



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

ANÁLISE CRÍTICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SOFTWARE DE PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA

Andréa Rangel Neder

Fabricio Ferreira Vaz

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários a obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: PhD. Eduardo Galvão Moura Jardim

Rio de Janeiro

Agosto de 2013

ANÁLISE CRÍTICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM
SOFTWARE DE PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E
SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA
INDÚSTRIA PETROQUÍMICA

Andréa Rangel Neder

Fabricio Ferreira Vaz

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO.

Examinado por:

Eduardo Galvão Moura Jardim, PhD.

Renato Flório Cameira, DSc.

Edilson Fernandes de Arruda, DSc

Lino Guimarães Marujo, DSc

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Agosto de 2013

Neder, Andréa Rangel

Vaz, Fabricio Ferreira

Análise crítica da implantação de um software de planejamento, programação e sequenciamento da produção em uma indústria petroquímica / Andréa Rangel Neder / Fabricio Ferreira Vaz– Rio de Janeiro: UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA

1, 95, il., 29,7 cm

Orientador: Eduardo Galvão de Moura Jardim

Projeto de Graduação – UFRJ/ POLI/ Engenharia de Produção, 2013

Referências Bibliográficas 90-92

1.Introdução. 2. Análise do Contexto Estudado. 3.Referencial Teórico. 4. Simuladores de Programação da Produção. 5. Modelagem e simulação da realidade estudada. 6. Análise Crítica da Implantação do Simulador Trilha na empresa estudada. 7.Projeto de Implantação do simulador na empresa 8.Síntese Conclusiva 9. Desdobramentos do trabalho e propostas de novas pesquisas 10. Referências Bibliográficas

I. Jardim, Eduardo Galvão Moura. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia de Produção. III. Análise crítica da implantação de um software de planejamento, programação e sequenciamento da produção em uma indústria petroquímica

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica / UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro de Produção.

Análise crítica da implantação de um software de planejamento, programação e sequenciamento da produção em uma indústria petroquímica

Andréa Rangel Neder

Fabricio Ferreira Vaz

Agosto/2013

Orientador: PhD. Eduardo Galvão Moura Jardim

Curso: Engenharia de Produção

No âmbito das operações produtivas, definir o que fabricar, quando, quanto e com quais recursos são tarefas bastante complexas devido à diversidade de variáveis envolvidas nas decisões. Diante dessa complexidade, o presente trabalho dedicou-se a estudar a realidade vivenciada pelos planejadores de produção de uma fábrica do setor petroquímico. Foi identificado que apesar dos grandes investimentos realizados pela empresa em softwares corporativos, o sistema ainda é distante da realidade do chão de fábrica. Nesse contexto, a área de planejamento da produção faz uso de um conjunto de planilhas eletrônicas e muitas decisões são tomadas com base em conhecimentos tácitos. Com o estudo, buscou-se compreender como os processos de planejamento, programação e sequenciamento da produção são atualmente realizados e quais são as principais dificuldades enfrentadas. À luz da realidade observada, foram conduzidas pesquisas bibliográficas com o objetivo de entender como o uso de um software de programação da produção com capacidade finita poderia minimizar as dificuldades dos processos. Em paralelo, foi realizada uma modelagem simplificada da situação atual em um modelo de software existente no mercado. Os resultados obtidos foram usados para analisar criticamente os possíveis impactos na organização da implantação do software como ferramenta de auxílio à tomada de decisão. Uma conclusão importante da modelagem foi que uma única mudança nos critérios de sequenciamento pode alterar o desempenho operacional da fábrica, como a pontualidade, que aumentou de 50,2% para 51,9% com a alteração de uma regra de prioridade. Além disso, foi observado que o simulador é capaz de gerar planos de produção cerca de 500 vezes mais rapidamente que o ser humano.

Palavras Chaves: PCP, Simulação, Softwares de programação da produção com capacidade finita

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Industrial Engineer.

Critical analysis of the implementation of a planning, scheduling and sequencing software of production in a petrochemical industry

Andréa Rangel Neder

Fabricao Ferreira Vaz

Agosto/2013

Advisor: PhD. Eduardo Galvão Moura Jardim

Course: Industrial Engineering

In the context of production operations, to define what to produce, when, how much and with which resources can be very complex tasks due to the diversity of variables involved in these decisions. Given such complexity, the present work aims at studying the reality experienced by production planners of a petrochemical plant. It was observed that despite the large investments made by the company in corporative software, the system does not have all the requirements to be operated in the industrial plant. Thus, the area of production planning uses a set of spreadsheets and many decisions are made based on tacit knowledge. For this reason, a study was carried out in order to understand how the processes of planning, scheduling and sequencing of production are currently conducted and what the main management difficulties are. In light of the observed reality, literature researches were conducted in order to understand how the use of software for production scheduling with finite capacity could minimize the difficulties encountered. As result, a simplified modeling of the current situation was produced based on a model of software used by the market. The results were used to critically analyze the possible impacts on the organization of the implementation of the software as a tool to aid decision making. An important conclusion of the modeling was that a single modification in the criteria for sequencing can change the performance of the industrial plant, as an example, the punctuality increased from 50,2 % to 51,9 % with the modification of one priority rule. Moreover, it was observed that the software can generate production plans about 500 times faster than humans.

Keyword: PCP, Simulation, Finite Capacity Production Planning Software

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaríamos de agradecer a todos os funcionários da empresa estudada que tornaram viável a realização deste trabalho, pois contribuíram com seus relatos, suas experiências e nos disponibilizaram as informações necessárias. Apesar da correria do dia a dia, eles sempre tiveram tempo, paciência e disposição para nos ajudar.

Agradecemos ao nosso orientador, o professor Eduardo Galvão Jardim, que com seu entusiasmo e energia nos contagiou em sua disciplina de Planejamento e Controle da Produção I e nos despertou o interesse em realizar um estudo no campo de sua especialidade.

Nossos agradecimentos também a toda a equipe da Trilha, Igor Peres, Leandro Jardim, Sandro Santos e Igor Leão, pelo apoio que nos foi dado desde o início do projeto e, sobretudo, durante a modelagem e simulação no sistema escolhido para testar os benefícios do simulador da produção.

Além disso, agradecemos a todo o corpo docente do Departamento de Engenharia Industrial, pelas competências técnica e científica transmitidas durante as aulas que, sem dúvida, contribuirão para nos tornarmos engenheiros de sucesso.

Por fim, temos especial gratidão aos nossos amigos de turma que nos ajudaram ao longo de todo o curso de Engenharia de Produção, compartilhando experiências e não nos deixando desanimar nos momentos difíceis.

ANDRÉA RANGEL NEDER

Agradeço a minha família por todo amor e apoio.

Agradeço aos meus amigos pelo companheirismo e pelos momentos felizes de descontração.

Agradeço aos meus professores do colégio e da faculdade pelos ensinamentos que, sem dúvida, contribuíram para as minhas conquistas.

Agradeço aos meus colegas de trabalho pelas experiências do dia a dia.

Por fim, agradeço especialmente ao meu parceiro de projeto, Fabricio, cujo comprometimento e dedicação tornaram esse trabalho possível.

FABRICIO FERREIRA VAZ

O primeiro e mais importante agradecimento se destina aos meus pais: Regina Célia Ferreira Vaz e Sérgio Gustavo Vaz. Pelo dom da vida, por todo carinho, amor, sacrifícios e por terem me proporcionado todas as condições (financeiras e pessoais) para que eu possa estar atingindo esta grande felicidade.

Aos meus avós e avôs, por todo o carinho e atenção que me foram dados desde criança, sempre me ensinando valores e posturas que hoje me tornam uma pessoa do bem.

Ao meu irmão Diogo Vaz, com quem pude compartilhar ideias e experiências ao longo de toda minha vida.

E, finalmente à coautora, Andréa Neder. Sem sua disciplina, seriedade, dedicação e persistência não teríamos conseguido realizar este trabalho. Além disso, agradeço a ela também por todo o apoio e troca de experiências e opiniões ao longo dos cinco anos de faculdade.

Conteúdo

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Motivação do estudo.....	13
1.2. Definição dos objetivos geral e específicos	14
1.3. Limitações do estudo	14
1.4. Abordagem adotada para o estudo.....	15
1.5. Estrutura do texto	17
2. ANÁLISE DO CONTEXTO ESTUDADO.....	18
2.1. Os lubrificantes.....	18
2.2. A cadeia produtiva simplificada dos lubrificantes.....	19
2.3. Análise do PCP na empresa em estudo	21
2.3.1. Responsabilidades da equipe de <i>Supply Planning</i>	21
2.3.2. Planejamento da produção de lubrificantes	22
2.3.3. Programação e Sequenciamento da produção de lubrificantes	23
2.3.4. Planejamento dos materiais	29
2.3.5. Controle da produção de lubrificantes	29
2.4. Mapeamento das dificuldades enfrentadas pela empresa.....	30
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	33
3.1. Estratégia de produção.....	33
3.2. Conceitos de planejamento, sequenciamento, programação e controle da produção ..	34
3.2.1. Horizonte de planejamento e ciclo de replanejamento	35
3.2.2. Planejamento Hierárquico	35
3.2.3. Sequenciamento, programação e controle da produção	37
3.3. Análise da realidade da empresa estudada à luz da teoria.....	38
4. SIMULADORES DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO	41
4.1. Caracterização de dois modelos de simuladores existentes no mercado	43
4.1.1. Caracterização do simulador Trilha	43
4.1.2. Caracterização do simulador Preactor.....	49
4.2. Considerações sobre as contribuições dos simuladores à realidade da empresa estudada.....	53
5. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA REALIDADE ESTUDADA.....	56
5.1. Considerações sobre os dados de entrada	56
5.2. Análises dos resultados da simulação	66
5.2.1. Definição do Caso Padrão e do Caso granel.....	66

5.2.2	Comparativo e análise dos dois cenários	67
6.	ANÁLISE CRÍTICA DA IMPLANTAÇÃO DO SIMULADOR TRILHA NA EMPRESA ESTUDADA	74
6.1.	Benefícios proporcionados pelo uso do simulador	74
6.2.	Pontos de atenção relacionados à implantação do simulador	77
6.3.	Adaptações necessárias ao software e à empresa	78
7.	PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO SIMULADOR NA EMPRESA	81
8.	SÍNTESE CONCLUSIVA.....	86
9.	DESDOBRAMENTOS DO TRABALHO E PROPOSTAS DE NOVAS PESQUISAS.....	91
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
	ANEXO I: ENTREVISTAS COM OS FUNCIONÁRIOS DA EMPRESA.....	96

