às de caráter operacional.

4.1 DECISÕES DE CARÁTER ECONÔMICO

Considera valores monetários a serem aplicados na produção em detrimento do ganho no período.

4.1.1 DECISÕES ECONÔMICAS ESTRATÉGICAS

De vez que o(s) investidor(es) quer(em) – e tem(êm) o direito de - saber qual é o retorno de cada centavo aplicado no negócio, o retorno sobre o investimento, *Return of Invest* (ROI) é a primeira análise a ser feita. A produção deve ser planejada de tal forma que propicie esse retorno, o que só é possível quando a empresa é bem administrada, com aporte de recursos em produtos cujo retorno seja mais promissor. Essa é uma decisão de nível estratégico, que direciona os recursos da empresa para produtos que apresentem maiores possibilidades de retorno do investimento e que promovam o crescimento da empresa. BOAS DECISÕES ESTRATÉGICAS GARANTEM FUTUROS NEGÓCIOS. A Figura 4.2 é uma adaptação da pirâmide hierárquica às decisões econômicas.

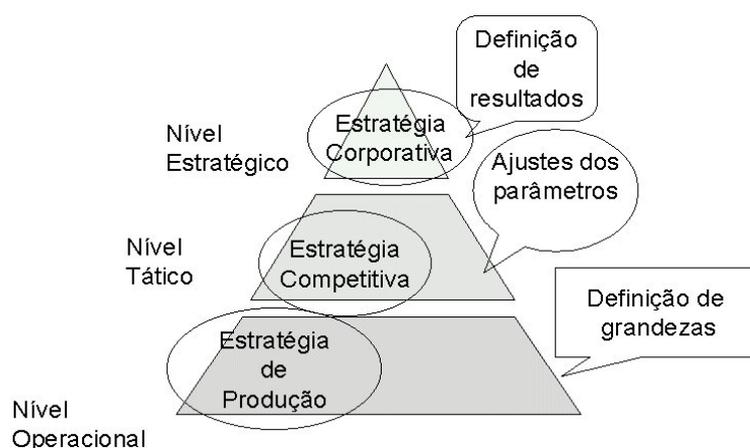


Figura 4.2 Pirâmide hierárquica de decisões econômicas

4.1.2 DECISÕES ECONÔMICAS TÁTICAS

Considera o *mix* e o volume a ser produzido, em função do mercado cativo ou de novos mercados. O modelo proposto permite a simulação do *mix* e a escolha da melhor solução em momentos diferentes, de acordo com a necessidade do mercado. Os recursos disponíveis devem ser direcionados para os produtos e ações que tiverem possibilidade de apresentar melhor resultado.

4.1.3 DECISÕES ECONÔMICAS OPERACIONAIS

Uma vez estabelecido o *mix*, as decisões de caráter operacional podem ser tomadas em função do rendimento, do aproveitamento e do balanceamento no processo produtivo. Em tais condições, as metas de produção são estabelecidas com maior segurança.

4.2 DECISÕES DE CARÁTER FÍSICO

Considera os volumes e quantidades a serem produzidos num determinado período.

4.2.1 DECISÕES FÍSICAS ESTRATÉGICAS

Aqui se considera o direcionamento dos recursos para novos negócios. Esses recursos devem ser direcionados para as ações que apresentarem maior possibilidade de retorno de investimento.

4.2.2 DECISÕES FÍSICAS TÁTICAS

As decisões físicas táticas compreendem a escolha de novos equipamentos, os volumes de produção e as formas de aquisição que garantam o retorno do investimento.

4.2.3 DECISÕES FÍSICAS OPERACIONAIS

São decisões para cumprimento das metas estabelecidas pelo Planejamento e Controle da Produção. A figura 4.3 representa uma adaptação da pirâmide hierárquica às decisões operacionais.

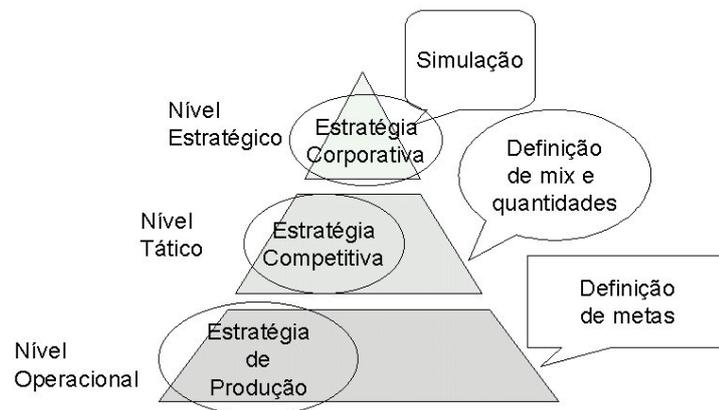


Figura 4.3 Pirâmide hierárquica de decisões operacionais

4.3 AS DECISÕES SOBREPOSTAS

Juntando-se as pirâmides de decisões econômicas e físicas obtém-se uma pirâmide de decisões, como mostra a figura 4.4, com a seguinte situação:

Nível Estratégico: pode-se decidir o retorno do investimento e direcionamento dos investimentos

Nível Tático: pode-se definir o volume de vendas e as decisões a serem implementadas na administração da produção e operações.

Nível Operacional: pode-se definir e implementar as decisões de mercados a serem atendidos, a elaboração do planejamento da produção e controle e decisões de nível técnico como por exemplo a interferência no processo produtivo para manter parâmetros de eficiência ou rendimento ou aproveitamento dos recursos produtivos.

Esta pirâmide de decisões sobrepostas identificar decisões como:

Nível Estratégico

ROI = Retorno sobre investimento e direcionamento dos recursos disponíveis em novos ativos

Nível Tático

Vendas = Volume de vendas e participação no mercado

APO = Administração da Produção e Operações

Nível Operacional

MKT = marketing

PCP = Planejamento e Controle da Produção.

η = rendimento nas operações, que envolve o aproveitamento dos recursos aplicados no processamento em função do resultado obtido num produto acabado.

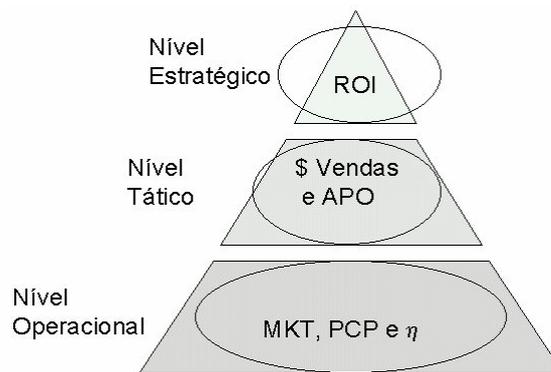


Figura 4.4 Pirâmide hierárquica de decisões adaptada ao modelo integrado

4.4 COMPATIBILIZAÇÃO DOS MODELOS – COMO UTILIZAR A PIRÂMIDE DE DECISÕES.

Como já foi tratado anteriormente, o modelo econômico identifica a contribuição de cada produto no resultado geral do processamento. Uma vez identificado esse resultado, qualquer alteração no preço de venda do produto ou nos custos variáveis implicará em alteração no resultado do processamento. Nesse momento é necessário intervir no processamento, seja alterando o *mix* de produtos, seja aumentando a quantidade no processamento conjunto.

Na alteração do *mix* deve-se aumentar a produção de produtos com maior MBC, em detrimento da produção daqueles de menor MBC. O aumento da quantidade processada na produção conjunta resulta em diluição maior dos custos fixos.

O sistema proposto neste trabalho permite simular tais alternativas, na tentativa de melhorar o resultado. Uma vez identificada uma solução satisfatória, esta poderá ser imediatamente implementada através do sistema de monitoramento.

Segundo LOPES (2001), a contribuição de uma função produção pode ser avaliada através de cinco objetivos básicos de desempenho, a saber: qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custos. Ainda de acordo com o autor, o custo é o mais importante: empresas que concorrem diretamente em preços terão no custo o seu objetivo na produção, e empresas que concorrem em outros objetivos que não o custo estarão também interessadas em manter seus custos baixos. O custo é afetado por todos os outros objetivos de desempenho.

Desempenho pode ser entendido como a relação entre o padrão e o realizado. Para o próprio LOPES (2001), o desempenho de uma organização depende de uma complexa inter-relação de fatores denominados parâmetros de desempenho, que são eficácia, eficiência, qualidade, inovação produtividade etc.

Para um sistema físico, produtividade é a relação entre o que se obtém na saída e o que é consumido na entrada do sistema (SINK, 1985).

Assim, no caso da presente investigação, o modelo econômico pode ser utilizado para simular diferentes situações de entrada e analisar o melhor resultado de saída.

O resultado é o denominador para as ações a serem tomadas no gerenciamento das operações, sejam elas decisões de caráter econômico, sejam elas decisões de caráter operacional. O resultado é medido através de controles que, na maioria dos casos, são avaliados por meio da comparação entre as entradas e as saídas (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Exemplos de entradas e saídas a serem avaliadas para medição do resultado

ENTRADA	SAÍDA
Investimento	Retorno
Volume de matéria prima	Volume de produto acabado
Horas de mão-de-obra pagas	Horas de mão-de-obra aplicadas
Produtos fabricadas	Peças boas
Produção planejada	Produção realizada

A comparação entre o realizado e o planejado permite a implementação de correções e a reformulação do planejamento, redefinindo novas metas para atingir o resultado proposto a nível estratégico. Todas essas ações podem ser feitas *on line* à medida do necessário, ou seja, uma vez constatado um desvio, toma-se uma decisão e imediatamente se procede à sua implementação. Obviamente, alguns parâmetros devem ser obedecidos.

Quando se conhece qual é a taxa de retorno pretendida pelo investidor e o montante do investimento a ser disponibilizado, sabe-se qual deve ser o resultado

da gestão - resultado previsto. Previamente, simulando-se a operação, comparam-se as MBC dos produtos com o resultado geral das operações. Se esse resultado for satisfatório, implementa-se a operação - dados da produção. Colhendo-se informações das operações realizadas, tem-se a Margem Bruta de Contribuição de cada produto e o resultado do processamento - produção. Se tal resultado também for satisfatório, as operações - rendimento – são controladas dentro dos mesmos parâmetros. Caso contrário, alteram-se as quantidades e valores, de tal maneira que a MBC atinja o resultado esperado - correção.

Retornando às empresas com processamento conjunto, os modelos físico e econômico podem ser analisados pela identificação dos pontos e níveis de decisão. As decisões de nível operacional estão nos volumes produzidos de cada produto. A definição desse volume é uma decisão de caráter econômico quando os valores monetários da operação são satisfatórios dentro das metas estabelecidas. O volume produzido é controlado com o mínimo de oscilação, dentro de parâmetros técnicos admissíveis. Caso contrário, o estabelecimento de mudança de volumes é informado através de novas ordens. Dependendo do grau de automação, tais ordens podem ter interferência direta no processo produtivo, como nos casos de mudança de rotação de uma máquina ou de abertura ou fechamento de uma válvula.

Um exemplo de uso destes pontos de decisão poderá ser visto adiante na simulação da agroindústria Rosa S. A.

5 SIMULAÇÃO DE UMA USINA

Para analisar a viabilidade de implantação do modelo proposto foi feita a simulação de uma empresa típica de processo de produção de produtos conjuntos, como é o caso de uma usina de açúcar e álcool, porque possibilita ilustrar de forma completa a modelagem de BRUNSTEIN (1994).

A simulação numa usina real foi descartada por que interferiria no processo de produção e, dessa forma, seria difícil obter a aprovação da administração de alguma empresa para tanto.

5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processamento da cana de açúcar resulta na obtenção dos co-produtos álcool e açúcar e o subproduto bagaço, como mostra a figura 5.1 abaixo.

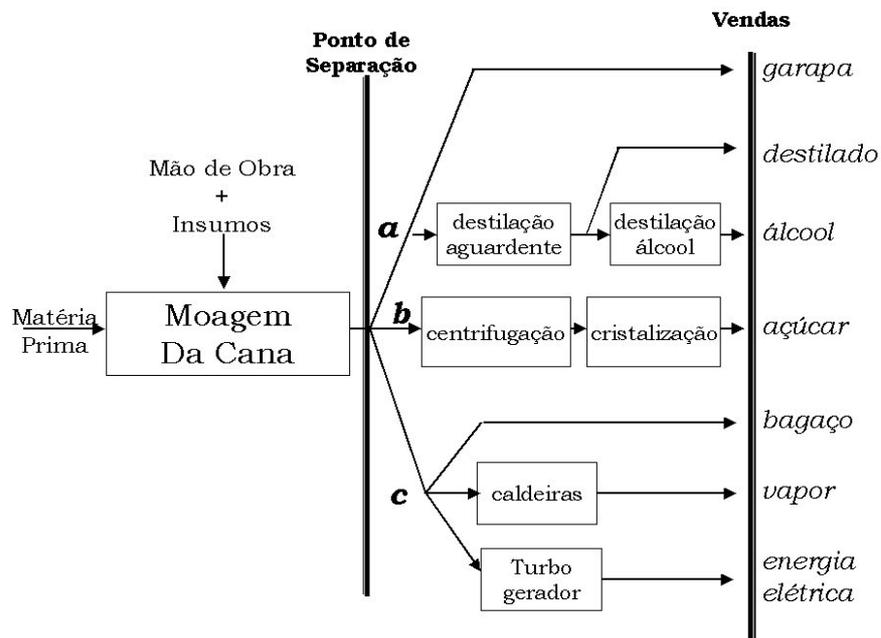


Figura 5.1 Configuração do processamento conjunto de uma usina de açúcar e álcool

O seqüência de obtenção dos diversos produtos obtidos pode ser visualizada através da figura 5.2.