Índice de Figuras

Figura 1 - Cadeia produtiva simplificada de lubrificantes	20
Figura 2 - Planilha da mistura.....	24
Figura 3 - Planilha do envase	25
Figura 4 - Hierarquia de planejamento da produção.....	36
Figura 5 - Regras de sequenciamento	37
Figura 6 - Planejamento Hierárquico Utilizado	39
Figura 7 - Representação da operação de um sistema de programação da produção com	42
Figura 8 - Lógica de funcionamento do Simulador Trilha	45
Figura 9 - Exemplo de tela do sistema: Lista de materiais e roteiros de produção	45
Figura 10 - Exemplo de tela do sistema: pontualidade	47
Figura 11 - Exemplo de tela do sistema: utilização de ativos.....	47
Figura 12 - Exemplo de tela do sistema: planejamento da capacidade	48
Figura 13 - Exemplo de tela do sistema: gráfico de Gantt	48
Figura 14 - Relatórios da Produção	50
Figura 15 – Fluxogramas dos processos produtivos modelados.....	58
Figura 16 - Estágios de produção do produto B-1L.....	64
Figura 17 - Lista de Materiais para as famílias de 0,5L, 1L, 4L, 20L.....	65
Figura 18 - Lista de Materiais para a família de 209L e Granel	65
Figura 19 - Processamento de pedidos.....	67
Figura 20 - Indicadores Chaves sob o ponto de vista do negócio.....	68
Figura 21 - Indicadores de Pontualidade por família de produtos	68
Figura 22 - Priorização do Granel.....	69
Figura 23 - Índices de Utilização e Setup para os Centros de Trabalho.....	69
Figura 24 - Índices de Utilização e Setup para as Máquinas.....	70
Figura 25 - Transferência da ocupação da M25 para M16.....	70
Figura 26 - Transferência da ocupação da M1 para M16.....	71
Figura 27 - Transferência da ocupação da E4L-E-E0, 5L para E4L.....	71
Figura 28 - Índices de Estoque Médio em processo	72
Figura 29 - Relação entre índice de utilização e índice de estoque médio em processo	72
Figura 30 - Projeto de implantação do simulador	84

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Categorias de decisão	34
Tabela 2 - Funcionalidades dos softwares PREACTOR.....	52
Tabela 3 - Produtos "Inputs" na Simulação.....	57
Tabela 4- Regra de Setup do envase	60
Tabela 5 - Dados de lotes e capacidades dos recursos produtivos da mistura	60
Tabela 6 - Dados de Centros, Grupos de Máquinas, Turnos, Horários e Quais produtos são fabricados da mistura	61
Tabela 7 - Dados de lotes e capacidades dos recursos produtivos do envase.....	62
Tabela 8 - Dados de Centros, Grupos de Máquinas, Turnos, Horários e Quais produtos são fabricados do envase	63
Tabela 9 - Dados de lotes e capacidades dos recursos produtivos de palletagem.....	64
Tabela 10 - Dados de Centros, Grupos de Máquinas, Turnos, Horários e Quais produtos são fabricados de palletagem	64

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentada uma breve introdução do trabalho, focada principalmente nas motivações que levaram à escolha do tema assim como nos objetivos e na abordagem utilizado para o estudo.

1.1. Motivação do estudo

Segundo CORRÊA e PEDROSO (1996), definir quais atividades produtivas realizar, quando e com quais recursos para atender à demanda é um dos conjuntos de decisões mais complexos dentro da área de administração da produção. Essa complexidade é resultado, sobretudo, da enorme quantidade de variáveis envolvidas que influenciam os diferentes e conflitantes objetivos de desempenho do sistema de planejamento, programação e controle da produção das organizações. Mesmo para operações muito pequenas, existe uma infinidade de programas viáveis e, por isso, a programação raramente tenta dar uma solução ótima, mas aquela solução considerada viável e aceitável (SLACK, 2009).

Neste contexto, visando apoiar as decisões no âmbito da programação da produção, foram desenvolvidos sistemas de programação da produção com capacidade finita. Para CORRÊA e PEDROSO (1996), estes sistemas têm como principal característica considerar a capacidade produtiva e as especificidades tecnológicas do sistema como uma restrição *'a priori'*¹ para a tomada de decisão, buscando garantir que o programa de produção resultante seja viável. Além disso, eles oferecem meios para a reprogramação das atividades de produção quando diante de alterações de planos e imprevistos ligados à disponibilidade de máquinas, pessoal e materiais.

A motivação para esse estudo surgiu da percepção de que, apesar de existirem no mercado inúmeras opções de ferramentas que auxiliam a programação da produção, muitas empresas, incluindo as de grande porte, ainda utilizam soluções bastante intuitivas para a tomada de decisão no chão de fábrica. Em contextos produtivos em que a programação da produção se torna um problema combinatório bastante complexo, tais soluções são consideradas inadequadas pelas limitações humanas de administrar informações (CORRÊA, PEDROSO, 1996) e podem, inclusive, trazer problemas, como atrasos nas entregas e estoque em excesso, que afetam diretamente a competitividade da

¹ Do latim, "partindo daquilo que vem antes". Definição disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/A_priori – Acessado em 09/07/2013

organização. Além disso, é curioso observar que as organizações realizam grandes investimentos em softwares corporativos, como nos chamados *Enterprise Resources Planning (ERP)*, mas esses sistemas ainda são distantes da realidade do chão de fábrica. Dessa forma, apesar do leque de soluções existentes no mercado, muitas empresas “pararam no tempo” no que tange ao uso de ferramentas para apoiar o planejamento da produção.

1.2. Definição dos objetivos geral e específicos

O objetivo geral desse estudo consiste em analisar os benefícios da implantação de um simulador de capacidade finita como ferramenta de apoio à tomada de decisão no que tange ao planejamento, programação e sequenciamento da produção de uma indústria petroquímica. A organização estudada atua há vários anos no Brasil e possui uma operação bastante consolidada, porém ainda utiliza ferramentas pouco automatizadas para realizar o planejamento da sua produção de lubrificantes.

Os objetivos específicos do estudo consistem em analisar dois modelos de softwares de programação existentes no mercado e escolher um modelo para utilizar em uma simulação a ser realizada com dados da empresa. Com a modelagem e simulação da situação real, pretende-se comparar diferentes cenários e entender o comportamento dos resultados de alguns indicadores de desempenho.

1.3. Limitações do estudo

O foco principal do estudo será o uso de simuladores de programação da produção com capacidade finita e, portanto, outras categorias de softwares não serão analisadas. Dessa forma, uma das limitações do estudo diz respeito ao fato de que não serão avaliados os motivos pelos quais o *ERP* é subutilizado no chão de fábrica e como as suas funcionalidades poderiam auxiliar o processo de tomada de decisão relacionado ao planejamento, programação e sequenciamento da produção da empresa estudada.

Além disso, também pode ser considerada uma limitação do estudo a não avaliação dos diversos modelos de simuladores existentes no mercado. Optou-se por avaliar nesse trabalho apenas dois modelos, mas temos consciência de que existem diversos fornecedores de softwares, tanto nacionais como internacionais, que poderiam ser considerados para o estudo.

Por fim, podemos considerar como uma limitação o fato de que o estudo ficará restrito ao contexto produtivo da empresa escolhida e, portanto, não serão feitos

benchmarkings com outros setores industriais e categorias de empresas para a análise de melhores práticas na utilização de softwares de programação da produção.

1.4. Abordagem adotada para o estudo

O ponto de partida desse estudo foi o interesse dos alunos pela disciplina Planejamento e Controle da Produção I do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Esse interesse resultou em uma conversa com o professor da disciplina, na qual alguns temas foram discutidos e um assunto especial chamou a atenção: como fazer o planejamento, a programação e o sequenciamento da produção, dado que nas empresas existem inúmeras variáveis, muitas vezes sem relação clara entre si, que combinadas podem gerar milhões de soluções ótimas?

A racionalidade humana é muito limitada quando usada para pensar em soluções ótimas e muitas vezes julgamos determinadas decisões como ótimas sem ter o conhecimento de todo o universo de soluções possíveis. Esse julgamento é bastante comum em empresas que utilizam ferramentas rudimentares, como planilhas eletrônicas, para realizar o planejamento e controle da produção. Tal prática contribui para o descolamento entre a atividade do chão de fábrica, caracterizada por altos investimentos em ativos, e as decisões estratégicas da alta administração.

Com base nessas percepções, optamos por estudar como os sistemas de programação da produção podem trazer benefícios às empresas, auxiliando na integração entre o chão de fábrica e as metas definidas pela alta gerência. Para tanto, acreditamos que seria interessante analisar um caso real e, dessa forma, optamos por utilizar como método o estudo de caso e partimos para encontrar uma empresa-problema para servir como unidade de pesquisa. Após algumas prospecções de possíveis organizações, fizemos a escolha por uma indústria petroquímica localizada na cidade do Rio de Janeiro, que se ajustava muito bem com os objetivos do nosso trabalho, uma vez que não fazia uso de sistemas específicos para a programação da produção. Por questões de segurança da informação, não iremos citar o nome da empresa ao longo do trabalho.

Uma vez escolhido o objeto do estudo, definimos junto ao nosso orientador quais seriam os próximos passos. Entendemos que seria necessário analisar como o Planejamento e Controle da Produção (PCP) se configurava na empresa, bem como compreender alguns aspectos do funcionamento dos sistemas de programação da

produção.

Por meio de questionários semiestruturados, foram realizadas entrevistas com os principais agentes envolvidos no processo de tomada de decisão relacionado à estratégia de produção da empresa em estudo. Dentre esses agentes podemos destacar as pessoas responsáveis pelo planejamento da produção e de materiais, supervisores das operações no chão de fábrica, responsáveis pela elaboração da previsão de demanda e funcionários da área técnica para melhor compreensão das características dos produtos estudados e da cadeia produtiva. Os questionários utilizados nas entrevistas podem ser encontrados no ANEXO I desse trabalho. Além de entrevistas presenciais e virtuais, julgamos que algumas visitas à fábrica seriam importantes para um melhor entendimento do processo produtivo.

Paralelamente às entrevistas e visitas, fizemos reuniões com o grupo Trilha da Inovação, que além de prestar serviços de consultoria e capacitação gerencial também desenvolve simuladores de produção para apoio à tomada de decisão de curto e médio prazo nas empresas. Tais reuniões foram fundamentais para o entendimento dos aspectos mais técnicos dos simuladores, e, sobretudo, para dar suporte à ideia de fazer uma simulação com dados reais da empresa estudada. Na etapa de modelagem e simulação para o caso estudado, a equipe Trilha nos forneceu os insumos necessários e também nos orientou e auxiliou de forma a torná-las viáveis.

Tendo adquirido o conhecimento da realidade do PCP na empresa, partimos para analisar o mercado e identificar possíveis sistemas que pudessem ser aplicados ao contexto da organização. Uma vez definida a solução mais aplicável, o passo seguinte consistiu em entender o que essa solução tinha a oferecer, o que seria necessário para que ela fosse implantada na empresa e, sobretudo, quais seriam os benefícios e implicações decorrentes da implantação do simulador para a estratégia de produção da organização.

De modo a dar suporte à parte prática do estudo, acreditamos que seria necessário pesquisar sobre aspectos teóricos do PCP. Para tanto, foi realizada uma revisão não exaustiva da bibliografia existente no mercado sobre estratégia de operações voltada a uma melhor compreensão de como as atividades de planejamento, programação e controle da produção e materiais atendem às dimensões competitivas das empresas nos dias de hoje.

1.5. Estrutura do texto

Os capítulos que seguem são a concretização da abordagem adotada para a realização do trabalho, que foi exposta no item anterior. Inicialmente será explicitado o contexto da empresa estudada, como os produtos são fabricados, a cadeia produtiva e como é realizado o PCP em si. Ainda no contexto, identificamos as dificuldades que a empresa enfrenta atualmente no que tange à programação da produção. No capítulo 3 será apresentado o referencial teórico do estudo, que tem como foco um melhor entendimento do funcionamento do PCP nas empresas. No capítulo seguinte, será realizada uma análise sobre simuladores, como características técnicas e funcionalidades. Para isso, foram escolhidos dois modelos de simuladores existentes no mercado. No capítulo 5, com base no modelo de simulador escolhido para dar continuidade ao trabalho, serão expostos os resultados de uma simulação realizada com dados reais da empresa. O capítulo 6 expõe análises críticas a respeito da implantação do simulador na empresa, como benefícios, impactos e adaptações necessárias. No capítulo seguinte, é apresentada a estrutura do projeto de implantação do simulador. Finalmente nos capítulos 8 e 9 são feitas considerações finais sobre o estudo realizado, bem como propostas de estudos futuros.

2. ANÁLISE DO CONTEXTO ESTUDADO

No presente capítulo iremos estudar como estão configurados alguns aspectos das operações produtivas da empresa, assim como de que forma são tomadas as decisões para sustentar a produção na fábrica de lubrificantes. Iniciaremos com uma análise teórica das características dos produtos para em seguida detalharmos como é na prática a configuração da cadeia produtiva e o planejamento e controle da produção.

2.1. Os lubrificantes

Os lubrificantes são substâncias que desempenham várias funções, sendo a principal delas a redução do atrito e do desgaste entre duas superfícies. Tais produtos também têm as tarefas de limpar, vedar e refrigerar componentes de máquinas e motores, protegendo as peças contra a corrosão. Outro importante papel do lubrificante é o de informar sobre o funcionamento dos equipamentos. Através da análise crítica de características físico-químicas do produto e de metais presentes no mesmo, é possível identificar potenciais falhas antes que elas se tornarem críticas, servindo, portanto, como uma ferramenta de manutenção preditiva.

Os lubrificantes podem ser utilizados em diversos segmentos, como em plantas industriais, equipamentos, frotas de distribuição, máquinas agrícolas, navios, aeronaves, veículos leves, entre outros. De acordo com a sua aplicação, cada lubrificante terá características específicas.

Dentre os tipos de lubrificantes existentes no mercado podemos citar os gasosos, os sólidos, os pastosos e os líquidos. A empresa em estudo produz dois tipos: as graxas, que são lubrificantes pastosos, e os óleos, que são líquidos. Tanto óleos como graxas são mais indicados para proteção de peças contra corrosão se comparados aos demais tipos de lubrificantes. Os óleos, porém, atuam melhor na função de refrigeração, enquanto as graxas são vedantes mais eficientes à entrada de contaminantes.

Dentre as principais propriedades dos lubrificantes podemos destacar a viscosidade e o índice de viscosidade. A viscosidade pode ser interpretada como a resistência do fluido à deformação e, conseqüentemente, ao escoamento. Já o índice de viscosidade representa o comportamento da viscosidade do óleo ao variar a temperatura. Quanto maior for esse índice, mais estável é a viscosidade do produto.

A maioria dos lubrificantes é fabricada com óleos básicos, aos quais são adicionados aditivos para a melhoria de alguma propriedade específica ou para a

conferência de alguma característica nova ao produto. Os óleos básicos são essencialmente obtidos do refino do petróleo cru e são selecionados de acordo com as características esperadas para o lubrificante. Os aditivos são compostos orgânicos e inorgânicos que devem ser dosados em condições ideais e em concentrações corretas, pois têm correlação direta com o desempenho final do produto. No caso de lubrificantes industriais, 2% a 10% da sua composição são aditivos, enquanto que para graxas essa faixa varia de 5% a 20% e para lubrificantes de motores varia de 7% a 30%. Exemplos de aditivos são os aumentadores de índice de viscosidade, os antioxidantes, os inibidores de corrosão e os aditivos de anti desgaste.

No caso das graxas, além do óleo básico e dos aditivos também entra na sua composição um agente espessante e, por isso, o seu processo de fabricação é diferente do processo de fabricação dos óleos. Na empresa em estudo, inclusive, as produções de graxas e óleos são feitas em locais separados da planta.

O foco desse estudo é analisar a produção dos óleos, os quais, comparados às graxas, correspondem a um maior volume de produção, mas em termos de fabricação são menos complexos. Dessa forma, ao citarmos os lubrificantes ao longo do trabalho estamos nos referindo à categoria dos óleos.

2.2. A cadeia produtiva simplificada dos lubrificantes

Para fins desse estudo, iremos analisar de maneira simplificada como está configurada a cadeia produtiva dos lubrificantes na empresa em estudo. Determinados aspectos técnicos e detalhes do processo produtivo, portanto, não serão contemplados. As principais etapas produtivas da cadeia estão representadas na Figura 1 - Cadeia produtiva simplificada de lubrificantes.

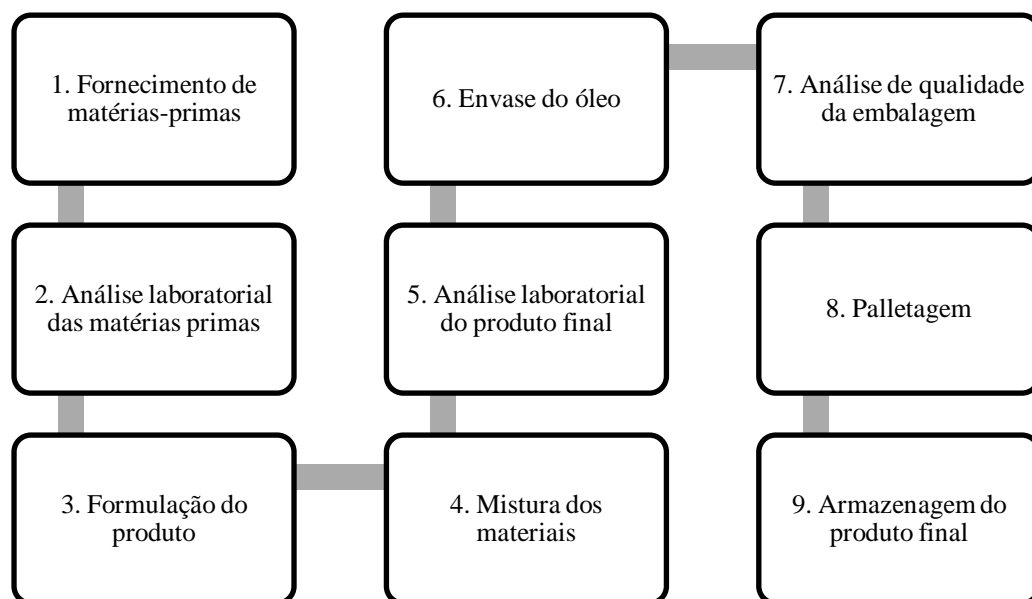


Figura 1 - Cadeia produtiva simplificada de lubrificantes

Fonte: Os autores

Podemos dizer que a cadeia produtiva inicia-se com o fornecimento dos materiais necessários para a sua produção. Como explicitado no item anterior, as matérias-primas principais são os óleos básicos e os aditivos. Dependendo do grupo do óleo básico ou do tipo de aditivo, eles podem ser fornecidos por empresas nacionais ou obtidos através de importação. Além dessas substâncias, também são necessários para a fabricação embalagens e outros tipos de materiais secundários, como colas, tintas e fitas.

Antes de iniciar a etapa de formulação do produto, é realizada uma análise amostral no laboratório para verificar a qualidade das matérias-primas. Cada tipo de lubrificante possui uma lista específica de materiais, mas pode acontecer de um mesmo óleo ter mais de uma fórmula aprovada, o que não altera, porém, a sua característica final.

A próxima etapa de produção, que geralmente ocorre no dia seguinte à formulação, consiste na mistura dos materiais nos tanques. A fábrica em estudo trabalha com aproximadamente 30 tanques para mistura divididos em seis pátios da planta e com volumes que variam entre 8 a 590 m³. A divisão dos tanques entre os pátios segue critérios como família de produtos ou volume do equipamento. Há também tanques que armazenam as matérias-primas e se conectam aos tanques de mistura por meio de flautas. Vale destacar que um tanque de armazenagem pode estar conectado a mais de

um tanque de mistura e o fluxo de material nas flautas é controlado por *manifolds*. Os tanques de mistura podem ser dedicados a produtos específicos ou podem ser compartilhados por óleos da mesma família, que apresentam formulação semelhante e, portanto, demandam *setups* simples das linhas. É importante evitar ao máximo a necessidade de fazer limpeza dos equipamentos para a troca de produtos, pois essa preparação demanda tempo, sobretudo no caso de óleos com alta viscosidade que requerem uma limpeza mais profunda.

Uma vez finalizada a mistura do produto, antes do lubrificante ser envasado é coletada uma amostra para análise em laboratório. Estando todas as características do produto de acordo com os padrões de qualidade, ele será conduzido por meio de tubulações para a linha de envase. Na fábrica estudada existem sete equipamentos para o envase, sendo alguns específicos para determinadas embalagens e outros que podem atender a diferentes volumes mediante a troca de alguns componentes. Assim como os tanques de mistura, os equipamentos de envase precisam passar por uma limpeza para receber um lubrificante com características distintas, de modo que não haja contaminação com os metais dos aditivos de diferentes de produtos. É importante mencionar que não necessariamente todo óleo que é produzido é embalado, pois ele pode ser encaminhado diretamente para os caminhões, no caso de ser um produto do tipo granel.