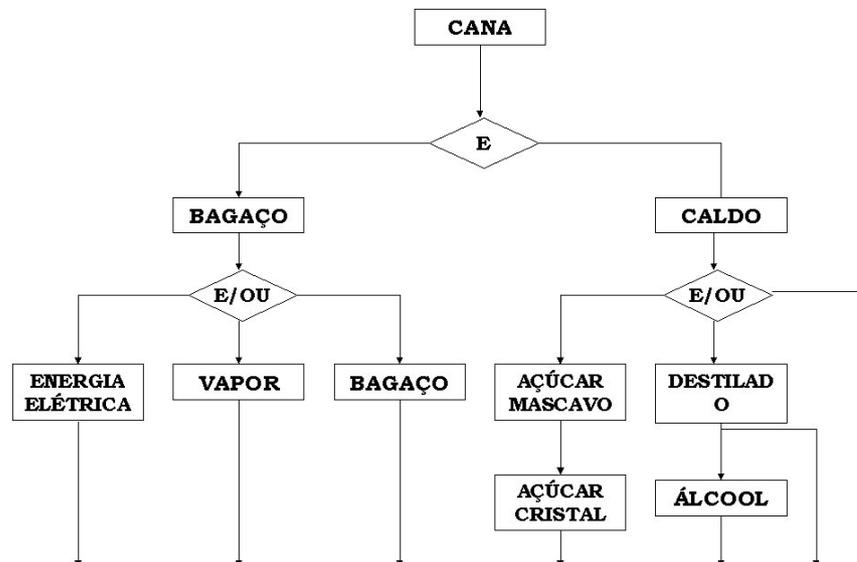


Figura 5.2 Fluxograma da produção de uma usina de açúcar e álcool

5.1.1 PROCESSAMENTO CONJUNTO

Neste processamento a matéria prima, cana de açúcar, é moída obtendo-se o caldo (garapa) e o bagaço.

5.1.2 PROCESSAMENTO ADICIONAL ALTERNATIVO

Neste processamento o caldo de cana passa pelo processo de fermentação durante 24 horas.

A seguir o fermentado é submetido ao processo de destilação na denominada coluna “A” que resulta nos produtos aguardente ou destilado alcoólico (álcool com no máximo 70 gl). De qualquer dos produtos obtidos da coluna “A”, pode-se obter álcool (acima de 70 gl) – que pode ser anidro, hidratado ou neutro - através da destilação em outra coluna.

5.1.3 PROCESSAMENTO ADICIONAL OBRIGATÓRIO

O caldo da cana é submetido a aquecimento até o ponto de cristalização do açúcar, denominado de açúcar mascavo. Submetendo o açúcar mascavo a um

processo de clareamento (lavagem com solução à base de soda cáustica) obtém-se o açúcar cristal.

5.1.4 PROCESSAMENTO EM MULTIPLAS OPÇÕES

O subproduto bagaço é utilizado pela maioria das usinas como combustível para as caldeiras de produção de vapor. Uma parte do vapor é consumida no acionamento da turbina das moendas, outra é consumida no processamento do açúcar e o escape (vapor que sai das turbinas) no aquecimento das colunas de destilação.

Caso haja sobra de vapor, este pode ser utilizado na geração de energia elétrica para acionamento de motores e bombas, e o excedente é vendido para a rede de energia elétrica.

O excedente do bagaço pode ser vendido no estado natural ou transformado em ração animal numa autoclave chamada de hidrolisador.

5.2 DADOS FÍSICOS DO PROCESSO

Os dados físicos⁵ do processo estabelecidos para a simulação foram os seguintes:

De 1 tonelada de cana obtém-se 583 l de caldo e 300 kg de bagaço.

De 583 l de caldo obtém-se 150 l de destilado alcoólico, 75 l de álcool ou 120 kg de açúcar cristal.

Para a produção de 1 l de destilado é necessário 1,5 kgf de vapor.

Para a produção de 1 l de álcool são necessários 3,0 kgf de vapor.

Para a produção de 1 kg de açúcar são necessários 3,75 kgf de vapor.

Para a produção de 1 kgf de vapor são necessários 1.5 kg de bagaço.

De 10.000 kgf de vapor obtém-se 600 kW de energia elétrica.

⁵ Estes valores são relativos à qualidade da cana e região do plantio. Também está considerada a marca e característica dos equipamentos da usina.

Tabela 5.1 Resumo dos produtos e quantidades obtidos de 1 tonelada de cana.

PRODUTO	QUANTIDADE
Caldo	583 l
Destilado	150 l
Álcool	75 l
Açúcar	120 kg
Bagaço	300 kg
Vapor	200 kgf
Energia Elétrica	12 kW

5.3 DADOS ECONÔMICOS DO PROCESSO

Admitindo-se uma usina operando em jornada de 24 horas, numa safra de 7 meses (5040 horas) e com uma capacidade de moagem nominal 40 t/h e máxima de 60 t/h.

Custos Fixos Próprio⁶ (CFP): inclui todos os gastos anuais com salários, encargos, energia elétrica, água, telefone, manutenção industrial e equipamentos, reformas e reparos nas entresafra.

Tabela 5.2 Custos Fixos Próprios para as UENs numa safra

UEN	CUSTO FIXO PRÓPRIO		
	UNITÁRIO	TOTAL	PARCELA
	R\$/h	R\$	%
Moagem	165,63	834.775,00	41,6
Destilado	26,50	133.564,00	6,7
Álcool	39,75	200.346,00	10,0
Açúcar	66,25	333.910,00	16,7
Bagaço	26,50	133.564,00	6,7
Caldeiras	33,13	166.955,00	8,3
Energia	39,75	200.346,00	10,0
TOTAL		2.003.460,00	100,0

A safra é de 7 meses = 5040 horas.

O caldo não tem custo por não ser habitualmente comercializado pelas usinas.

⁶ o montante do valor do custo fixo e sua distribuição teve como base a safra de 2003 em uma usina com porte similar a do estudo.

Custos Variáveis⁷ (CV): inclui o valor da matéria prima (cana) e outros insumos que compõem o processamento como produtos químicos na fermentação do caldo e lavagem do açúcar, combustíveis e produtos químicos para as caldeiras.

Tabela 5.3 Custos Variáveis para os produtos numa safra

PRODUTO	Unidade	CV(%)
Cana	t	100,00
Caldo	l	0,19
Destilado	l	0,87
Álcool	l	2,13
Açúcar	kg	1,66
Bagaço	kg	0,10
Energia	kW	2,50
Vapor	kgf	0,15

O CV é tomado em relação ao preço da tonelada da cana.

Preços de Venda Líquido: são os valores de mercado.

5.4 SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE

Existem vários fornecedores de sistemas de supervisão e controle, com diferentes tecnologias - Yokogawa (Japão), Foxboro, Honeywell e Rockwell (Estados Unidos da América), ABB (Suécia) e Smar (Brasil) -, que oferecem equipamentos e soluções para as mais diferentes situações. O sistema DeltaV - da Emerson (Estados Unidos da América) - foi selecionado porque oferece as interfaces necessárias para a simulação desejada, e por estar disponível no Laboratório de Automação e Controle (LAC) do Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

O sistema de supervisão e controle DeltaV é projetado para configuração, monitoração, calibração, documentação e diagnóstico de instrumentos e equipamentos utilizados na linha de produção em empresas com processo contínuo de produção, ou com processo de batelada. É um sistema híbrido constituído por

⁷ safra de 2003 em uma usina com porte similar a do estudo.

um *software* AMS para manutenção preditiva, controle de intertravamentos do sistema e interface gráfica para comunicação com os equipamentos de campo - como válvulas, medidores de vazão, pressão e temperatura -, através de protocolos ASI, *DeviceNet*, *Profibus DP*, *Fieldbus* ou HART, dependendo da tecnologia adotada. Essa arquitetura é conhecida como *Plantweb*. No caso do DeltaV, existe uma interface própria para comunicação com o MS Word® ou o MS Excel®.

As válvulas são dotadas de servomecanismos acionados através de circuitos lógicos em PID ou FUZZY. Todo o sistema é executado em microcomputador PC ATX com microprocessador Intel Pentium 4 com frequência 1 GHz, 512 MB de memória RAM, área mínima em disco rígido de 2GB e sistema operacional MS Windows NT 4.x®.

A Figura 5.3 apresenta o sistema DeltaV adaptado ao modelo de BRUNSTEIN (1994).

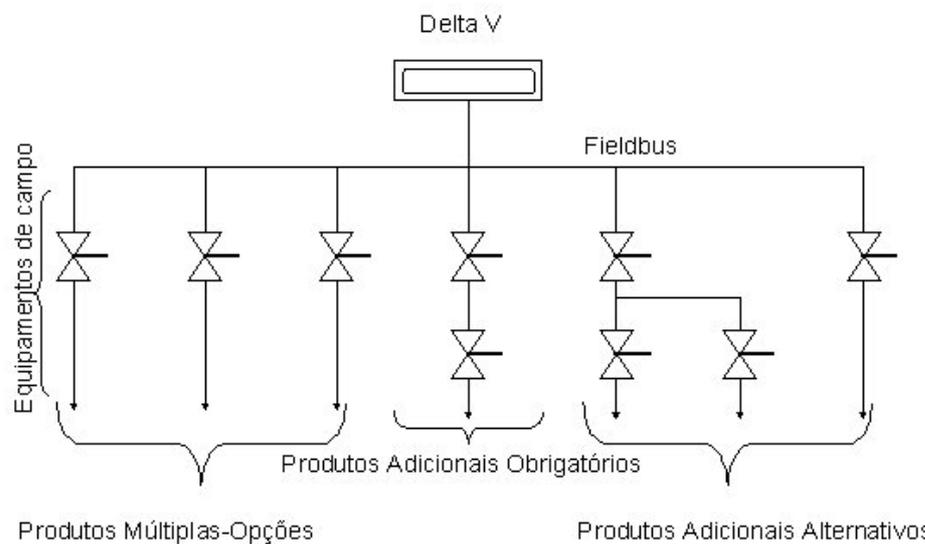


Figura 5.3 Diagrama do sistema DeltaV adaptado ao modelo de Brunstein

5.5 DESCRIÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA SIMULAÇÃO.

O DeltaV coleta dados, simultânea e diretamente em todas as UENs a cada 5 segundos, que são processados numa planilha do MS Excel juntamente com outros dados, tais como preços e custos, informados através de entradas manuais.

Um exemplo de resultado da planilha MS Excel é mostrado na figura 5.4, onde se observa a MSBC de cada produto e o RES⁸ do Processo.

PRODUTO	CALDO	DESTILADO	ÁLCOOL	AÇÚCAR	BAGAÇO	VAPOR	ENERGIA
PVL	0,06	0,35	0,70	0,69	0,04	0,02	0,32
CUSTO VARIÁVEL	-	633,82	576,20	-	34,57	170,10	13,61
RENDIMENTO		858%	67%	0%	67%	2400%	
RENDIMENTO				0%			
CUSTO FIXO PRÓPRIO		160.800,00	240.000,00	240.480,00	160.800,00	199.200,00	240.000,00
CUSTO FIXO PRÓPRIO				160.320,00			
PRODUÇÃO/HORA	-	3.000,0	1.500,0	-	1.200,0	9.000,0	432,0
MSBC INSTANTÂNEA	810,46	810,46	426,18	(127,64)	(18,48)	(39,52)	74,85
PRODUÇÃO/ACUMULADA							
MBC ACUMULADO							
PRODUTO	ÁLCOOL		AÇÚCAR		BAGAÇO		
MSBC INSTANTÂNEA	810,46		(127,64)		16,85		
MSBC ACUMULADA							
PROCESSAMENTO CONJUNTO							40,0
ARP INSTANTÂNEO							501,58
ARP INSTANTÂNEO							

Figura 5.4 Exemplo de planilha de resultados de processo.

Na figura 5.5 pode-se identificar o MBC de cada produto e o RES.

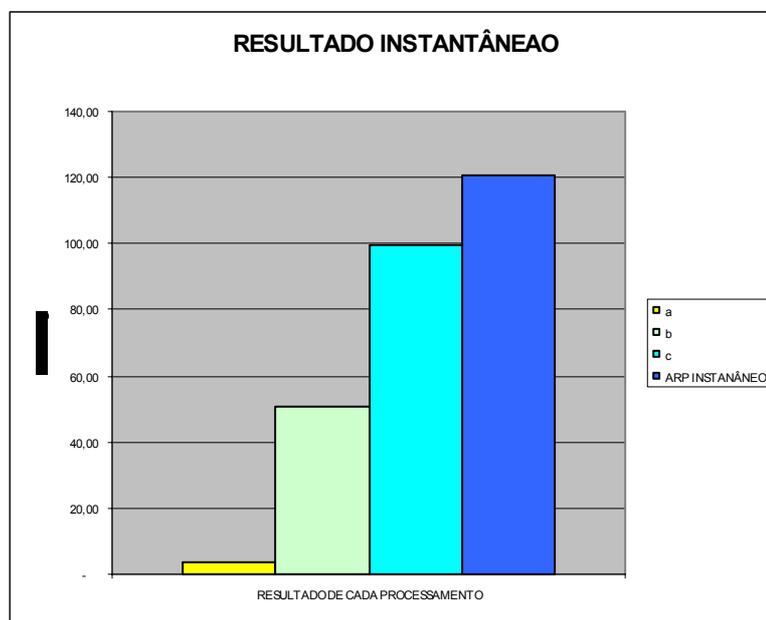


Figura 5.5 Resultado instantâneo da MSBC o RES.

⁸ Entenda-se ARP = RES (apuração do resultado no período = resultado do processamento no período)

Na figura 5.6 identifica-se o volume de matéria prima consumido na produção de cada produto.