A etapa final da cadeia produtiva consiste no armazenamento dos produtos para posterior colocação no caminhão e transporte para o cliente ou para as bases de distribuição. Antes de os produtos serem encaminhados para o armazém, é feito um teste de qualidade das embalagens e os produtos são colocados em *pallets*.

2.3. Análise do PCP na empresa em estudo

Nesse item iremos analisar em detalhes como são realizadas atualmente as atividades de planejamento, sequenciamento, programação e controle da produção de lubrificantes. Essa análise servirá de insumo para posteriormente estudarmos possíveis melhorias no processo e principalmente os benefícios da implantação de um simulador para realizar a programação e o sequenciamento de produção.

2.3.1. Responsabilidades da equipe de *Supply Planning*

A produção de lubrificantes é sustentada pela atuação da equipe de *Supply Planning*, que, em linhas gerais, é responsável pelo PCP da fábrica, ou seja, por definir

quais produtos serão fabricados, em quais quantidades e equipamentos, assim como todo o cronograma de produção. Além de realizar os planejamentos de curto, médio e longo prazo da produção de lubrificantes, a equipe gerencia os estoques ao longo de toda a cadeia e identifica variações na utilização da capacidade da rede. Também é papel do time de planejamento analisar os resultados dos *Key Performance Indicators (KPI)* de produção, monitorar a tendência desses indicadores e acompanhar as variações dos custos de fabricação dos lubrificantes.

Os planejadores de produção são as pessoas responsáveis por desenvolver em detalhes a programação de fabricação dos lubrificantes, levando em consideração a capacidade e a estrutura disponíveis na planta. Para isso, eles devem compreender bem os atributos relacionados à demanda e acompanhar diariamente o andamento do cronograma. É fundamental também que os planejadores mantenham uma comunicação adequada e constante entre as diversas pessoas-chaves do chão de fábrica, como os supervisores da mistura e do envase, de modo a permitir uma melhor tomada de decisões nos diversos cenários de oportunidades e restrições.

Vale destacar que a área de *Supply Planning* também compreende o planejamento e a programação da compra de matérias-primas. Os planejadores de materiais precisam revisar constantemente as metas de estoques e definir a estratégia dos estoques de segurança. Com base nas metas, é feito o monitoramento dos níveis de produtos de modo a garantir a cobertura necessária para atender à demanda.

2.3.2. Planejamento da produção de lubrificantes

Para SLACK (2009), é papel da equipe de PCP conciliar o suprimento, ou seja, o que as operações podem fornecer, com a demanda do mercado. Nesse sentido, o processo de planejamento tem como ponto de partida a previsão de demanda. Na empresa em estudo, essa previsão é elaborada pela equipe de *Sales & Operations Planning (S&OP)* com base nas vendas históricas, mas são dados inputs específicos pela área de vendas, no que diz respeito a novos clientes que a empresa esteja planejando ganhar. Além disso, há determinados produtos que possuem muita variação na sua demanda e, dessa forma, não são utilizados dados históricos, mas sim informações específicas do time de vendas. Ações de propaganda e mudanças de preços também devem ser refletidas no processo de previsão de demanda. Além do

alinhamento com os times de vendas, *marketing* e *pricing*, também há a participação do time de planejamento no que diz respeito à capacidade de produção da fábrica.

Por volta do dia 20 de cada mês (m), a equipe de *Supply Planning* recebe do time de S&OP a previsão de demanda por *Stock Keeping Unit* (SKU) relativa aos próximos 12 meses. Os meses 0 e 1 (m+1 e m+2) são congelados, ou seja, não podem ser alterados a não ser que ocorra alguma exceção, como a entrada não programada de um novo cliente. Nesses casos, a alteração precisa ser aprovada pela equipe de planejamento para garantir que haja capacidade de produção e que não falem materiais.

A primeira ação da equipe de *Supply Planning* é avaliar se será possível cumprir a previsão dos próximos 12 meses. Para isso, é utilizada uma planilha que calcula o volume que a planta consegue produzir de acordo com a capacidade dos equipamentos e os turnos de produção. Com base nesse cálculo, são identificados os meses nos quais poderão ocorrer possíveis problemas, como picos de utilização de um determinado tanque ou linha de envase, bem como possíveis restrições que podem impedir o atendimento do volume. Todos os problemas são levados para uma reunião com os supervisores da mistura e do envase, na qual são discutidas ações a serem tomadas para conseguir entregar o volume previsto, como a contratação de horas extras ou a ampliação dos turnos. As ações são levadas para outros times, como logística, e as decisões são tomadas em conjunto com os *stakeholders*, pois podem impactar diversas áreas da companhia. Apesar de esse processo se repetir mensalmente e ser sempre relativo a 12 meses, ele não é muito demorado, pois a previsão pouco varia, com exceção de mudanças pontuais em determinados SKUs, fazendo com que as ações muitas vezes se repitam.

Uma vez feitas as análises de longo prazo para garantir a entrega do volume de lubrificantes no futuro, a etapa seguinte consiste em tomar decisões de médio e curto prazo, relacionadas à programação e ao sequenciamento da produção.

2.3.3. Programação e Sequenciamento da produção de lubrificantes

Enquanto que a programação consiste em decidir quando ocorrerá a produção, o sequenciamento consiste em definir em qual tanque cada produto será misturado e em qual linha de envase ele será embalado. Na prática, essas duas etapas ocorrem em paralelo e são realizadas com base em três planilhas de Excel.

A primeira planilha, que denominamos de planilha de análise de estoques, contém a previsão de demanda mensal e os estoques disponíveis para cada SKU, os quais foram extraídos do ERP da empresa. Com base na previsão e no estoque disponível, é feito um cálculo dos dias de estoque, ou seja, procura-se saber quanto tempo o estoque vai durar. Essa planilha ainda contém os valores para o estoque mínimo e o estoque máximo por SKU, medidos também em dias, que são calculados com base em diversos parâmetros, como variabilidade do produto, batelada e frequência de produção. A segunda planilha utilizada para a programação e o sequenciamento da produção, denominada planilha da mistura, contém os tanques com seus respectivos volumes divididos por pátios da planta e os dias da semana quebrados por dois turnos, que, por sua vez, são subdivididos em dois períodos. A terceira planilha, denominada planilha do envase, é bastante similar à segunda. A diferença é que ao invés dos tanques ela contém os equipamentos das linhas de envase. Como é possível perceber nas figuras Figura 2 e Figura 3, tanto a planilha da mistura como a do envase são bastante visuais e complexas e, dessa forma, é preciso que a pessoa tenha certa experiência para utilizá-las com facilidade.

Figura 2 - Planilha da mistura

Fonte: A empresa

Figura 3 - Planilha do envase

Fonte: A empresa

Em posse dessas planilhas, o processo inicia com a análise de estoques. Primeiramente o programador identifica o tipo de embalagem do produto, através do código do SKU. Em seguida, para a embalagem escolhida, são identificados quais produtos estão com a situação de dias de estoque mais crítica, pois estes terão a sua produção priorizada. Para definir qual quantidade será produzida e em qual dia da semana, o programador utiliza a planilha da mistura, na qual verifica os tanques disponíveis. Para decidir qual tanque utilizar, deve-se considerar as características técnicas dos óleos, uma vez que produtos considerados compatíveis podem ser misturados no mesmo tanque sem a necessidade de limpeza. Sempre que possível procura-se sequenciar a mistura de produtos com graus de viscosidade próximos, de modo a evitar a limpeza, que além de ser demorada geralmente acarreta em desperdício de material. A análise de compatibilidade para evitar contaminação por metais é realizada apenas para os produtos de menor giro, pois eles compartilham tanques, diferentemente dos produtos com maior demanda, que são fabricados em tanques dedicados. Existe uma matriz de compatibilidade que os programadores utilizam para decidir em qual tanque será produzido determinado lubrificante. Não há nenhum sistema, porém, que auxilie nessa tomada de decisão.

Um segundo ponto que deve ser considerado durante a escolha do tanque de mistura é a sua comunicação com a linha de envase. Se o programador está fazendo o

sequenciamento para os produtos com embalagem de 1L, por exemplo, ele deve garantir que os tanques escolhidos tenham tubulações que façam conexão com os equipamentos destinados ao envase desse tipo de embalagem. Existem linhas que são dedicadas a determinados tanques e elas podem necessitar ou não de limpeza, já as linhas não dedicadas sempre precisarão passar por uma limpeza. Para tomar essa decisão, o programador se baseia em uma planilha que representa as linhas de transferência do produto entre a mistura e o envase e indica quais equipamentos são dedicados e necessitam de limpeza. O programador também deve levar em consideração o volume máximo de cada tanque, de modo a ocupar no mês a menor quantidade possível de tanques com um único tipo de produto. Na maioria das vezes é utilizado o volume máximo dos tanques, mas essa decisão depende da capacidade da linha de envase. Caso os tanques necessários para a produção de determinado SKU estejam ocupados, é feita uma análise para saber se o produto a ser fabricado é para suprir a base de distribuição, pois esse caso tem menor prioridade.

Com relação à escolha dos equipamentos para o envase, como a análise é realizada por tipo de embalagem, o programador já tem em mente quais linhas podem ser utilizadas. Entretanto, como existem equipamentos que podem ser usados para mais de uma embalagem, o tempo de *setup* é levado em consideração. Havendo necessidade de troca de partes mecânicas da máquina, a preparação pode levar horas e essa situação é sempre evitada.

Para o processo de sequenciamento e a programação da produção outra questão muito importante é a capacidade da fábrica. Para Hayes et al. (2008), a capacidade de produção é geralmente difícil de definir e de ser medida com acurácia, já que representa uma interação complexa de espaço físico, equipamento, taxas de produção, recursos humanos, capacitações do sistema, políticas da empresa e a taxa de confiança dos fornecedores. Devido à complexidade envolvida e a falta de um sistema para mensurar a capacidade, a fábrica em estudo trabalha com uma capacidade média e os planejadores reservam um dia para a mistura e um dia para o envase ao realizar a programação e o sequenciamento da produção. É natural, porém, que ocorram variações e que recursos da fábrica fiquem ociosos. Com a experiência, os programadores adquirem o conhecimento de que alguns produtos conseguem ser misturados e envasados no mesmo dia e outros demoram mais de um dia para serem misturados, sobretudo aqueles que possuem aditivos mais viscosos e que levam, portanto, mais tempo para escoarem no

tanque. Com relação ao envase, o tempo também varia de acordo com o tamanho da batelada de produto que foi produzida. Assim, o envase de um lubrificante pode levar mais de um dia caso o volume produzido seja muito grande.

Os programadores acreditam que hoje é utilizada aproximadamente 85% da capacidade de operação da fábrica, capacidade essa que está bastante defasada da capacidade nominal uma vez que muitos equipamentos são antigos e apresentam bastantes anos de uso. Os 15% restantes de capacidade são reservados para casos em que ocorrem falhas mecânicas, paradas para manutenção e atraso de fornecedores.

Diretamente relacionada à capacidade de produção, a variabilidade da vazão do sistema de bombeio das linhas de envase é uma variável que precisa ser avaliada durante a programação. Apesar de ser menos importante, pois essa variável apenas precisa ser considerada quando todas as linhas estão sendo usadas simultaneamente, ela impacta diretamente a produtividade da fábrica, resultando, inclusive, na necessidade de adiar algumas produções.

Durante o processo de programação e sequenciamento da produção, as três planilhas são trabalhadas em paralelo e à medida que o programador toma decisões, ele preenche a planilha de análise de estoque com a quantidade a ser fabricada em cada dia de cada SKU. Essa quantidade soma-se ao estoque disponível e um novo valor é obtido para os dias de estoque. O ideal é que esse valor esteja entre o estoque mínimo e o estoque máximo. É comum o programador optar por utilizar a capacidade máxima de um tanque, mesmo que ultrapasse os dias de estoque máximo, de modo a evitar que o tanque seja novamente ocupado com o mesmo produto na semana seguinte. O valor dos dias de estoque, porém, não deve ultrapassar muito o estoque máximo, pois o espaço disponível para armazenagem na fábrica não é grande e não pode haver o risco de a produção parar por falta de espaço para estocar. Vale mencionar que não há um sistema para auxiliar no gerenciamento da ocupação dos depósitos. Essa gestão é hoje realizada manualmente por meio de planilhas e pelo uso do bom senso.

Além de preencher a planilha de análise de estoque, o programador completa as células das planilhas da mistura e do envase com letras e cores para indicar o momento que cada equipamento será utilizado por cada produto. O preenchimento das planilhas também serve para indicar quando determinado equipamento estará parado devido a setup ou manutenção.

É importante destacar que os planejadores trabalham sempre com duas semanas fechadas para a programação, sendo que a primeira semana é congelada e a semana seguinte pode passar por alterações. No início de cada mês, a previsão de demanda é dividida em 25% para cada semana e esse percentual é corrigido semanalmente, tendo como base o estoque disponível, que reflete a entrada de pedido da semana passada.

Além de todos os aspectos citados nos parágrafos anteriores relacionados às atividades de programar e sequenciar a produção da fábrica, os programadores também devem lidar com questões de prioridade. A fabricação dos produtos do tipo granel, por exemplo, é sempre prioridade para a produção. Diariamente a equipe recebe uma planilha com as ordens granel que entraram no dia anterior. Determinadas ordens possuem uma data na qual o cliente deseja receber o produto e geralmente essa data possui certa folga, o que faz com que os programadores tenham mais tempo para reprogramar a produção. Para o caso de ordens urgentes de granel, pode haver necessidade de fazer uma reprogramação para a semana vigente, o que requer maior esforço dos programadores e pode proporcionar retrabalho, sobretudo para a equipe de materiais, que muitas vezes precisa solicitar para que os fornecedores cancelem a entrega de determinados materiais que não serão mais utilizados naquela semana. Além disso, se surgir uma solicitação emergencial de um cliente muito importante para a companhia, sempre que possível, a programação será modificada para atender a essa demanda.

Uma vez finalizada a programação, a equipe entra no sistema com as ordens de produção do dia seguinte. Esse input deve ser feito todos os dias até o meio dia, pois a equipe de materiais precisa fazer uma análise para definir qual será a formulação do produto, de acordo com os materiais disponíveis, e passar para o laboratório ainda no mesmo dia. Além disso, diariamente no início da manhã, é feita uma reunião com os operadores da fábrica para verificar a produção do dia anterior e passar as instruções de programação do dia. Caso tenha ocorrido algum imprevisto durante a noite e a capacidade da planta não consiga comportar o volume a ser produzido na semana, são tomadas decisões em conjunto com os supervisores de operações do que pode ser feito para entregar o volume, como aumentar turnos ou fazer horas extras. Caso não seja possível tomar nenhuma medida de curto prazo, é feita uma análise para verificar se o volume faltante pode ser diluído nas próximas semanas ou se existe margem suficiente para deixar de produzir esse volume.

É importante mencionar que tanto os tanques da mistura como as linhas de envase trabalham em dois turnos de segunda à sexta feira e existem alguns períodos de paradas programadas, como para manutenções preventivas e reuniões de segurança. Além disso, as máquinas do envase são interrompidas no horário de almoço. Esse horário de funcionamento, porém, é bastante flexível e costuma ser estendido quando há necessidade de aumentar a produção. Além das paradas programadas, é comum ocorrerem pausas não programadas, sobretudo para a realização de manutenções corretivas, o que pode impactar toda a programação e gerar retrabalho. Sempre que houver necessidade de realizar alguma mudança na programação, não apenas os supervisores da mistura e do envase precisam ser avisados, mas também a equipe de planejamento de materiais precisa ter conhecimento para validar do ponto de vista do fornecimento das matérias-primas.

2.3.4. Planejamento dos materiais

O processo de planejamento da compra das matérias-primas é feito em paralelo com o processo de planejamento da produção. Para os óleos básicos e aditivos, a previsão de demanda é agrupada por família de produtos, já no caso das embalagens, é necessário manter a quebra por SKU, pois permite identificar qual é o tipo de embalagem a ser utilizada para cada produto.

Utilizando uma planilha de Excel, a previsão de demanda é, então, explodida nas quantidades de materiais, tendo como base a lista técnica dos lubrificantes, e os estoques disponíveis são extraídos do ERP. Havendo necessidade de compra de materiais, a equipe cria os pedidos no sistema para os fornecedores cadastrados. Esta necessidade existe se for constatada a falta de algum material para a produção do mês ou se existir a possibilidade de o estoque de segurança ficar abaixo do recomendado para determinado material. Para aditivos nacionais, o pedido de compra precisa ser feito com um mês de antecedência e para aditivos importados, com 90 dias de antecedência, por isso a importância de os primeiros meses da previsão de demanda ser congelados.

2.3.5. Controle da produção de lubrificantes

Para SLACK (2009), embora os planos sejam baseados em expectativas, inúmeras são as variáveis envolvidas durante a sua implantação, de modo que nem sempre os resultados saem como esperados. Em um contexto em que máquinas podem

quebrar, funcionários podem faltar e fornecedores nem sempre são pontuais, a empresa precisa lidar com variações por meio de processos de controle da produção.

Na fábrica em estudo, a equipe de *Supply Planning* trabalha com KPIs que monitoram diariamente o quanto do que foi planejado foi realmente produzido. Existem metas para esses indicadores relativas à mistura e ao envase e quando os valores não são alcançados a equipe realiza um levantamento junto às áreas de modo a identificar as causas raízes dos problemas. É mantida uma lista dos principais motivos de atraso da produção, como paradas de máquina, que são analisados de modo direcionar ajustes para permitir que a operação atinja os objetivos do plano.

2.4. Mapeamento das dificuldades enfrentadas pela empresa

Pela análise das atividades que hoje são realizadas pela equipe de *Supply Planning* para o PCP da fábrica, é possível perceber que há muitas variáveis relevantes, o que torna os processos de planejamento, programação e sequenciamento da produção bastante complexos. Alguns produtos podem ser misturados em vários tanques e embalados em diversas linhas, o que multiplica as possibilidades de programação. Dentre as variáveis a serem consideradas, podemos listar as seguintes como as mais importantes:

- Características técnicas dos óleos;
- Comunicação entre os tanques e as linhas de envase;
- Capacidade dos equipamentos;
- Tempo de setup/limpeza do equipamento;
- Volume máximo dos tanques;

Além das variáveis que os programadores levam em consideração, existem outras que eles não conseguem enxergar pela sua extrema complexidade, de forma que elas apenas são analisadas pelos operadores do chão de fábrica. Como exemplo tem-se a ligação entre os tanques de armazenagem e de mistura localizados nos diferentes pátios da planta. Quando uma flauta está alimentando um tanque de mistura, os outros tanques não podem ser alimentados por essa mesma flauta. Além disso, não é possível puxar óleo básico de um tanque de armazenagem para mais de um tanque de mistura ao mesmo tempo. Dessa forma, se a programação diz que é necessário produzir mais de um produto com um mesmo tipo de óleo básico, essa produção terá que ser sequencial.

Outros fatores contribuem para a complexidade do PCP, como a grande variedade de produtos, a existência de regras de priorização e a ocorrência de imprevistos, como quebras de máquinas, que fazem com que reprogramações diárias sejam necessárias. Por meio de entrevistas com os programadores, foi constatado que o processo que inclui revisar a programação da semana vigente e programar a da semana seguinte leva cerca de 6h. Além disso, a entrada de um pedido granel demanda uma reprogramação que leva no mínimo 10 minutos do programador. Nesse contexto, para reduzir a complexidade do trabalho, os programadores precisam fazer algumas considerações, como utilizar a capacidade média dos equipamentos e assumir quantidades aproximadas de produção, de acordo com o volume do tanque disponível, o que pode levar a sequências subótimas de produção.

Outro ponto que podemos destacar é o isolamento entre as áreas que realizam o planejamento de materiais e a programação da produção. Essas duas atividades são feitas com base na previsão de demanda e quando algum aspecto se distancia do planejado, por exemplo, o atraso na chegada de determinado material, as áreas se comunicam para a tomada de decisão. Essa comunicação, porém, por ser verbal e informal está bastante sujeita a falhas e por isso é importante que a programação da produção não fuja muito da previsão de demanda para que não haja excessos e, sobretudo, faltas de materiais, o que poderia acarretar em atrasos na produção.

Apesar de toda a complexidade, a maioria das atividades do PCP é realizada sem o auxílio de sistemas, havendo forte dependência das pessoas para o tratamento das informações. Muitas decisões são tomadas com base na intuição e em conhecimentos tácitos advindos da experiência dos programadores, o que torna o processo bastante subjetivo. O programa Excel é bastante utilizado para determinadas tarefas, muitas das quais poderiam ser automatizadas mediante a instalação de softwares específicos, o que levaria a uma maior rapidez no processo de tomada de decisão, além de contribuir para uma melhor utilização dos recursos de produção.