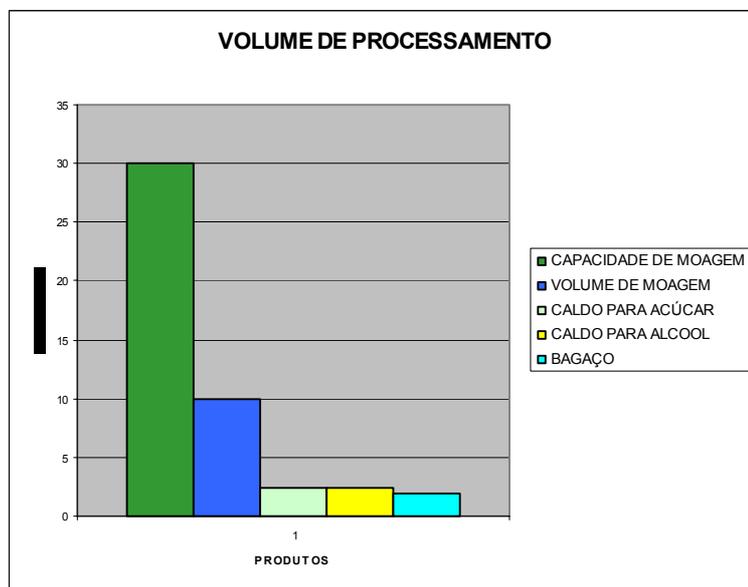


Figura 5.6 Volume de processamento de cana, açúcar e álcool.

Na figura 5.7 observa-se a MBC de cada produto quando do processamento de toda a matéria prima em um só produto.

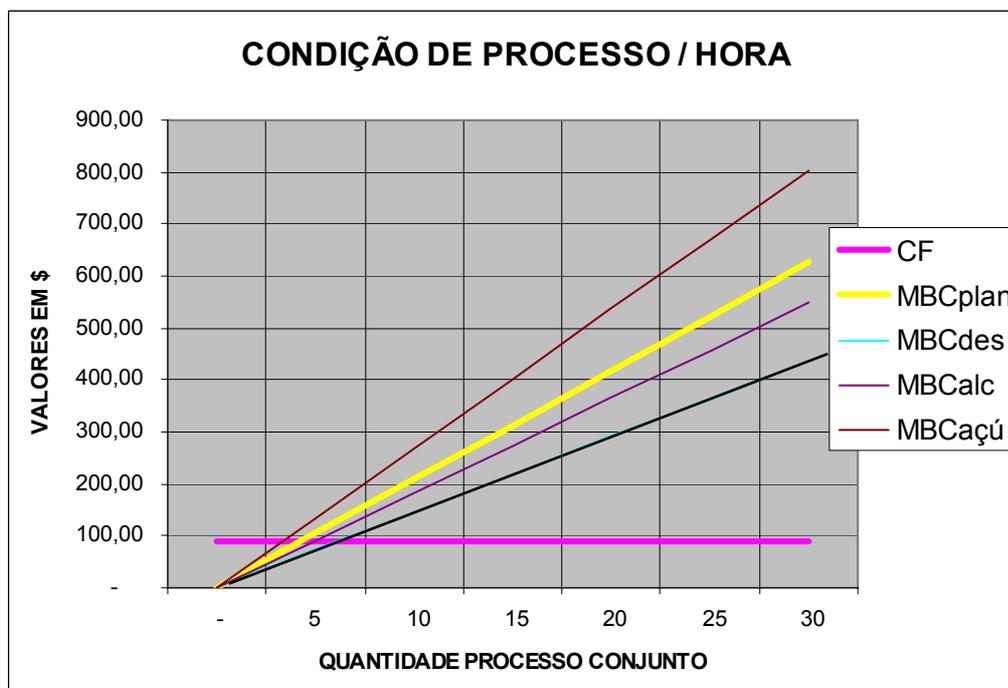


Figura 5.7 Custo Fixo e MBC da mistura e da transformação de 100% da cana em destilado, açúcar ou álcool.

Na figura 5.8 observa-se a diferença entre a MBC planejada e a realizada. A diferença existente entre ambas é sinal de algum descontrole no processo proveniente de baixo rendimento ou desajuste nos equipamentos. Esse descontrole pode ser identificado e corrigido pelo sistema de monitoramento.

PROCESSAMENTO CONJUNTO = 10 t / h RES = R\$ 120,67 / h



Figura 5.8 Custo Fixo e MBC planejada e real de uma mistura de destilado, açúcar e álcool.

A figura 5.9 mostra a tela completa com a planilha e todos os gráficos descritos anteriormente.

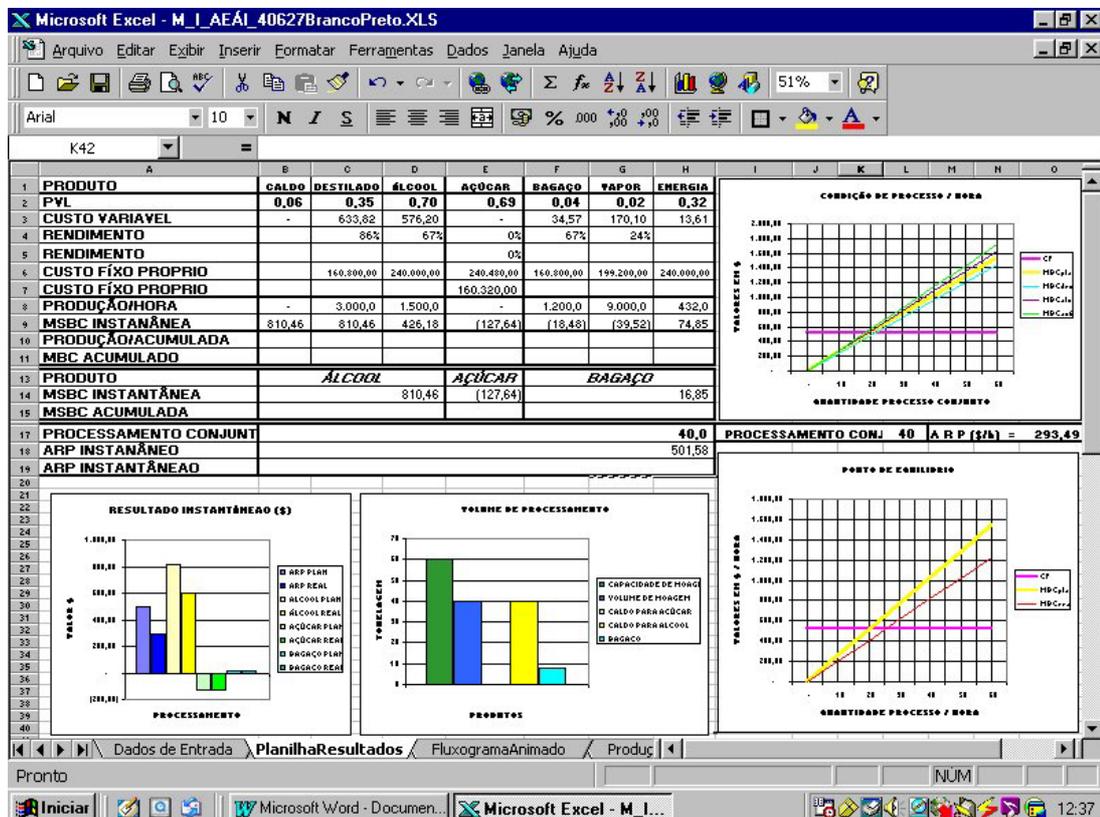


Figura 5.9 Tela de resultados do processamento.

A figura 5.10 mostra a tela com o fluxograma que representa de forma dinâmica e pictórica em tempo real o andamento da produção (feedback do modelo econômico), onde podemos identificar:

EQUIPAMENTOS BÁSICOS

moendas – equipamentos para moagem da cana.

Dorna de caldo – recipiente de armazenagem do caldo a ser transformado em açúcar ou álcoois.

Coluna A – destilaria para produção de aguardente ou destilado alcoólico

Coluna de álcool - destilaria para transformação de aguardente ou destilado em álcool.

Centrifugas – equipamento que faz parte do processamento de açúcar.

Armazenagem de bagaço – local de estocagem e manuseio da sobra de bagaço.

Caldeiras – equipamento para geração de vapor, neste caso, a partir do bagaço como combustível.

Turbo gerador – para geração de energia elétrica a partir de um gerador acionado por uma turbina a vapor.

ENTRADAS

Qcana – volume de cana moída.

Qcaldo – volume de caldo obtido da moagem da cana.

Qgarapa – volume de caldo a transformar em álcoois ou açúcar.

Qvinho – volume de garapa a transformar em destilado ou aguardente.

Qdestilado – volume de aguardente a transformar em destilado.

Qálcool – volume de destilado a transformar em álcool.

Qsacarose – volume do caldo a transformar em açúcar.

Qmascavo – volume de açúcar mascavo a transformar em cristal.

Qbagaço – volume do bagaço na moagem da cana.

Qqueima – volume de bagaço a queimar para geração de vapor.

SAÍDAS (para reaproveitamento)

Qvapor – volume de vapor a transformar em energia elétrica

SAÍDAS (para comercialização)

Qcaldo – volume de caldo.

Qdestilado – volume de destilado.

Qálcool – volume de álcool.

Qaçúcar – volume do açúcar.

Qbagaço – volume do bagaço.

Qvapor – volume do bagaço na moagem da cana.

Qenergia elétrica – volume de energia elétrica.

Os equipamentos são representados por gráficos de barras que se modificam dinamicamente conforme as flutuações dos volumes processados.

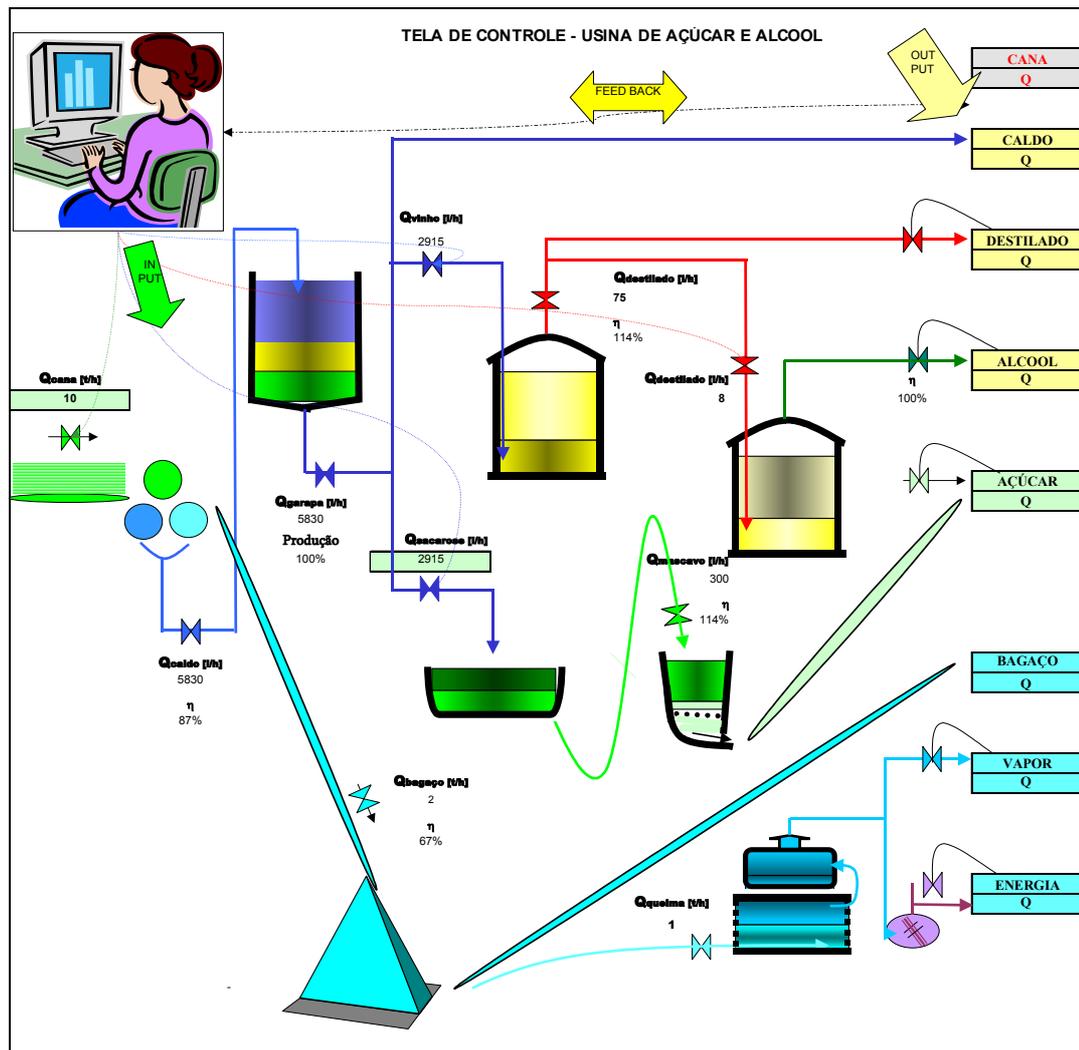


Figura 5.10 Fluxograma Dinâmico

A figura 5.11 mostra a tela do sistema DeltaV para o processo de produção de cana de açúcar da simulação.

Pode-se identificar:

- V1 = Volume de cana moída.
- V2 = Volume de Bagaço
- V3 = Volume de caldo para processamento de Destilado ou álcool
- V4 = Volume de caldo para processamento de Açúcar.
- V5 = Volume bagaço para a caldeira
- V6 = Volume de destilado produzido
- V7 = Volume de vapor

Outros volumes são calculados pela diferença como por exemplo do total de caldo extraído o para açúcar e destilado e álcool o resto é garapa.

Do bagaço não utilizado na caldeira o resto é comercializado no estado natural.