Vale mencionar que as características atuais do processo de planejamento da produção possivelmente geram algumas ineficiências operacionais. Uma dessas ineficiências pode estar relacionada aos níveis de estoque de produtos acabados. Os funcionários alegam que ocasionalmente o ritmo de produção precisa ser reduzido, pois não há espaço na fábrica para armazenar o estoque em excesso. Além disso, outra ineficiência pode ser refletida na pontualidade da entrega para os clientes. De forma a

cumprir com a data de entrega estipulada, a empresa gasta anualmente quantias consideráveis relacionadas à contratação de fretes emergenciais. Dados obtidos junto à empresa apontam que a área de planejamento é responsável por 40% do montante total que já foi gasto em 2013 com esse tipo de frete.

Diante desse contexto, se faz necessário o uso de uma ferramenta para otimizar os processos e reduzir ineficiências operacionais. O próprio ERP da empresa poderia ser utilizado para realizar algumas atividades do PCP, mas os funcionários alegam que esse sistema acaba por ser subutilizado pela falta de recursos para treinamento dos usuários e também pelo fato de ser muito caro para parametrizar o sistema de acordo com as necessidades operacionais do chão de fábrica. Esse fato, inclusive, é bastante intrigante, pois apesar de a implantação e a atualização de um ERP consumir elevados investimentos, a ferramenta não se adéqua ao grau de customização necessário. Existe ainda um *gap* entre as informações manipuladas pelo ERP e a tomada de decisão no chão de fábrica, uma vez que poucos são os dados tratados e utilizados pelos processos de planejamento da produção.

Como o ERP não atende aos objetivos do planejamento da produção na empresa em estudo, a nossa proposta de solução para minimizar a complexidade dos processos e otimizar os resultados é implantar um simulador, que poderia fornecer sequências ótimas de produção, permitir reprogramações mais rápidas e mais precisas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo iremos abordar conceitos relevantes relacionados ao planejamento, sequenciamento, programação e controle da produção, bem como identificar o contexto no qual o planejamento está inserido dentro da estratégia de operações e da estratégia corporativa das organizações. Por fim, iremos analisar à luz da teoria explicitada, quais conceitos são aplicados ou não à realidade da empresa estudada.

3.1. Estratégia de produção

Segundo Hayes et al. (2008), a estratégia de produção pode ser definida como um conjunto de políticas e planos para utilizar os recursos de uma empresa, visando implementar atividades que sustentem a estratégia competitiva de longo prazo almejada pela organização ou unidade estratégica de negócio. Além disso, a estratégia de produção pode ser entendida como parte de um processo de planejamento que coordena os objetivos operacionais com os mais amplos objetivos da organização.

Para Hayes et al. (2008), há inúmeras decisões a serem tomadas quanto a formulação da estratégia de produção. Essas decisões são agrupadas em categorias que definem como será o projeto de operação da empresa. Essas categorias podem ser divididas em duas classificações. A primeira diz respeito às decisões estruturais, ou seja, está relacionada ao projeto dos recursos físicos (instalações, capacidade, tecnologia de informação) que servirão de base para que a estratégia de produção seja implementada (Hayes et al., 2008). A segunda diz respeito às decisões infraestruturais, que estão relacionadas ao projeto de sistemas e planos de atividades que serão desenvolvidos com base nos recursos desenhados pelas categorias estruturais.

Tabela 1 - Categorias de decisão

Fonte: HAYES, R.; PISANO, G.; UPTON, D.; WHEELWRIGHT, S. *Produção, Estratégia e Tecnologia: em busca da vantagem competitiva*. 2ª ed. Bookman, 2008.

<i>Categorias de Decisão</i>	
Decisões estruturais	Capacidade
	Estrutura de relacionamento com fornecedores (Integração vertical ou Contrato de Curto Prazo)
	Instalações
	Informação e tecnologia do processo
Decisões infraestruturais	Alocação de recursos e sistemas de orçamento de capital
	Sistemas de recursos humanos
	Planejamento do trabalho e sistema de controle
	Sistema de Qualidade
	Medição e sistema de recompensa
	Sistemas de desenvolvimento de produtos e processos
	Organização – centralizada versus descentralizada, quais decisões deve se delegar e papel dos grupos de apoio.

Como é possível observar na Tabela 1, o objeto de estudo deste trabalho, o planejamento, sequenciamento, programação e controle da produção, está inserido no conjunto de decisões infraestruturais. Podemos dizer, porém, que ele está diretamente relacionado às decisões estruturais, como aquelas referentes à estratégia de capacidade e às instalações do chão de fábrica.

3.2. Conceitos de planejamento, sequenciamento, programação e controle da produção

A necessidade de se planejar e estruturar o plano de produção de uma fábrica surge do fato de que toda organização possui recursos físicos finitos que impossibilitam que todas as operações possam ser realizadas quando necessário. Com isso, é preciso pensar na melhor forma de programar e sequenciar a produção, de forma que estes recursos limitados sejam mais bem utilizados para fabricar os produtos na quantidade certa, no momento exato e necessário para que os objetivos estratégicos, como *market share* e crescimento de vendas, sejam atendidos.

O ato de pensar na melhor solução para o plano da produção consiste na ideia central do planejamento. Para SLACK (2009), a função do planejamento, sequenciamento e controle da produção consiste em operar diariamente os recursos de uma operação produtiva, de modo a garantir que os processos ocorram eficaz e eficientemente e produzam bens e serviços requeridos pelos consumidores.

3.2.1. Horizonte de planejamento e ciclo de replanejamento

O ponto de partida para um bom planejamento da produção é determinar o horizonte de planejamento. Para CORRÊA e CORRÊA (2006), este período consiste no horizonte de tempo futuro sobre o qual se tem interesse em desenvolver um plano de produção.

Como uma consequência direta do horizonte de planejamento, temos o ciclo de replanejamento. Este é o intervalo de tempo que decorre entre dois pontos em que se dispara o plano de produção. Este período, entretanto, pode variar desde dias até semanas ou meses. Isso ocorre porque a definição do período de replanejamento depende diretamente dos contextos interno e externo nos quais a empresa está inserida. Quanto mais dinâmico e incerto for o ambiente em questão, menor tende a ser o período desejável de replanejamento.

3.2.2. Planejamento Hierárquico

Segundo CORRÊA e CORRÊA (2006), toda decisão no contexto de operações possui certa inércia decisória. Esta inércia é caracterizada pelo tempo necessário para que as decisões tomadas em certo instante surtam efeito. Quando se analisam as decisões de operações nota-se que há uma infinidade de decisões que têm inércias diferentes e, portanto, requerem horizontes de planejamento diferentes. Por exemplo, decisões relativas a horas extras no chão de fábrica são decisões de curto prazo que podem ser tomadas com pouca antecedência sem que tenha um grande impacto em uma instalação. Por outro lado, decisões como ampliação da capacidade produtiva que incluem a expansão da fábrica devem ser tomadas com muita antecedência devido ao envolvimento de níveis mais elevados de recursos e, em como consequência, os efeitos de uma decisão errada terão relevância maior.

O planejamento hierárquico tem como objetivo definir uma coerência entre as decisões da produção que são tomadas em horizontes de tempos distintos. Nesse sentido, as decisões maiores, de maior prazo e impacto, vão hierarquicamente

restringindo as decisões menores. Com isso, garante-se que as decisões de nível imediatamente superior sejam consideradas como direcionadoras do nível imediatamente inferior e assim sucessivamente até o nível mais desagregado. Esta estrutura tem por objetivo definir em cada instante de tempo dentro do planejamento hierárquico como será a utilização dos recursos da produção. No longo prazo, há a atuação da equipe de S&OP, que tem como principal objetivo definir o plano de vendas por família de produtos e quais serão os recursos necessários da planta para que este plano de vendas seja atendido. No médio e curto prazo são utilizados programas como *Manufacturing Execution Systems (MES)* e *Material Requirements Planning (MRP)* para definir de que forma será atendido o plano de vendas definido no longo prazo. No curto prazo, são utilizados sequenciadores da produção que buscam gerar planos de produção que respeitam a capacidade da planta e a disponibilidade em estoque de cada matéria-prima para realizar a produção.



	Nível de agregação de dados	Objetivos Chaves	Tempos típicos de planejamento	Tempos de Inércia da decisão
Nível Estratégico e de Longo Prazo	Família de Produtos	Dimensionar os recursos produtivos necessários com base no nível agregado de demanda pretendido para o período. Com isso, tomar decisões de investimento.	Horizonte de planejamento e Frequência: Anual	Elevado
				
Nível Tático e de Médio Prazo	Família de Produtos	Validação das revisões do plano de vendas à luz do plano de disponibilidade dos recursos e materiais críticos.	Horizonte: Anual e Frequência: Mensal/Semanal	Médio
		Nivelamento (Suavização) do plano de produção		
				
Nível Operacional e de Curto Prazo	Por SKU	Programação detalhada das atividades e gestão da capacidade de curto prazo.	Horizonte: Semanal e Frequência: Diária	Pequeno

Figura 4 - Hierarquia de planejamento da produção

Fonte: Adaptado de CORRÊA, H.L, CORRÊA, C.A, *Administração de produção e operações*, 2º Ed São Paulo,

Apesar do conceito de planejamento hierárquico estar bem disseminado dentro das organizações, muitos estudos apontam para o fato de que é no sequenciamento e na programação da produção onde ocorrem as maiores dificuldades e complexidades do sistema de planejamento produtivo. Mesmo assim, é difícil, porém não raro, encontrar softwares, como simuladores, sendo utilizado nas organizações para auxiliar a tomada de decisão nos níveis operacionais. Normalmente, sistemas dessa natureza, por serem custosos, são mais aplicados nos níveis estratégicos e táticos.

3.2.3. Sequenciamento, programação e controle da produção

Segundo CORRÊA e CORRÊA (2006), o sequenciamento das operações refere-se a definir a ordem segundo a qual as atividades devem ocorrer na linha de produção para que o produto final seja fabricado. Já a programação consiste em alocar no tempo as atividades, obedecendo ao sequenciamento definido e ao conjunto de restrições considerado. Por fim, o controle consiste na atividade de supervisionar e coletar dados de desempenho efetivo da linha com o intuito de monitorar e disparar ações úteis no caso de discrepâncias significativas em relação ao plano.