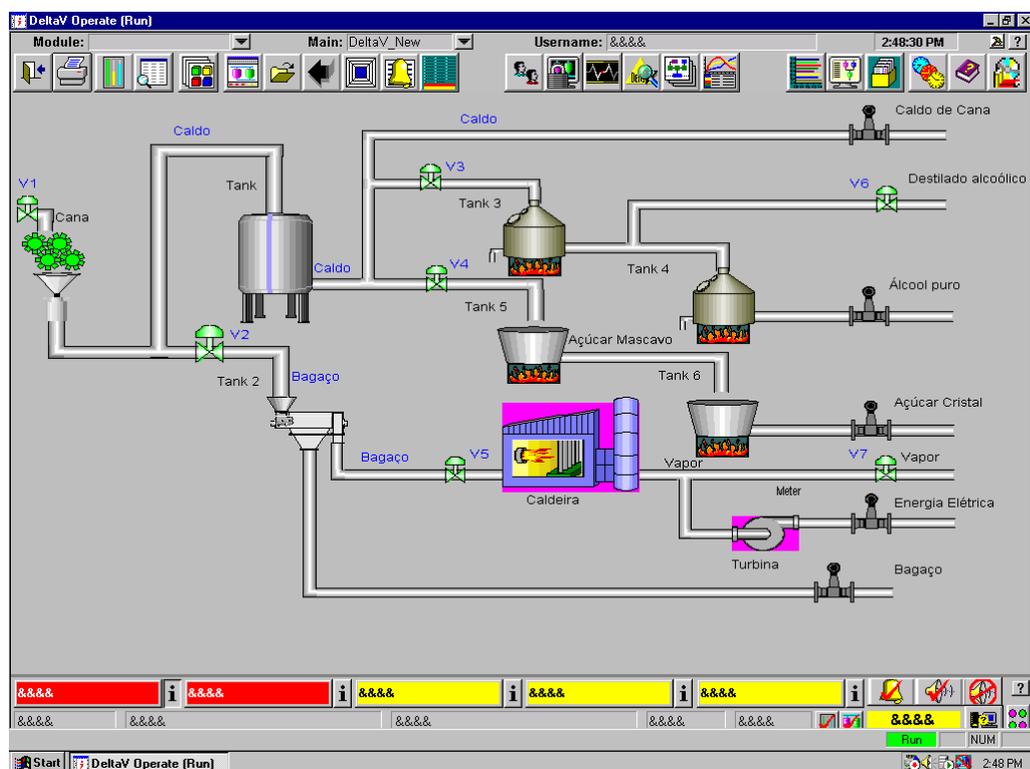


Figura 5.11 Tela do DeltaV para monitoramento e simulação da usina em estudo.

5.6 CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

A Rosa S. A. é uma agroindústria de porte médio bem característica no ramo sucroalcooleiro situada em Boituva, SP, cujos produtos mais significativos são o destilado e o álcool.

As condições de processamento dessa agroindústria são: capacidade de moagem de 300.000 t, por safra, a uma velocidade nominal de 40 t/h e máxima de 60 t/h; e uma produção máxima de álcool de 50% do destilado produzido.

Para a safra de 2004, cuja duração é de 7 meses, está previsto a moagem de 200.000 t de cana da seguinte forma: 70.000 t de cana própria, 80.000 t de cana de parceria e 50.000 t de terceiros por aquisição.

Quanto aos custos para a safra, o fixo total é de R\$ 2.400.000,00. Para cada 100.000 t a mais do previsto haverá um acréscimo de R\$ 2.000.000,00 e para cada 100.000 t a menos haverá um decréscimo de R\$ 200.000,00.

A estratégia de como ajustar o processo dependerá primeiramente do preço do álcool e a seguir do preço da cana. O preço do destilado varia na mesma proporção do preço do álcool. Existe uma expectativa de haver uma queda, no mínimo de 10%, no preço do álcool para além das 200.000 t e um aumento de 10% no preço da cana adquirida de terceiros.

Foram executados 13 cenários de simulação desta agroindústria para a safra de 2004, onde as condições de processamento e os resultados são mostrados nas tabelas 5.4 e 5.5.

Tabela 5.4 Custos e Preços

Cenários	Custo Fixo R\$	Preço	Preço de Venda Líq.	
		Cana t	Destilado R\$/1	Álcool R\$/1
1 a 4	2.000.000,00	27,30	0,35	0,70
5 a 7	2.200.000,00	28,81	0,35	0,70
8 a 10	2.400.000,00	28,81	0,35	0,70
11 a 13	4.400.000,00	29,20	0,32	0,64

Cenários	Moagem t / h	100% destilado		50% álcool/destilado	
		RES		RES	
		Instantâneo R\$ / h	Total R\$	Instantâneo R\$ / h	Total R\$
1	0	-396,83	-2.000.000,00	-396,83	-2.000.000,00
2	5	-267,26	-1.346.997,46	-260,44	-1.312.599,46
3	10	-137,70	-693.994,90	-124,05	-625.198,90
4	15	-8,13	-40.992,34	12,34	-62.201,66
5	20	47,62	240.015,18	76,43	385.217,28
6	25	168,65	850.018,68	204,67	1.031.521,98
7	30	289,69	1.460.022,78	332,90	1.677.826,38
8	35	371,04	1.870.041,60	421,45	2.124.130,78
9	40	492,07	2.480.030,38	549,69	2.770.435,08
10	45	613,10	3.090.034,18	677,92	3.416.716,80
11	50	90,27	454.981,53	163,27	822.901,46
12	55	186,60	940.479,12	266,90	1.345.191,78
13	60	282,93	1.425.977,94	370,53	1.867.481,94

Tabela 5.5 Previsão de RES para a safra 2004.

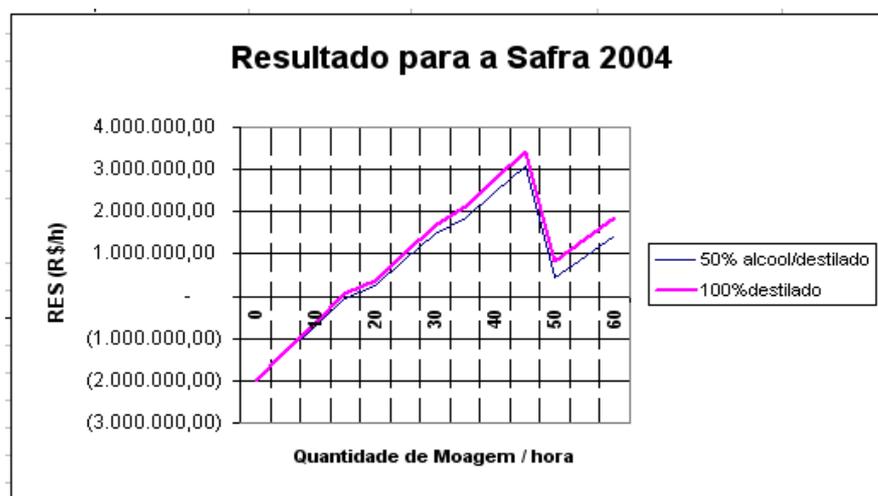


Figura 5.12 Gráfico do RES safra * Velocidade de Moagem

Observando-se a figura 5.12 podemos concluir que o cenário 10 apresenta a maior lucratividade para as condições físicas e econômicas previstas.

Adotando-se o cenário 9 para uma simulação real, como escolhido pela empresa Rosa S. A. para a safra de 2004, obteve-se nas tela do DeltaV os seguintes valores:

Qmoagem = 39,2 t/h.

Qálcool = 734,2 l

Qdestilado = 1468,4 l

Qbagaço = 1180,6 kg/h

Qenergia = 91,5 kW.h

Qvapor = 5896,3 kgf.h

O caldo e o açúcar não estão em produção.

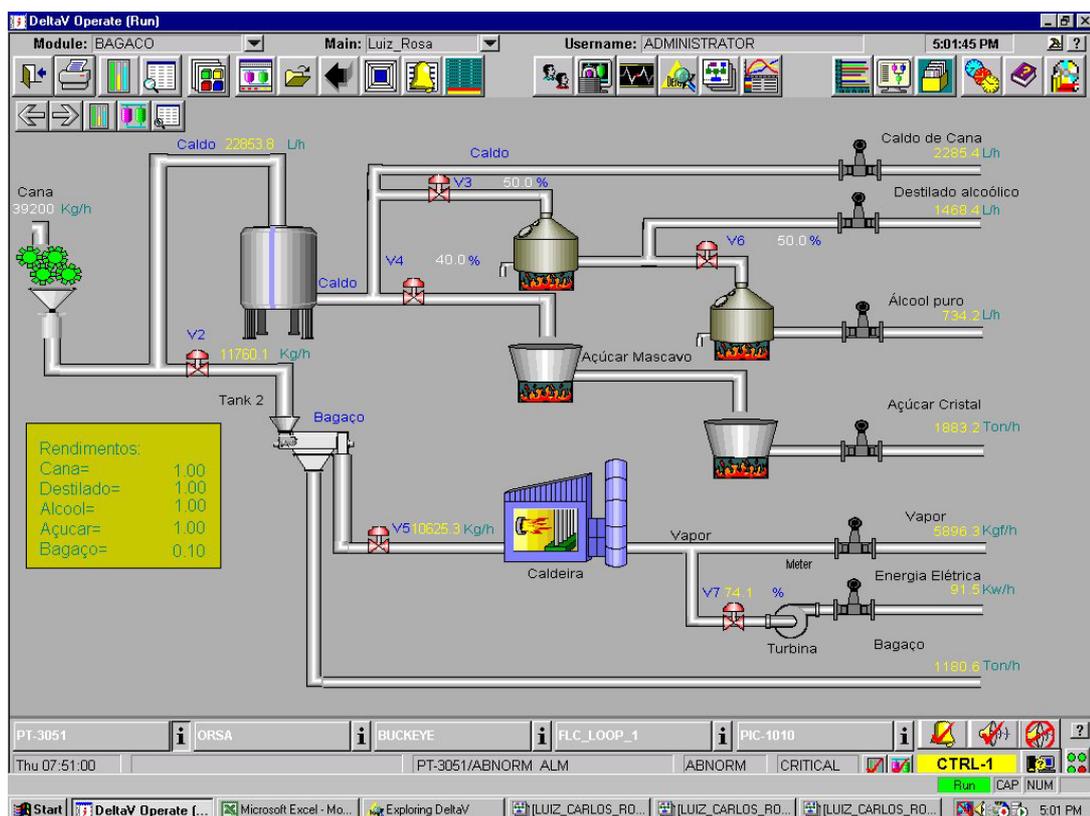


Figura 5.13 Tela do DeltaV para o cenário 9 da simulação da Rosa S. A.

Os mesmos valores do DeltaV podem ser vistos no fluxograma dinâmico mostrado na figura 5.14.

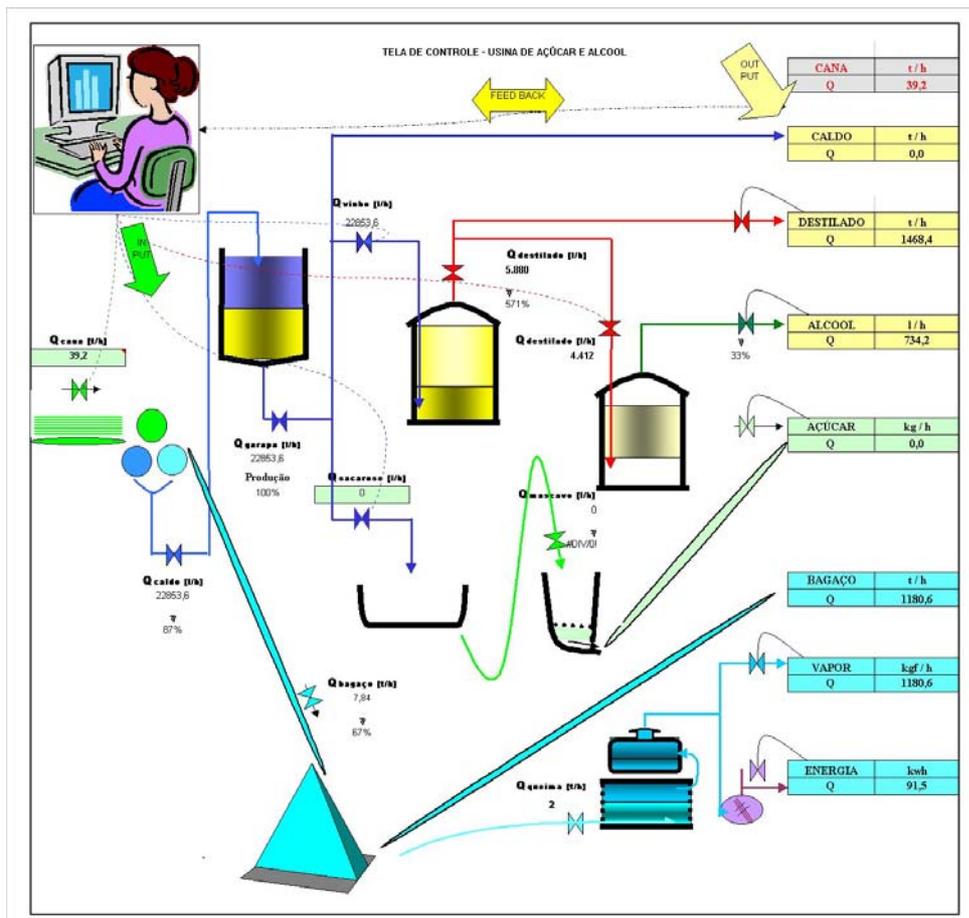


Figura 5.14 Tela do fluxograma dinâmico da Rosa S. A.

A figura 5.15 mostra os resultados planejados e reais da simulação do cenário 9.

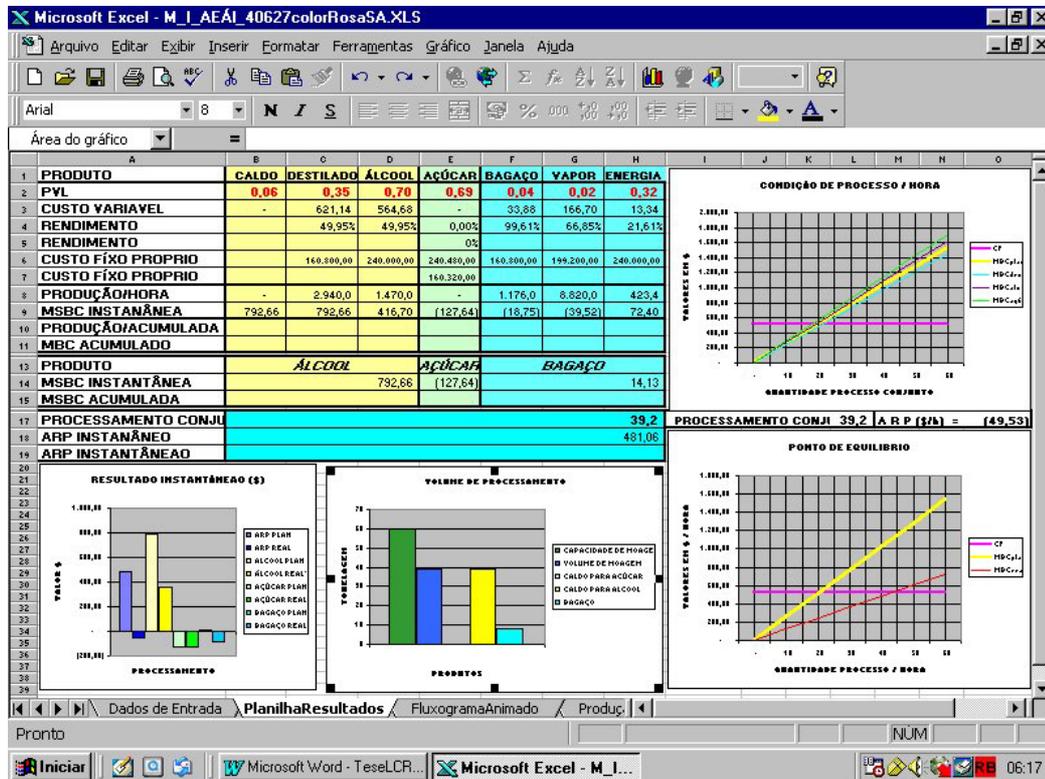


Figura 5.15 Planilha de Resultados da Rosa S. A.

Obs.: o RESreal = -49,53 < RESplanejada = 481,06.

O resultado acima, de forma isolada, não é representativo pois apresenta o valor num determinado instante que pode ser diferente do valor planejado. É significativo quando comparado com o valor planejado instantâneo e a média do resultado acumulado tanto planejado quanto realizado.

O fato do valor do valor RESreal ser negativo não implica em que o processo está gerando prejuízo.

A diferença entre o resultado real e o planejado foi induzido com uma variação na quantidade de moagem que é representada por uma variação aleatória de mais ou menos 5 toneladas.

Esta variação aleatória foi gerada por uma função randômica. Este tipo de variação ocorre nas plantas industriais em função dos desajustes nos equipamentos do processo. A correção desses desajustes podem ser feitos através da correção de parâmetros físicos da instalação.

6 CONCLUSÕES

No caso do processamento conjunto, o uso das variáveis econômicas na monitoração do processo permite otimizar os resultados, valorizando os produtos que trazem maior contribuição à empresa.

Utilizando essa ferramenta, é possível identificar as quantidades processadas de cada produto, considerando dados reais apurados durante o processamento pelo sistema de monitoramento, o que garante a confiabilidade dos resultados. Resultados confiáveis só são possíveis com dados de entrada confiáveis.

A administração do processo produtivo através do sistema integrado – que agrega o sistema de monitoramento e o modelo econômico - facilita as tomadas de decisões quanto ao andamento da produção, pois as variações ocorridas são instantaneamente identificadas e as distorções podem ser corrigidas, de tal forma a atingir o resultado previsto. O melhor resultado, como já visto, é obtido através de acompanhamento do desempenho da produção comparado com o resultado adotado através de simulações do modelo, objeto deste trabalho.

Este modelo permite:

- a) manipulação de dados seguro por meio eletrônico eliminando possíveis erros humanos, portanto mais confiáveis;
- b) dados coletados e valores do resultado muito próximos da realidade;
- c) informações mais confiáveis e seguras e decisões mais precisas;
- d) resultados instantâneos e resultados acumulados por períodos determinados;
- e) possibilidade de gestão à distância do processo produtivo através de meios e dispositivos automáticos;

f) as limitações físicas do processo produtivo como rendimento, capacidade de produção podem ser controladas pelo sistema de monitoração, que é parte integrante do próprio modelo de gestão proposto; e

g) alterações de valores de mercado como demanda, preços de produtos e matéria prima, custos de mão de obra e insumos podem ser simulados.

Uma vez definidas, outras configurações de produção, como quantidade no processamento conjunto e *mix*, podem ser imediatamente implementadas dentro de restrições físicas do processo.

O sistema de monitoramento proposto neste trabalho tem condição de controlar e atuar no processo produtivo, de forma a atingir o objetivo de maximizar o resultado RES.

É possível definir os pontos de quantidades mínima e máxima e, a partir deles, estabelecer a condição de contorno da produção. A produção deve ser operada dentro desses valores, para garantir resultados positivos durante todo o período de processamento.

O sistema monitorado permite atuar no processo, ajustando o volume de trabalho às condições econômicas acima descritas, em intervalos de tempo tão pequenos quanto permitido pelas características dos equipamentos utilizados no processo.

O ajuste do processo leva a definir o *set point* dos equipamentos, facilitando o trabalho tanto da operação - sem risco de erro por parte do operador - quanto do gerenciamento eficiente - por parte da administração.

Entretanto, outras possibilidades - como a variação do preço de venda de cada produto em função da oferta e do mercado, e o aumento de custos decorrente da utilização mais intensa dos equipamentos - devem ser considerados. Esses dados representam uma expressiva limitação, muito importante nas decisões de produção.

Essas duas situações levam o RES a um comportamento diferente daquele apresentado nesta tese, e mais próximo da realidade. Assim, novas investigações -

que contemplem tais aspectos – devem ser implementadas com o auxílio do sistema de simulação proposto, cujo espectro de abrangência é suficientemente amplo para incluir outras variáveis que não aquelas aqui relatadas.

6.1 SUGESTÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES

Possibilidade de estudos de casos utilizando-se modelos acoplados a sistemas de monitoramento que simulem a cadência da produção em situações reais levantadas através de técnicas de *estudos de tempo*.

Uso da modelagem para análise econômica de investimentos onde os dados para a base de estudos são insuficientes. Existem casos onde a justificativa para adoção de novas técnicas e tecnologias aplicadas ao processo são de difícil justificativa. O uso da simulação nestes casos é uma ferramenta eficaz, pois além do baixo custo apresenta um resultado confiável.

No modelo apresentado nesta tese, incluir informações de variáveis de mercado - onde a receita deixará de ser linear com a variação do volume comercializado - e considerar o custo fixo variando com o uso dos equipamentos - como ocorre na realidade. Nestes casos, haverá uma faixa ou um único ponto onde a empresa deve operar de tal forma a garantir o melhor resultado econômico.

Vale a pena enfatizar que a proposta nessa tese se aplica a qualquer empresa que possua o processo de produção caracterizado como produção conjunta. Qualquer estudo seja de melhoria de processo, emprego de novas tecnologias, expansão ou implantação de novas unidades em refinarias de petróleo, usinas de açúcar e álcool, cervejarias, fabricação de papel e celulose, indústrias químicas, processamento de sucos de frutas, tintas e etc., podem ser simuladas com esta modelagem antes de serem implementadas.

Mediante todos os argumentos concluídos acima, podemos comprovar a existência da interfase entre o modelo físico e econômico, proposta desta tese.

ANEXO A

O TRIO BÁSICO

Segundo MILLER (1998) e EMERSON PROCESS MANAGEMENT (200-?), o processo contínuo de produção é perfeitamente controlado quando o TRIO BÁSICO - temperatura, vazão e pressão - está sob controle, dentro dos parâmetros preestabelecidos. Para que possamos entender melhor, segue a descrição básica dos produtos e componentes comumente utilizados nestes controles.

ESTAÇÃO DE CONTROLE DE TEMPERATURA

DIFERENÇA DE TEMPERATURA

O Drift Alert (Diferença de Temperatura) é composto por dois elementos detetores de temperatura. A função é detectar por comparação uma possível falha de um dos elementos, já que a chance dos dois falharem simultaneamente é ínfima.

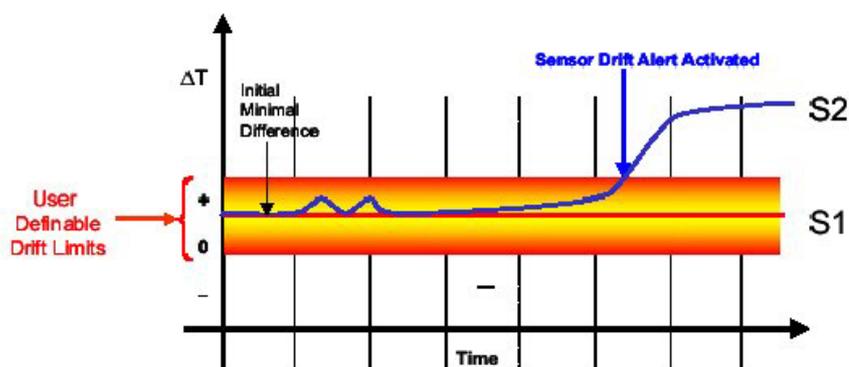


Figura A.1 Comportamento de um controlador de temperatura tipo “Drift Alert”

A figura A.1 representa graficamente o comportamento dos elementos em função do tempo.

TERMOPARES

Os TCs - Thermocouples (Termopares) são usados para medir temperatura por variações de grandezas elétricas (milivoltagem).

Um TC consiste de dois fios de metais diferentes (por exemplo, ferro e constantan) que são unidos através de solda por brasagem numa das pontas que chamamos de junta quente ou de medição. (ou elemento sensível).

Um outro lado do termopar está acoplado um voltímetro no qual está a chamada junta fria ou junção de referência.

A temperatura proporcional a variação da voltagem é indicada no voltímetro

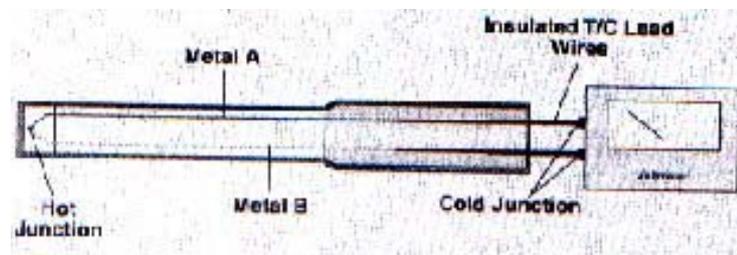


Figura A.2 Sistema de controle de temperatura tipo Termopar

Existem vários tipos de TC que são utilizados de acordo com a aplicação ou meio onde será tomada a medida.

Tipo E - Cromo e constantan (liga de níquel e cobre)

Tipo J - Aço e constantan

Tipo K – Cromo e alumínio

Tipos R e S – Platina e Platina-Ródio.

A figura A.2 representa o termopar descrito.

DETECTOR DE TEMPERATURA POR RESISTÊNCIA

Os RTDs - Resistance Temperature Detectors (Termoresistores) operam pelo princípio de que a resistência elétrica de um metal aumenta com o aumento da temperatura, fenômeno conhecido com termoresistividade. A temperatura medida pode ser inferida pela medida da resistência do elemento RTD

O elemento material sensetivo do RTD.

A característica do elemento sensível do RTD varia de acordo com o metal ou liga utilizada. Estes elementos têm que ter a seguinte característica:

- Um bom comportamento entre temperatura e resistência;
- Alta resistência que possa ser medida facilmente;
- Resistência mecânica; e
- Estabilidade quando sujeita a temperaturas elevadas.

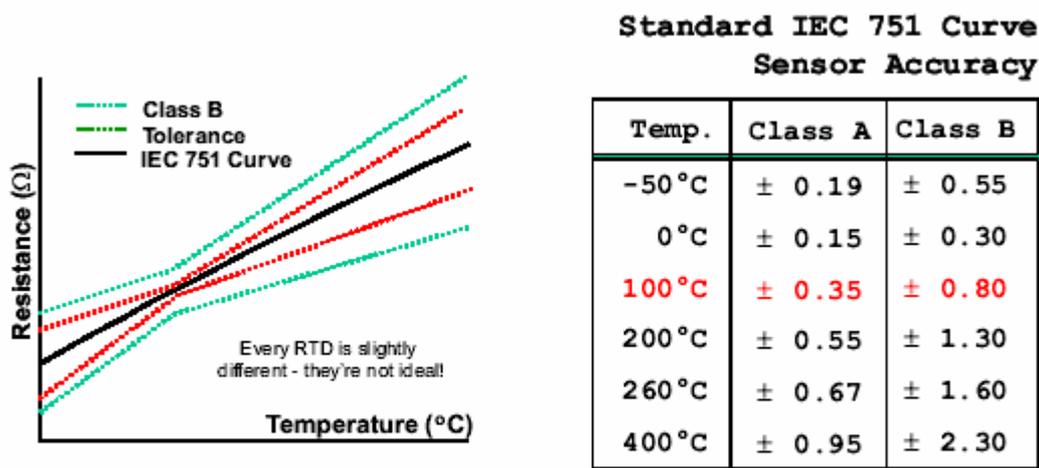
Os três tipos de metais mais comuns utilizados como termoresistências são:

Termoresistência de Platina: É a mais comumente utilizado em processos industriais. Tem uma boa precisão, alta repetibilidade e alta resistência a variação de temperatura. É um elemento que apresenta boa linearidade com o campo de variação de temperatura.

Termoresistência de Cobre: Apresenta boa linearidade com a variação da temperatura, mas é mais limitado se comparado com a platina. É aplicado onde a precisão não é crítica.

Termoresistência de Níquel: tem uma grande resistência a altas variações, a linearidade no entanto não é boa o que limita a precisão. É aplicado onde a precisão não é crítica.

Sensor interchangeability errors.(erro de intercambiabilidade): Quando da substituição de um elemento por outro do mesmo tipo existe uma diferença devido a variação intrínseca da resistência.



All transmitters, all DCSs, and PLCs use the IEC Standard Curve

Figura A.3 Curva característica dos sensores de temperatura RTD.