No sequenciamento da produção é possível escolher dentro de um conjunto de regras heurísticas quais aquelas que atendem aos objetivos do planejador da produção. Estas regras podem ser simples ou mais complexas, considerando um número maior ou menor de variáveis. Elas levam em conta informações como:

- Tempo de processamento da ordem no centro de trabalho;
- Data prometida de entrega da ordem de produção;
- Momento de entrada da ordem na fábrica;
- Importância do cliente solicitante da ordem.

CORRÊA e CORRÊA (2006) sugerem um conjunto de regras de sequenciamento que podem ser utilizadas para determinar prioridades quando do sequenciamento da produção nos centros de trabalho. Este conjunto de regras pode ser observado na Figura 5.

Regras de seqüenciamento usuais para determinar prioridades em <i>job-shops</i>		
	Sigla	Definição
1	FIFO	<i>First In First Out</i> – primeira tarefa a chegar no centro de trabalho é a primeira a ser atendida.
2	FSFO	<i>First in the System, First Out</i> – primeira tarefa a chegar à unidade produtiva é a primeira a ser atendida.
3	SOT	<i>Shortest Operation Time</i> – tarefa com o menor tempo de operação no centro de trabalho é a primeira a ser atendida.
4	SOT1	Mesma SOT, mas com limitante de tempo máximo de espera para evitar que ordens longas esperem muito.
5	EDD	<i>Earliest Due Date</i> – a tarefa com a data prometida mais próxima é processada antes.
7	SS	<i>Static Slack</i> – folga estática, calculada como “tempo até a data prometida menos tempo de operação restante”.
8	DS	<i>Dynamic Slack</i> – folga dinâmica, calculada como “folga estática dividida pelo número de operações por executar”.
9	CR	<i>Critical Ratio</i> – razão crítica, calculada como “tempo até a data prometida dividido pelo tempo total de operação restante”.

Figura 5 - Regras de sequenciamento

Fonte: CORRÊA, H.L, CORRÊA, C.A, Administração de produção e operações, 2º Ed São Paulo, 2006

A programação da produção normalmente utiliza-se de sistemas que alocam no tempo as atividades já sequenciadas. Há algumas características que diferenciam conceitualmente os diferentes sistemas de programação de operações, a saber:

- Carregamento infinito *versus* finito dos recursos;
- Programação para trás *versus* programação para frente no tempo.

O carregamento infinito dos recursos parte do pressuposto que os recursos da produção possuem capacidade ilimitada de produção. Neste tipo de carregamento o foco da programação está em atender as necessidades de atendimento de prazos. Um exemplo de sistema desse tipo é o MRP.

Por outro lado, o carregamento finito dos recursos ocorre quando o sistema programa as atividades com base no limite de capacidade de cada recurso utilizado na produção e também na sua disponibilidade no momento do carregamento.

A programação para trás consiste normalmente em definir uma data de entrega no futuro e a partir desta data fazer a programação de trás para frente dos momentos em que as atividades deverão ser realizadas para que a data de entrega seja respeitada.

Já a programação para frente opera em uma lógica inversa, pois as atividades são programadas para a data mais cedo possível. Como nesse tipo de programação não se leva em consideração a data final de entrega, é possível que tenhamos uma folga entre a data final prometida ao cliente e a data final programada pelo sistema.

3.3. Análise da realidade da empresa estudada à luz da teoria

Este item designa-se a avaliar a aplicação dos conceitos de PCP abordados até o momento no dia a dia da empresa estudada.

Analisando-se o item 2.3.2 do presente trabalho, é possível afirmar que o conceito de planejamento hierárquico é utilizado na empresa, uma vez que há um desdobramento claro das decisões tomadas nas reuniões de S&OP para as decisões táticas e operacionais. A figura 6 mostra como é realizado o encadeamento do planejamento hierárquico na prática.



Figura 6 - Planejamento Hierárquico Utilizado

Fonte: Os autores

O conceito de horizonte de planejamento também é utilizado, uma vez que a equipe de planejamento trabalha sempre com duas semanas fechadas para a programação, ou seja, esse é o horizonte de tempo futuro sobre o qual é desenvolvido o plano de produção. Apesar de a equipe receber a previsão de demanda congelada para os meses $m+1$ e $m+2$ acreditamos que os programadores não trabalham com um horizonte de planejamento mensal devido a não linearização da entrada de pedidos. Dessa forma, trabalhar com horizontes de planejamentos mais curtos permite uma melhor adaptação do plano à dinâmica de consumo de estoques, conforme foi citado anteriormente.

Para a programação da produção, os ciclos de replanejamento são diários, uma vez que diariamente é realizada uma revisão do plano de produção da semana, de acordo com o que foi produzido no dia anterior.

Além disso, é possível observar que o conceito de regras de sequenciamento está presente, uma vez que para definição do plano de produção os programadores levam em consideração regras de prioridade, como tempo de processamento da ordem no centro de trabalho, tempo de setup necessário e importância do cliente solicitante da ordem.

Os conceitos de programação e sequenciamento também são utilizados pela empresa, porém o limite entre essas duas atividades não está muito claro. Na teoria, primeiramente deve ser determinada a sequência em que o trabalho será desenvolvido,

de acordo com as regras de prioridade, para em seguida realizar a programação, ou seja, definir quando os trabalhos devem começar e terminar. Para os casos em que há regras de prioridade bem definidas, como pedidos de produto granel, o sequenciamento é realizado antes da programação. Para os demais casos, porém, a percepção é de que a programação e o sequenciamento são realizados de forma paralela. A definição da ordem em que as tarefas serão executadas depende da disponibilidade dos recursos produtivos, ou seja, em muitos casos verifica-se a disponibilidade do tanque para uma determinada data, considerando-se decisões de ciclos anteriores, antes que seja tomada a decisão de produzir naquele tanque. Caso o equipamento não esteja disponível, avalia-se a possibilidade de produzir em outro tanque ou opta-se por fabricar outro produto.

Por fim, com relação às características da programação, acreditamos que a empresa faz uso da abordagem de carregamento finito, uma vez que existe um limite estabelecido, no caso o volume dos tanques, para alocação de trabalho nos centros. Com relação ao tipo de programação no tempo, a abordagem utilizada para os produtos granéis é a programação para trás, haja vista que ela é sempre feita partindo-se da data final prometida para cliente. Para os produtos embalados, porém, a programação é para frente, uma vez que a empresa produz para estocar e não contra pedido.

4. SIMULADORES DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

As atividades de sequenciamento, programação e controle da produção tendem a ser tornar cada vez mais complexas à medida que o mix de produtos cresce e o número de atividades e processos aumentam no chão de fábrica. Por outro lado, há uma tendência nas empresas em aumentar a variedade dos produtos ofertados para que se consiga atender às diferentes necessidades dos consumidores e, com isso, manter uma posição competitiva favorável no longo prazo. Além disso, busca-se também o desenvolvimento de operações flexíveis, uma vez que elas podem trazer vantagens às organizações, sobretudo no que diz respeito a tempos de resposta mais rápidos. Dessa forma, é natural que as atividades de PCP requeiram cada vez mais esforço e capacidade computacional para serem realizadas.

Nesse contexto foram desenvolvidos sistemas chamados *Advanced Planning Systems* (APS) que auxiliam o planejador da produção na definição das ordens de produção. Esses sistemas têm como principal característica o fato de serem capazes de levar em conta uma grande quantidade de fatores e variáveis no planejamento e controle da produção, algo que um ser humano não seria capaz de fazer. Para NUNES (2009), os sistemas APS são uma extensão dos sistemas de capacidade finita, pois vão além da questão da capacidade produtiva em relação à demanda, podendo considerar outras restrições. Normalmente esses sistemas são compostos por simuladores que permitem modelagens mais sofisticadas do problema de programação da produção.

Os simuladores de planejamento e controle da produção costumam fazer parte do sistema que atualmente é conhecido por *Manufacturing Execution System* (MES). O MES é um sistema de TI que tem como objetivo principal coletar informações em tempo real do chão de fábrica e realizar análises importantes sobre a produção, focando principalmente em identificar ineficiências na produção, traçar planos de ação e implementar as melhorias necessárias para aumentar o desempenho da planta. Segundo a *Association for Operations Management* (APICS), este sistema pode ser definido como:

Um sistema de informação que atua no controle do chão de fábrica, incluindo-se o uso de programadores lógicos de controle, computadores com controle de processo para supervisão direta da produção (equipamentos, defeitos, produtos etc). Este sistema possui várias funções e competências. Inclui funções como alocação e acompanhamento da situação de recursos, programação detalhada de operações, despacho de unidades produzidas, controle de documentação, coleta e aquisição de dados, gestão de mão de obra, gestão da qualidade, gestão de processos, gestão da manutenção, rastreabilidade e rastreamento de produtos e

análise de desempenho. Pode prover realimentação do que ocorre na unidade fabril em tempo real. Interfaceia com e complementa os sistemas de planejamento de recursos.

(Adaptado de <http://www.apics.org/> - Acessado em 07/07/2013 e CORRÊA, H.L, CORRÊA, C.A, Administração de produção e operações, 2º Ed. São Paulo, Atlas, 2006.)

Para CORRÊA e PERDOSO (1996), os simuladores permitem que o usuário modele o sistema produtivo, ou seja, máquinas, ferramentas, turnos de trabalho, roteiros de fabricação, velocidade de operação, tempo de setup, entre outras características. Além disso, o usuário consegue informar a demanda e as condições reais das operações, além de modelar alguns parâmetros para a tomada de decisão. Os resultados da simulação são programas de produção que atendem às condições particulares do sistema produtivo modelado. Uma representação da operação desse sistema pode ser visualizada na figura:

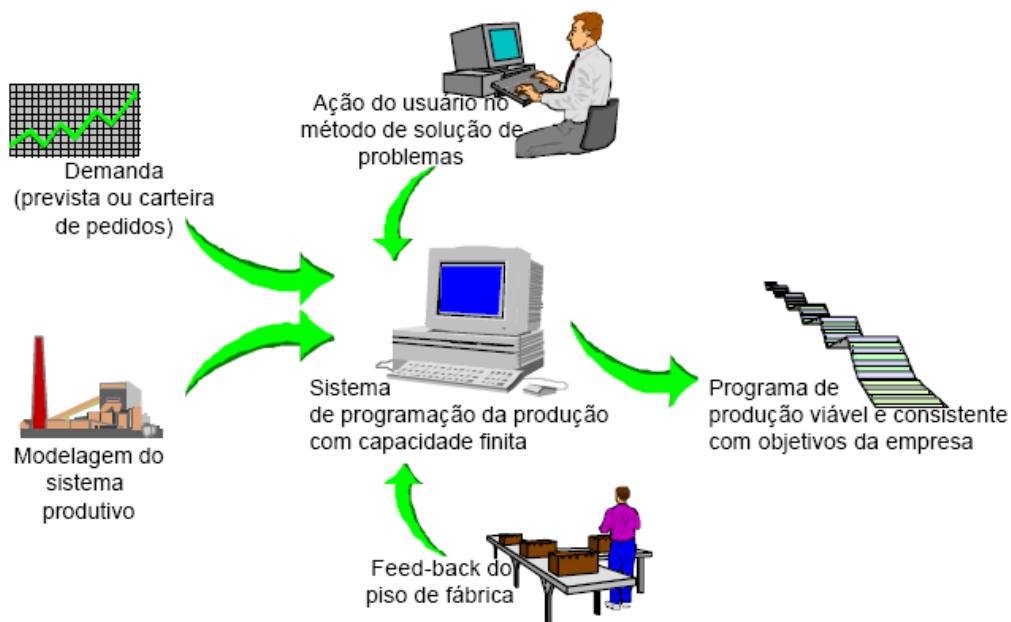


Figura 7 - Representação da operação de um sistema de programação da produção com

Fonte: CORREA, L. H., PEDROSO, M. C., 1996, Sistemas de programação da produção com Capacidade finita: uma decisão estratégica?, Revista de Administração de Empresas FGV SP, v. 36 n. 4, pp 1-19.