A figura A.3 representa a curva característica dos sensores 751 classe A e classe B.

ESTAÇÃO DE CONTROLE DE PRESSÃO

A nomenclatura “a” para absoluta, “g” para atmosférica e “d” para diferencial anexado a unidade de temperatura indica a referência de pressão ou o tipo de instrumento usado. Por exemplo; psia, psig ou psid. Se a pressão em bar então; bar a, bar g ou bar d.

Pressões mensuráveis.

Pressão hidrostática → Pressão de coluna de fluido.

Pressão estática → Pressão da linha

Pressão de vapor → Pressão de vaporização dos líquidos a uma determinada temperatura

SENSOR DE PRESSÃO CAPACITIVA

A variação de pressão é proporcional a capacitância diferencial entre a calota esquerda e direita. Baseada nas propriedades dielétricas do material da calota, uma das placas do capacitor chamada diafragma se move em resposta a uma pressão aplicada sobre si.

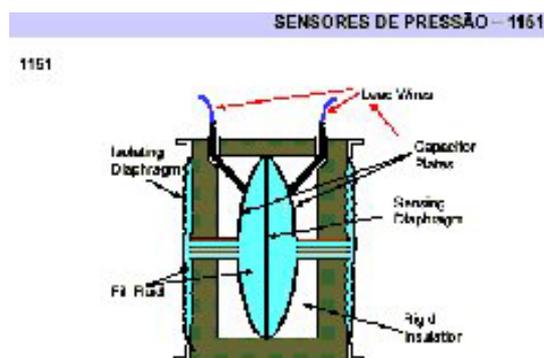


Figura A.4 Sensor de pressão capacitivo

A figura A.4 representa, em corte, um sensor de pressão capacitiva.

SENSOR DE PRESSÃO PIEZORESISTIVA

O sensor de pressão piezoresistiva mede a variação da pressão proporcionalmente a resistência da pastilha semicondutora. Portanto a medida que diminui o fluxo de corrente elétrica na pastilha é sinal que o valor da pressão também varia.

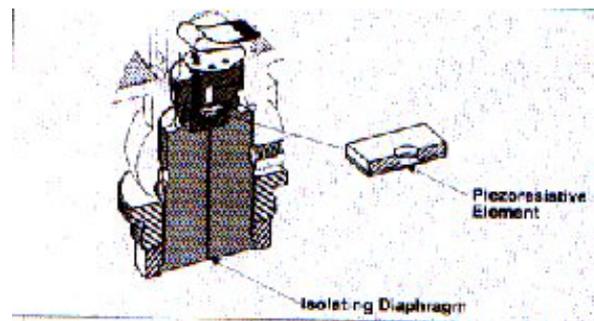


Figura A.5 Sensor de pressão Piezoresistiva

A variação na resistência é percebida pela variação da corrente que é portanto convertida em pressão. A Figura A.5 representa um modelo de sensor piezoresistivo. Este dispositivo é montado na tubulação que passa abaixo do *isolating diaphragm*.

ESTAÇÃO DE CONTROLE DE VAZÃO OU FLUXO

PLACA DE ORIFÍCIO

Consiste de um disco com um orifício no meio, o qual é fixado na tubulação na trajetória do fluxo. O disco perfurado atua como elemento primário criando um diferencial de pressão. Quando a velocidade do fluido aumenta, a pressão diminui quando o fluido passa pelo orifício criando um diferencial de pressão. O valor desse diferencial é medido com um transmissor de pressão diferencial antes e depois do disco perfurado, respectivamente pressões de alta e de baixa.

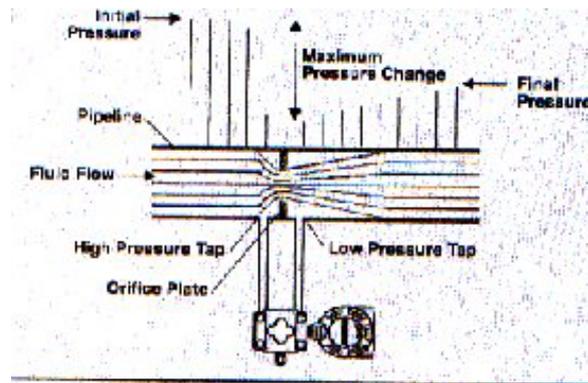


Figura A.6 Medidor de vazão – Placa de Orifício

A figura A.6 representa este medidor de vazão.

TUBO DE PITOT

Um tubo tipo Pitot para medição de vazão consiste de um inserto em tubo com tomadas de pressão colocadas no centro da tubulação. O inserto é dobrado com um ângulo de 90° de tal forma que a parte do tubo cuja ponta está em contato com o fluido esteja paralela a tubulação no sentido contrario ao fluxo (Figura 3.12). A velocidade do fluido cria uma pressão de dinâmica dentro do inserto. Um transdutor mede a diferença de pressão entre a extremidade do inserto e a pressão estática na parede da tubulação.

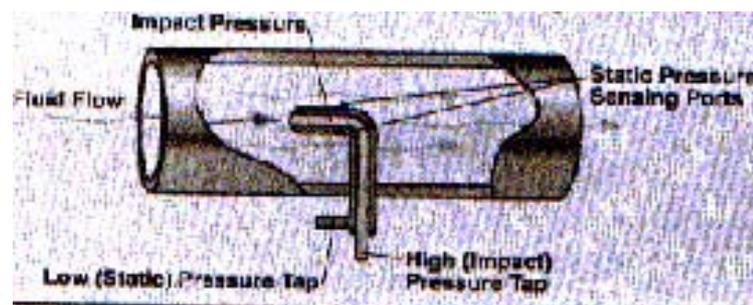


Figura A.7 Medidor de vazão – Tubo de Pitot

SISTEMA VORTEX

Mede a frequência de geração de vórtices quando o fluido se move acima de uma certa velocidade e contorna um obstáculo não aerodinâmico. A frequência desses vórtices é proporcional á vazão medida.

A figura A.8 apresenta um esquema de formação do vórtice mediante um obstáculo e conforme a velocidade do fluido.

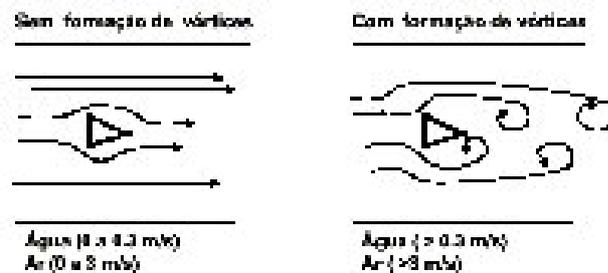


Figura A.8 Formação do vórtice

A figura A.9 apresenta o desenho do medidor de vazão Vortex.

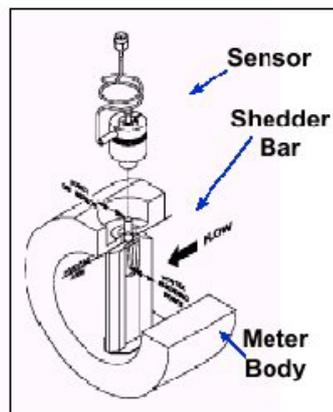


Figura A.9 Medidor de vazão tipo Vortex

PRINCÍPIO DE CORIOLIS

Mede a deformação de um tubo em U o qual esta em movimento de vibração forçado através de uma bobina impulsora. Essa deformação é proporcional á vazão mássica do fluido Figura A.10

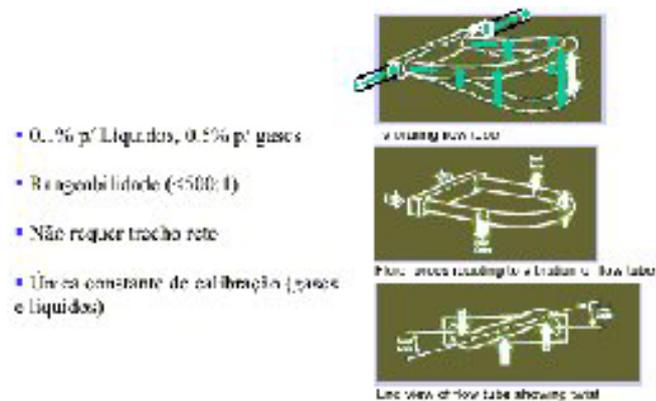


Figura A.10 Princípio Coriolis

DIFERENÇA DE PRESSÃO (ANNUBAR)

É baseado no princípio de Pitot com uma haste com múltiplos orifícios "pitométricos" igualmente distribuídos numa seção da tubulação. Vide figura A.11.

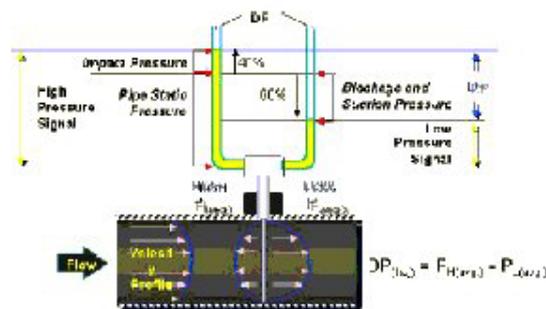


Figura A.11 Medidor de Pressão tipo ANNUBAR

MEDIDOR MAGNÉTICO.

O princípio de operação é baseado na lei de Faraday na qual um fluido condutor se movendo dentro de um campo magnético gera um milivoltagem proporcional a velocidade média desse fluido. A figura A.12 representa um esquema de um Medidor Magnético de Vazão.

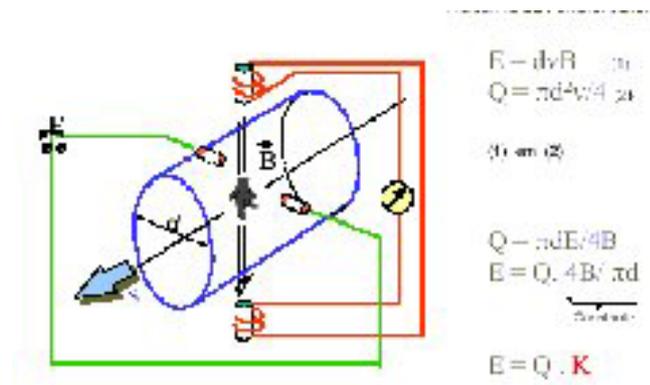


Figura A.12 Esquema de um Medidor Magnético de Vazão

ESTAÇÃO DE CONTROLE DE NÍVEL

MEDIÇÃO HIDROSTÁTICA DE NÍVEL COM CONTATO COM O FLUÍDO

Efetuada via transmissor de pressão acoplado ao fundo do tanque (recipiente). A conversão de pressão para nível é baseada no peso específico do produto estocado.

MEDIÇÃO HIDROSTÁTICA DE NÍVEL SEM CONTATO COM O FLUÍDO

Usa-se um sistema de ultra-som ou radar acoplado na parte superior do recipiente.

Observação: A descrição dos equipamentos acima tem a única finalidade de resumidamente informar o princípio de funcionamento dos equipamentos sem nenhuma pretensão de aprofundamento da tecnologia aplicada em cada um.

ANEXO B

A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE CONTROLES

Tomando como base PEREIRA (2003), faremos uma descrição da evolução dos controles ou sistemas desde os Sistemas Mecânicos e Pneumáticos até as Arquiteturas Híbridas de Controle de Processos como subsídio para a razão deste trabalho no momento atual.

O INICIO

No final da década de 50, a instrumentação para medição e controle regulatório era predominantemente pneumática. Começam a ser lançados os instrumentos eletrônicos e por serem com válvulas isto os tornam equipamentos grandes no tamanho e no consumo de energia. Os acionamentos e intertravamentos (ligações ordenadas entre os equipamentos) eram feitos por relês. Painéis imensos contendo as lógicas de seqüenciamento e de segurança das Plantas estavam espalhados pelas salas de controle e pelos centros de controle e acionamentos de motores.

Os operadores daquela época talvez ainda não sonhassem com algo mais avançado, como por exemplo, que um dia seria possível operar as Plantas com informações mais confiáveis das variáveis de medição e controle e até mesmo dos instrumentos e válvulas, pois estavam sempre muito ocupados com os painéis de controle de “liga e desliga” de motores e andando pelo campo para as verificações e mudanças de *set point* nos controladores, muitos deles localizados ao lado dos tanques e reatores e verificando os demais equipamentos das Plantas.

As pessoas encarregadas da manutenção eram especialistas em mecânica fina e o que nós hoje chamamos de instrumentistas eram na realidade técnicos de mecânica; e, depois com a chegada das válvulas eletrônicas os técnicos de eletrônica estavam começando a ser contratado para os consertos destes equipamentos.

A EVOLUÇÃO

O Controlador Lógico Programável – PLC - foi desenvolvido no final da década de 60 pelos engenheiros Dick Morley e Michael Greenberg. O primeiro controlador lógico programável (PLC) com o nome de “Modular Digital Controller“ foi instalado numa fábrica de automóveis para a verificação de continuidade de fiação dos carros. Este PLC possuía somente cartões de entradas e saídas digitais. Outras aplicações utilizaram o PLC para intertravamento e seqüenciamento em substituição aos painéis de relés. No início não havia nada além dos gabinetes (Figura B.1) com os cartões de grandes dimensões ainda na fase dos circuitos eletrônicos de primeira geração os chamados TTL's, com transistores e resistores.

Na mesma seqüência, foram surgindo as interfaces homem-máquina no lugar das lâmpadas de indicação. Inicialmente foram os terminais de programação limitados e de alto custo, mas nesta fase também começaram a surgir aplicações de medição de variáveis analógicas tipo pressão, temperatura, vazão e nível. Neste instante surgiram os cartões de entradas analógicas, depois surgiram as oportunidades de controle regulatório e neste instante surgiram os cartões de saídas analógicas.

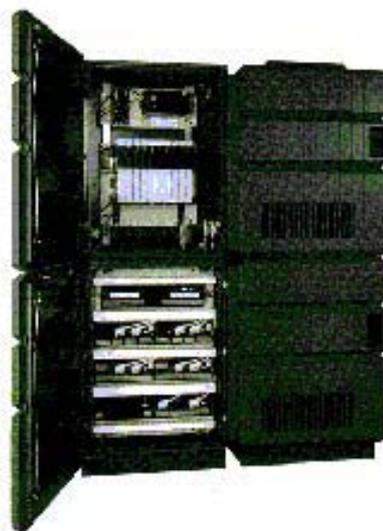


Figura B.1 Gabinetes para alojamento de componentes eletrônicos usados no início da geração da eletrônica digital

Desde esta época até os dias de hoje os PLCs se mostraram excelentes nas aplicações de intertravamento e seqüenciamento mas com grandes dificuldades para atender os requisitos de controle regulatório; com a passagem do tempo foram feitos desenvolvimentos de hardware adicionais e de software para diminuir esta deficiência, mas mesmo assim as limitações não foram totalmente solucionadas, a configuração das malhas de controle continuaram demoradas além de difíceis para o usuário médio.

SDCD – SISTEMA DIGITAL DE CONTROLE DISTRIBUÍDO

Na metade da década de 70 surgiu o primeiro SDCD - Sistema Digital de Controle Distribuído - devido à evolução dos componentes eletrônicos e à necessidade de melhorar a “performance” dos sistemas de automação nas aplicações de controle regulatório; também foram desenvolvidas as interfaces homem-máquina que proporcionaram a criação de telas de melhor qualidade facilitando o trabalho dos operadores.

Entretanto, os SDCDs (Figura B.2) para muitas aplicações de intertravamento ainda precisavam dos PLCs para executar estas funções. Tiveram também dificuldades de acomodar a conexão com os equipamentos de campo com o surgimento dos instrumentos inteligentes e dos protocolos digitais de comunicação que inicialmente eram proprietários, tornando-se abertos com o protocolo digital de comunicação HART, que é uma frequência superposta ao sinal de 4-20 mA; estes protocolos (proprietários e abertos) possibilitaram a troca de dados com os instrumentos de campo e os SDCDs e começaram a mudar a maneira que sempre olhamos os instrumentos, agora eles passaram a ter a capacidade de fornecer mais informações do que somente as variáveis de processo.

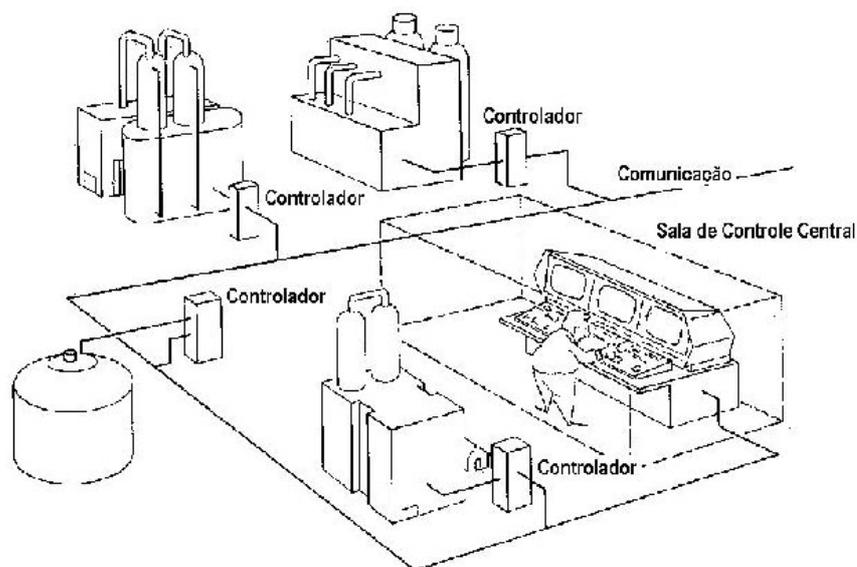


Figura B.2 Esquema de um SDCD

Novamente, a evolução da eletrônica possibilitou a utilização destes protocolos para configuração, calibração e também para se obter diagnósticos. Neste ponto os fabricantes notaram que as arquiteturas dos SDCDs não haviam sido desenvolvidas para o tratamento eficiente desse volume de informações (além das de controle de processo).

PROTOCOLOS DIGITAIS

Na seqüência do tempo chegamos no início da década de 90, onde observamos o surgimento dos protocolos digitais de comunicação, também abertos, dentre eles ASI Bus, Device Net, Profibus DP, Profibus PA e Foundation fieldbus (para citar os mais utilizados no Brasil), que hoje em dia são simplesmente denominados todos de *fieldbus*.

Podemos considerar neste ponto da história um divisor de águas: de um lado os PLCs e os SDCDs que não haviam sido originalmente desenvolvidos para acomodar eficientemente esse tipo e volume de comunicação disponibilizados pelos protocolos, do outro lado com o surgimento de um grande número de dispositivos de campo com estes protocolos digitais, atuadores de válvulas ON-OFF, posicionadores de válvula de controle regulatório, transmissores de pressão, de vazão, de nível de temperatura, inversores de frequência, relês eletrônicos de

partida e parada de motores , interfaces de comunicação entre os protocolos e botoeiras do tipo liga-desliga, etc. e os usuários querendo usufruir todas estas informações para poderem operar de maneira mais eficiente as suas Plantas.

Tivemos nesta época dois caminhos diferentes que foram trilhados pelos fabricantes: alguns tentaram “esticar” os seus antigos sistemas tanto os SDCD’s quanto os PLC’s para acomodarem também além dos sinais convencionais os protocolos digitais e outros fabricantes que perceberam logo que estas arquiteturas poderiam até habilitar a comunicação mas não seriam capazes de tratar eficientemente os dados que estariam sendo disponibilizados, pois devemos entender que não basta ter o *link* de comunicação, a arquitetura tem que ter capacidade de conter software para fazer diagnósticos on-line, configurar equipamentos ligados nos barramentos, fazer sintonia de malhas, medir a variabilidade de processo e ainda ter comunicação eficiente com os diversos *bus* e não somente um protocolo digital.

HOJE - ARQUITETURAS HÍBRIDAS

Portanto, na seqüência de pensamento, chegamos até às arquiteturas denominadas hoje em dia de híbridas, que já foram desenvolvidas desde o seu início com hardware e software para acomodar os sinais de entrada e saída convencionais (4-20 mA, 4-20 mA+Hart, entrada e saída discretas) e os protocolos digitais de comunicação (Fieldbus Foundation, ASI Bus, Profibus DP, Device Net, Modbus, Ethernet).

Algumas destas arquiteturas foram delas baseadas no que havia de melhor nos PLCs e SDCDs, ou seja: as características de modularidade e intertravamento dos PLCs adicionadas às características de controle regulatório, de confecção de telas gráficas e disponibilizando, não somente a comunicação digital com os vários protocolos na parte dos cartões de interfaces adequados para a conexão direta (sem *gateways* e interfaces) com ASI Bus, Device Net, Profibus DP, Foundations Fieldbus, Modbus, Ethernet, mas, principalmente, o tratamento das informações que são fornecidas pelos dispositivos interligados nestes diversos barramentos com os *softwares* adequados.

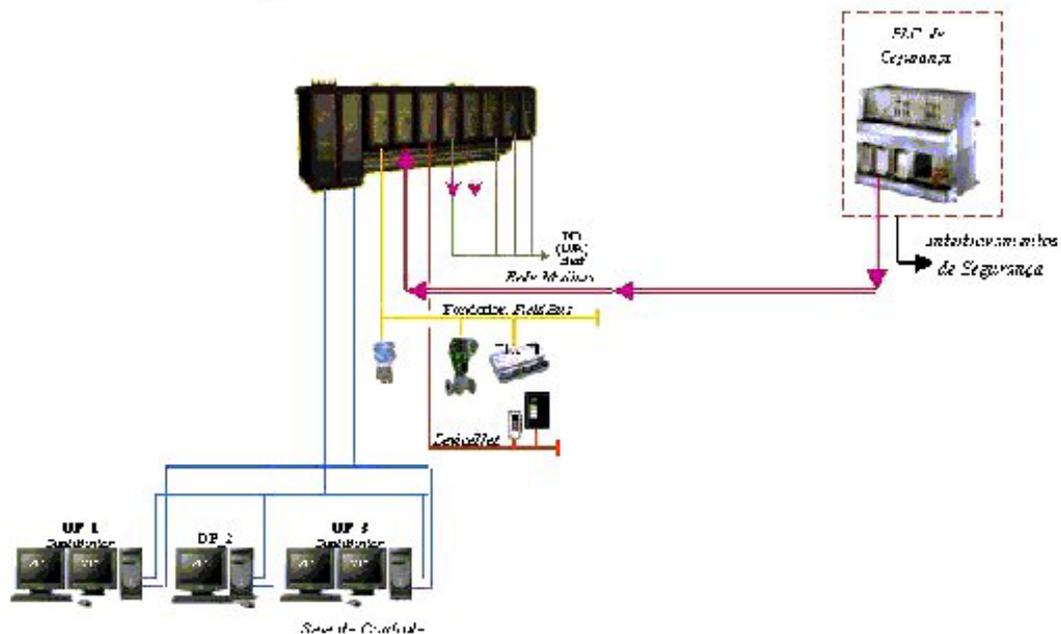


Figura B.4 Arquitetura Híbrida de Controle de Processo – um exemplo.

Notamos agora que nestas arquiteturas híbridas estão aparecendo aplicações aonde temos instrumentos de monitoração e controle regulatório em Foundation Fieldbus, dispositivos do tipo solenóides, válvulas ON-OFF, inversores de frequência, interfaces de conexão de botoeiras de liga-desliga, *micro-switches* com atuação não somente restrita ao bus ao qual está conectado mas também em outro bus de outro protocolo, esta interação somente deixa de ser de difícil implementação nas arquiteturas híbridas, os sistemas antigos (PLCs e SDCDs) pois não foram desenvolvidos desde o seu início com estas características e oferecem muitas dificuldades para este tipo de implementação.

Certamente ainda teremos aplicações aonde os PLCs serão mais recomendados, como por exemplo grande quantidade de intertravamento e seqüenciamento, também em aplicações que envolvam as Normas de *Emergency Shut Down* como a S84.01, neste caso a comunicação entre as arquiteturas híbridas e os PLCs é feita através de protocolos tipo Modbus ou via Ethernet.



Figura B.5 Foto de uma moderna cabine de comando de uma planta com processamento contínuo

COMENTÁRIOS

Pretendemos nesta varredura de informações realizada de maneira cronológica, demonstrar o ambiente em que os progressos na área de automação foram sendo desenvolvidos e principalmente através de uma maneira isenta de análise, explicar o porquê das deficiências de tratamento de informações das arquiteturas antigas de automação (PLCs e SDCDs) devido ao surgimento dos protocolos digitais de comunicação, aonde não é o bastante disponibilizar a conexão física com um ou outro bus de campo e sim a condição de interligação de hardware eficiente com os diversos protocolos digitais e principalmente o tratamento através do software adequado deste grande volume de informações agora disponíveis.

Nos dias de hoje alguns fabricantes já dispõem e os outros estão desenvolvendo arquiteturas híbridas. Isto é o que o Cliente quer e precisa para poder diminuir custos de projetos, de instalação, de manutenção além de poder operar as suas Plantas de maneira mais econômica , segura e eficiente.

A Figura B.5 é uma foto de uma moderna sala de controle de uma planta usando uma arquitetura híbrida.

AS ÚLTIMAS INOVAÇÕES – DE 2000 ATE HOJE

A tecnologia atual empregada no gerenciamento de ativos.

Barramentos fieldbus

Com a crescente utilização do protocolo Foundation Fieldbus, as pessoas envolvidas na fase de projeto e até mesmo as que já estão operando suas Plantas com esta tecnologia ainda têm dúvidas sob o ponto de vista do hardware e do software.

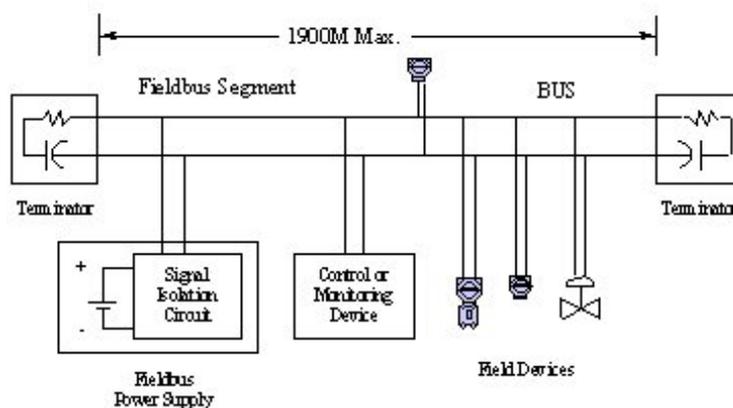


Figura B.6 Típico barramento Fieldbus.

Comunicação através do Hardware

Um barramento típico seria um par de fios trançados recobertos com malha, que está levando a alimentação de 24 VDC e permite que seja também o meio físico da comunicação, assim como em toda linha de transmissão temos dois terminadores que se encarregam do “casamento” da impedância, da mesma maneira que a Norma Foundation Fieldbus (IEC 61158) estabelece a possibilidade de desligar ou instalar instrumentos “a quente”, isto é, “sem tirar a alimentação do barramento e sem parar a comunicação” ; temos nas extremidades, um terminador passivo e outro terminador que é ativo, ficando este último encarregado do casamento dinâmico do barramento.

A comunicação Foundation Fieldbus é baseada no Manchester Code, isto significa no barramento uma variação de tensão da ordem de 650 mV superposto ao nível DC, como podemos observar, na figura abaixo, em que temos um caso real de uma instalação numa planta de um barramento com 16 instrumentos Foundation Fieldbus, sendo transmissores e posicionadores controladores de válvulas de controles, realizando funções de controle e monitoração.

Podemos ter uma comunicação em Foundation Fieldbus, através um pacote de duas centenas de bytes que levam informações do valor da variável medida (ou calculada) e de seu status, que pode ser bom, ruim ou incerto. Por exemplo: podemos ter uma informação de um valor de 82.4 que seria a temperatura vinda de um transmissor que foi parametrizado em graus Celsius com um status de “bom”. Caso o sensor ou a eletrônica do transmissor tivessem algum problema, teríamos o status mudado para “ruim” ou “incerto”, dependendo da gravidade do problema, se fosse um posicionador de uma válvula de controle poderíamos ter este mesmo tipo de informação sobre a eletrônica do posicionador, mas precisaríamos de um software de diagnóstico para termos as informações sobre a saúde da válvula, neste caso podemos perceber a diferença entre status (qualidade da informação) e o diagnóstico mais aprofundado do instrumento.

Comunicação através do Software

Esta comunicação é estabelecida para ser feita numa taxa de transferência de 31,25 Kb/s e num espaço de 25 milisegundos, que só pode acontecer quando o instrumento recebe a permissão do Host do sistema ou do seu reserva (que denominamos de “Mestre *back-up*”). Na Figura B.7, podemos notar que o *host* em que temos a interface do protocolo Foundation Fieldbus para permitir a conexão com o barramento de campo, estabelecendo o link físico.

O gerenciamento da comunicação é bem simples e eficiente: primeiramente, é usado o sistema de permissão como se fosse a entrega de um bastão a partir do *host*. Com o recebimento do bastão, o instrumento pode enviar sua informação (da maneira que a configuramos); os outros instrumentos que estão conectados ao barramento e até à interface de comunicação do *host* recebem esta informação. Entretanto, só a usarão se assim houver sido configurado.

Agora, podemos passar para a análise da configuração da aplicação e devemos notar que agora estamos trabalhando com instrumentos inteligentes que possuem blocos funcionais como AI (entrada analógica), AO (saída analógica), PID (controle regulatório), ARTH (aritmético), CHAR (caracterizador), ISEL (seletor de

sinais), dentre outros; todos estes com entradas, saídas e parâmetros padronizados e com garantia de interoperabilidade no barramento pela Fieldbus Foundation.

Também temos que levar em consideração que o Host deve possuir a condição de executar as funções também neste ambiente, nesta condição temos duas possibilidades: os blocos são os mesmos tanto nos instrumentos quanto no *host*, assim a configuração é transparente para o usuário pois será a mesma independentemente de onde vai estar o controle ou qual o tipo de instrumento, se é *Fieldbus* ou se é 4-20 mA + Hart, ou não sendo os mesmos blocos de função dos instrumentos de campo e do *host* o usuário vai precisar usar dois configuradores, um para os instrumentos de campo em FF e outro configurador do *host* para que as aplicações sejam reconhecidas neste ambiente.

Também na seqüência da configuração precisamos distinguir os sistemas que não são integrados e possuem portanto pelo menos três bancos de dados, um para a configuração dos instrumentos Fieldbus, outro banco de dados para as configurações dos aplicativos executados no *host* e também a sua integração com o banco de dados das configurações dos aplicativos serão executados nos instrumentos de campo e a sua correlação com o *host*, depois o terceiro banco de dados vem a ser o que vai permitir a configuração das telas e permitir a operação via mouse e teclado.

Conclusões

As arquiteturas modernas chamadas hoje em dia de sistemas híbridos, são aqueles que já foram projetados para trabalharem com os instrumentos inteligentes em Fieldbus e interajam com os protocolos digitais de comunicação para sinais discretos, com estas características já implementadas a partir do projeto básico do hardware e software do sistema, estes pré-requisitos se tornam transparentes ao usuário.

Num projeto com o Foundation Fieldbus temos a escolha de onde queremos que o controle seja realizado, no campo e com isto temos a liberação da CPU do *host* para realizar funções de diagnóstico, otimização e controle avançado,

ou então “carregarmos “ um pouco mais esta CPU com a função de controle e também diminuindo a disponibilidade do sistema em caso de pane do Host.

No tempo que as arquiteturas mais antigas (SDCDs) ou os controladores lógicos programáveis (PLCs) foram projetados nem se sonhava com estas funcionalidades que vieram com o desenvolvimento dos protocolos digitais de comunicação , sendo assim a adaptação destas arquiteturas foi uma tentativa que se revelou não poder proporcionar todos os benefícios técnicos e econômicos que as arquiteturas modernas (híbridas) estão disponibilizando.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 277 p.
- ANGÉLICO, J. **Contabilidade básica**. São Paulo: Atlas, 1976.
- ANTHONY, R. N. **Planning and control systems**: a framework for analysis. Soldier's Field, Division of Research, Harvard Business School. Boston: [s.n.], 1965.
- BRAGA, A. **A gestão da informação**.
Disponível em: http://www.ipv.pt/millennium/19_arq1.htm
Acesso em: 26 abr. 2004.
- BAKER, M.; JACOBSEN, L. E. **Contabilidade de custos**. São Paulo: McGraw-Hill, 1979. 816 p. 2 v.
- BRUNSTEIN, I. **PRO-174 Economia de empresas**. Apostila de Curso – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo: USP, 2001.
- _____. **Uma proposta de modelagem econômica de processos químicos com produção de produtos conjuntos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 10., 1994, São Paulo. Anais do 10º Congresso Brasileiro de Engenharia Química. São Paulo: USP, 1994. p.1149-1154.
- BRUNSTEIN, I.; TOMIYA, E. H. **Modelo econômico de empresa sucroalcooleira**. G & P, São Paulo, v.2, n.3, p. 264-280, dez. 1995.
- BRYMAN, A. **Reserch methods and organization studies**. 3. ed. Londres: Routledge, 1995. 283 p.
- CARVALHO, L. C. P. **Agricultura e desenvolvimento econômico**: manual de economia. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 1996.
- CHASE, B. R.; AQUINIANO, N. J.; DAVIS, M. M. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 598 p.
- COPERANT, R. M.; DASHER, P. E. **Managerial accounting**. New York: John Wiley, 1978.
- CURRY, O. J.; MATZ, A.; FRANK, G. W. **Contabilidade de custos**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1973. 1568 p. 3 v.
- DE BODT, G. **Direct costing et programation economique de l'enterprise à produits multiples**. Paris: Dunod, 1964.

- EMERSON PROCESS MANAGEMENT. **PantWeb**: uma arquitetura revolucionária de automação de controle de processos. [Sorocaba]:[s.n.], [2004].
- FESTO DIDACTIC. **Process Control System**: Control of temperature, flow, pressure and filling level. Manual. Denkendorf: Frank Ebel, 1998. 90 p.
- FUSCO, J. P. A. **Unidades estratégicas de negócios**: uma ferramenta para gestão competitiva de empresas. G&P, São Paulo, v.4, n.1, p.36-51, abr. 1997.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira, 2002. 586 p.
- GARÓFALO, G. L. **Considerações sobre microeconomia**: manual de economia. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 1996.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- HUGOT, E. **Manual da engenharia açucareira**. 1 ed. São Paulo: Mestre Jou, 1977. 544 p.
- INSTITUTO CUBANO DE INVESTIGACIONES DE LOS DERIVADOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR. **La industria de los derivados de la caña de azúcar**. Havana: Editorial Científico-Técnica, 198-?. 576 p.
- LOPES, J. A. E. **Produtividade de mão de obra em projetos de estruturas metálicas**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1991.
- MILLER, R. W. **Flowmeter engineering handbook**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1989.
- MILSANT, M. **Automatisme a sequences**. 3. ed. Paris: Eyrolles, 1991.
- MONTORO, A. F. **Teoria elementar do funcionamento do mercado**: manual de economia. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 1996.
- MUSCAT, A. R. **Produtividade e gestão da produção**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- MUSCAT, A. R.; ALMEIDA, H. S. **Produtividade e análise custo benefício**: utilização no estudo do impacto de mudanças tecnológicas. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.
- PEREIRA, A. A. **“conversa” no barramento Foundation Fieldbus**. [s.l.]:[s.n.], [2003]

Disponível em: <http://www.augusto.sp13.net>
Acesso em: 31 mar. 2004.

PEREIRA, A. P.; SANTOS, L. **Arquiteturas Híbridas de Controle de Processos:** do sonho do passado à realidade dos dias de hoje. [s.l.]:[s.n.], [2003]

Disponível em: <http://www.augusto.sp13.net>
Acesso em: 31 mar. 2004.

PEREIRA, A. P.; SANTOS, L. **Gerenciamento de ativos:** exemplos de diminuição de custos no projeto e durante a operação. [s.l.]:[s.n.], [2004]

Disponível em: <http://www.augusto.sp13.net>
Acesso em: 31 mar. 2004.

PEREIRA, A. P.; VERHAPPEN, I. **Foundation Fieldbus:** a pocket guide. USA: [s.n.], 2002. ISBN 1-55617-775-5.

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva:** técnicas para análise de indústrias e da concorrência. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1980.

RELCOM. **Fieldbus Wiring Guide.** rev. A. Forest Grove: [s.n.], 2004. ref. 501-123.

ROSA, L. C. **Modelo econômico para empresa agro-industrial.** 1999. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SAMUELSON. **Introdução à análise econômica.** 8. ed. Rio de Janeiro: Agir, 1975.

SHAWN, I. S.; SIMÕES, M. G. **Controle e modelagem Fuzzi.** São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 165 p. ISBN 85-212-0248-2.

SINK, D. S. **Productivity management:** planning, measurement and evaluation, control and improvement. New York: John Willey, 1985.

SIQUEIRA, A. C.P. **Análise de custos na formação do preço de venda.**

[s.l.]:[s.n.], [2004]

Disponível em: <http://www.milenio.com.br/siqueira/Tr034.htm>

Acesso em: 20 abr. 2004.

TOLEDO, N. N. Custos Industriais. In: CONTADOR, J. C. (Org.). **Gestão de operações.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 367-382 p.

TOMIYA, E.H. **Modelo econômico de empresa sucroalcooleira.** 1994. 158 f. Dissertação (Mestrado) Departamento de Engenharia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1994. 2 v.

TOUILLEZ, R.; CHAPNIS, M.; CROS, J. P. **Tecnologie de l'automatisation.** Paris: Desforges, 1991.

TROSTER, F. M.; MOCHON, F. **Introdução à economia**. 2. ed. São Paulo: Makron, 1994.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage, 1994. 171 p.

GLOSSÁRIO

AMS. Software para gerenciamento de ativo.

ASI bus. Barramento.

aquisitar. Coletar e processar dados.

ativos. Equipamentos ou máquinas utilizadas no processamento da matéria prima a ser transformada em produto acabado.

bus. Barramento. Caminho ou canal comum entre vários dispositivos. Meio físico para comunicação digital.

CAN. Protocolo projetado para uso em automóveis com eletrônica embarcada.

controle regulatório. Controle de processos através de ações proporcionais derivativa e integral.

AMS. Software para gerenciamento de ativo.

DEVICENET. Protocolo digital de comunicação para sinais discretos.

ficha. Conjunto de dados técnicos e características de um equipamento.

FIELDBUS. Barramento de comunicação aberto.

FF (Fieldbus Foundation). Protocolo aberto.

FOUNDATION. Fundação.

FUZZY. Controle regulatório com lógica difusa. (compara a variável com parâmetros em vários níveis).

HART. Protocolo codificado em frequência superposto ao sinal 4-20mA (corrente elétrica).

host. Hospedeiro. Computador ou servidor central em uma rede. Qualquer computador que funcione como uma fonte de informações ou serviços.

inteligência. Segundo a Mecatrônica, entende-se como o grau de tecnologia aplicado ao equipamento a transformá-lo em automático.

Interbus. Protocolo digital para sinais discretos.

intertravamento. Condição lógica de ações para uma tomada de decisão.

malha aberta. Só monitoração de dispositivo eletrônico.

malha fechada. Controle de processos através de sensor e elementos finais de controle.

Manchester Code. Codificação de transição de pulsos

Michael Greenberg. Variável manipulada ou de saída.

modbus. Barramento.

MV. Variável manipulada ou de saída.

Normal Emergency Shut Down. .

OLE (Object Linking Embedding). Recurso que permite a transferência de dados entre os aplicativos nos sistemas operacionais MS Windows.

OPC (Open Connectivity). Sistema utilizado na automação industrial e sistemas de *enterprise* através da criação e manutenção de sistemas de padrões abertos.

PID. Controle regulatório com função proporcional, integral e derivativa (compara a variável com o *set point*).

planta. Unidade de produção ou fábrica com o respectivo processo de produção.

PLC (Programmable Logic Controller). Computador usado em aplicações de controle de processos.

PROFIBUS. Protocolo digital de comunicação para controle de sinais discretos.

protocolo. Regras que governam a transmissão de dados, incluindo inicialização, verificação, endereçamento, coleta de dados e correção de erros.

protocolo aberto. Protocolo isento do fechamento, normalmente gerido por uma fundação.

protocolo proprietário. Protocolo desenvolvido por um fabricante, cuja utilização é vedada a outro fabricante.

rede. Interconexão de sistemas de computação, terminais ou recursos de comunicação de dados.

rede de controle. Rede utilizada para controle de processos.

RS232. Protocolo codificado por nível de pulso para comunicação entre computadores e dispositivos diversos; PLC, impressoras e etc.

RS485. Protocolo codificado por nível de pulso para comunicação entre computadores e dispositivos diversos; PLC, impressoras e etc.

SDCD. Sistema digital de controle distribuído.

SENSORBUS. Categoria de protocolos digitais de comunicação mais simples possível.

shield. Blindagem. Malha de proteção contra interferência de ruídos num cabo elétrico.

tela. Monitor de vídeo.

TRIP. Desengate.

TTL (Transistor-Transistor Logic). Família lógica digital para circuitos integrados com características operacionais bem definidas para tensões e correntes de entrada e saída e que usa basicamente transistores como componente de seus circuitos.

válvula ON-OFF. Válvula que trabalha somente em posição totalmente aberta ou fechada.