O uso de sistemas de programação de capacidade finita se propõe a fechar as lacunas entre a gerência da produção e a execução dos processos fabris, pois estes sistemas são capazes de prover uma comunicação entre os níveis estratégico, tático e operacional, visando uma perfeita execução das tarefas operacionais. Dessa forma, há

uma maior integração entre os gerentes/planejadores da produção e as operações do chão de fábrica.

4.1. Caracterização de dois modelos de simuladores existentes no mercado

O uso de simuladores para programação da produção começou a ganhar força nas organizações brasileiras a partir da década de 90, porém, esse mercado ainda tem potencial para ser explorado devido ao grande número de fábricas no Brasil. Hoje em dia, há inúmeras empresas, tanto nacionais como internacionais, desenvolvedoras de softwares de sequenciamento, programação e controle da produção que apoiam a tomada de decisão no chão de fábrica.

Dentre os diversos tipos de simuladores existentes no mercado, nesse capítulo será realizada uma análise de dois modelos específicos, cada qual com uma origem distinta de fornecedor. O primeiro modelo é o simulador Trilha, o qual é desenvolvido pela empresa Trilha da Inovação e foi escolhido para análise sobretudo pelo fato de termos maior facilidade de contato com alguns funcionários da empresa, que têm experiência com o uso desse sistema. O segundo modelo a ser analisado é chamado Preactor, que é atualmente comercializado no Brasil pela empresa Tecmaran e cuja escolha se deve ao fato de ser um simulador bastante conhecido no mercado e líder mundial em sua categoria.

4.1.1. Caracterização do simulador Trilha

O simulador Trilha, também conhecido como simulador *See the Future* (STF), vem sendo desenvolvido e aprimorado desde a década de 80 pela empresa Trilha da Inovação, em parceria com o Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ). Ao longo dos anos, a empresa desenvolveu expertise nos temas relacionados à Engenharia de Produção, principalmente naqueles focados ao planejamento e controle da produção. A partir de bibliotecas de algoritmos e procedimentos computacionais, os consultores da Trilha da Inovação desenvolvem soluções customizadas em simulação da produção ajustadas à realidade de cada cliente. Para o projeto de desenvolvimento, são considerados as especificidades da fábrica e o sistema utilizado pela empresa no chão de fábrica.

Por se tratar de um simulador que emite ordens de produção, ele foca principalmente nas atividades de curtíssimo prazo, oferecendo meios para a

reprogramação das atividades quando diante de fatos imprevistos ligados à disponibilidade de máquinas, pessoal e materiais. Usando o conceito de MRP, o simulador começa explodindo toda a demanda por matérias-primas e recursos produtivos, buscando identificar os gargalos do sistema. Em seguida, ele aloca o processamento de cada matéria-prima ou cada subproduto segundo as regras de sequenciamento estabelecidas. Nessa etapa o sistema utiliza a programação para frente, ou seja, ele não considera a data de entrega do cliente como partida para a programação, mas sim a disponibilidade de cada recurso produtivo. Nesse sentido, o simulador busca entregar o produto na data mais cedo possível, o que pode ser considerado uma quebra de paradigma, tendo em vista que na maioria das empresas o time de PCP considera a data solicitada pelo cliente como a data de partida para o PCP.

O sistema oferece uma série de regras de priorização e também alternativas gerenciais como contratação de hora-extra, política de lote, dentre outras, cujo impacto pode ser avaliado não apenas sob o ponto de vista operacional, mas também sob o ponto de vista econômico financeiro, ou seja, em termos dos custos e ganhos relacionados às decisões tomadas. Após a modelagem e inserção dos dados no simulador, as soluções de programação são geradas em minutos, dependendo das situações, do banco de dados, das restrições de cada empresa, e do período a ser simulado.

É importante ressaltar que o simulador Trilha é desenvolvido com a função principal de auxiliar o programador da produção durante a tomada de decisão, potencializando sua ação em virtude das prioridades do negócio. Em momento algum esta ferramenta é concebida com o sentido de substituir o programador de produção, sobretudo porque se trata de um sistema aberto, em que ele participa ativamente da elaboração da solução. Com o simulador, o programador testa suas próprias soluções e gera rapidamente vários programas de produção alternativos para então selecionar aquele que lhe pareça mais conveniente em termos dos custos e benefícios relacionados à situação em análise. A lógica de funcionamento do simulador pode ser representada pela figura abaixo:

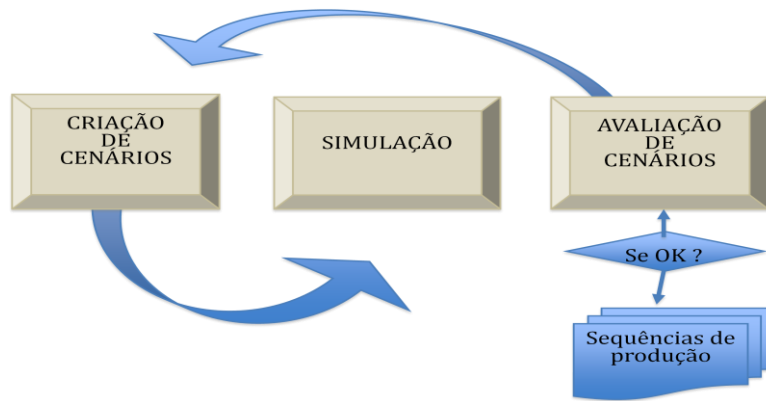


Figura 8 - Lógica de funcionamento do Simulador Trilha

Fonte: Empresa Trilha da Inovação

De modo a emitir sequencias de produção para cada recurso produtivo, o simulador precisa receber dados de entrada, que podem ser divididos em quatro fluxos de informação, a saber:

- Dados sobre a capacidade de produção (arranjo de centros de trabalho, horários de funcionamento da fábrica, feriados, capacidade produtiva de cada máquina);
- Dados sobre os produtos (matérias primas necessárias, lista de operações e tempos de produção, alternativas de processamento, alternativas quanto a fabricar ou comprar, tipos de envasamento, famílias de produtos, setups de máquina necessários);

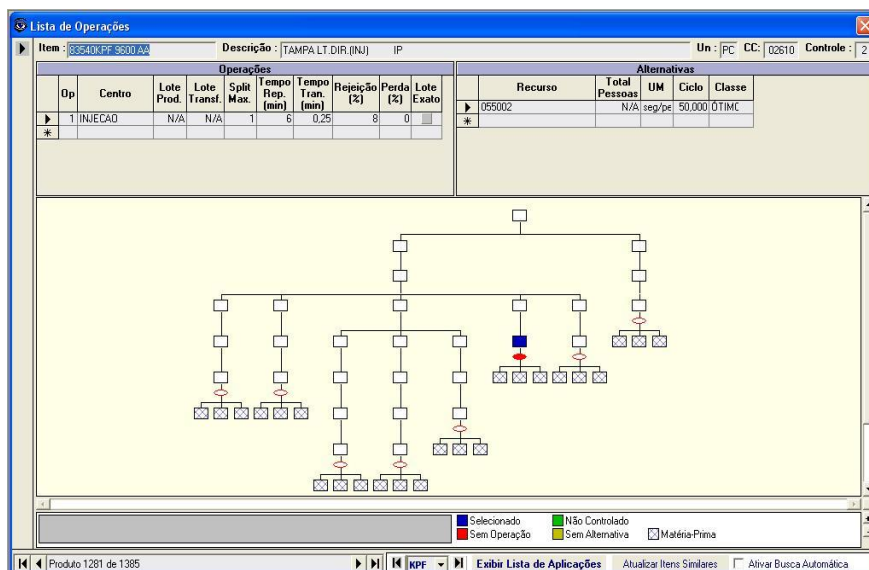


Figura 9 - Exemplo de tela do sistema: Lista de materiais e roteiros de produção

Fonte: Empresa Trilha da Inovação

- c) Dados sobre a demanda (plano mestre de produção ou carteira de pedidos);
- d) Apontamento de produção com a posição corrente de estoques de itens intermediários, de matérias-primas e de acabados ao longo do chão de fábrica;
- e) Dados financeiros como: custo da mão de obra, custo da hora extra, custo do uso da máquina, custo de subcontratação, custo de atraso, custo de carregar estoque, custos indiretos, preço de venda.

Como explicitado no item 3.2.3., no decorrer do exercício de programação, é possível fazer uso de regras de priorização ou customização, de acordo com as necessidades do negócio. Partindo-se dessa premissa, o simulador Trilha oferece um conjunto de pacotes de decisão que podem impactar no planejamento da produção, tais como:

- Alteração dos lotes de produção e transferência;
- Alteração do plano de compras de matéria-prima;
- Fabricação em parceiro terceirizado;
- Determinação de horas extras;
- Alteração de horários de funcionamento da fábrica;
- Priorização para o sequenciamento de ordens com base em: menor tempo, menor data de entrega, menor quantidade, menor setup, mesmo sucessor;
- Priorização para entrega pontual para clientes ou famílias de produtos específicos.

Com base nas decisões tomadas pelo programados, o simulador dispõe de relatórios para avaliação do programa mestre de produção gerado. Estes relatórios informam:

- A pontualidade média/atraso máximo por família de produtos, por clientes ou por linhas de produção, como pode ser visto na figura que segue:

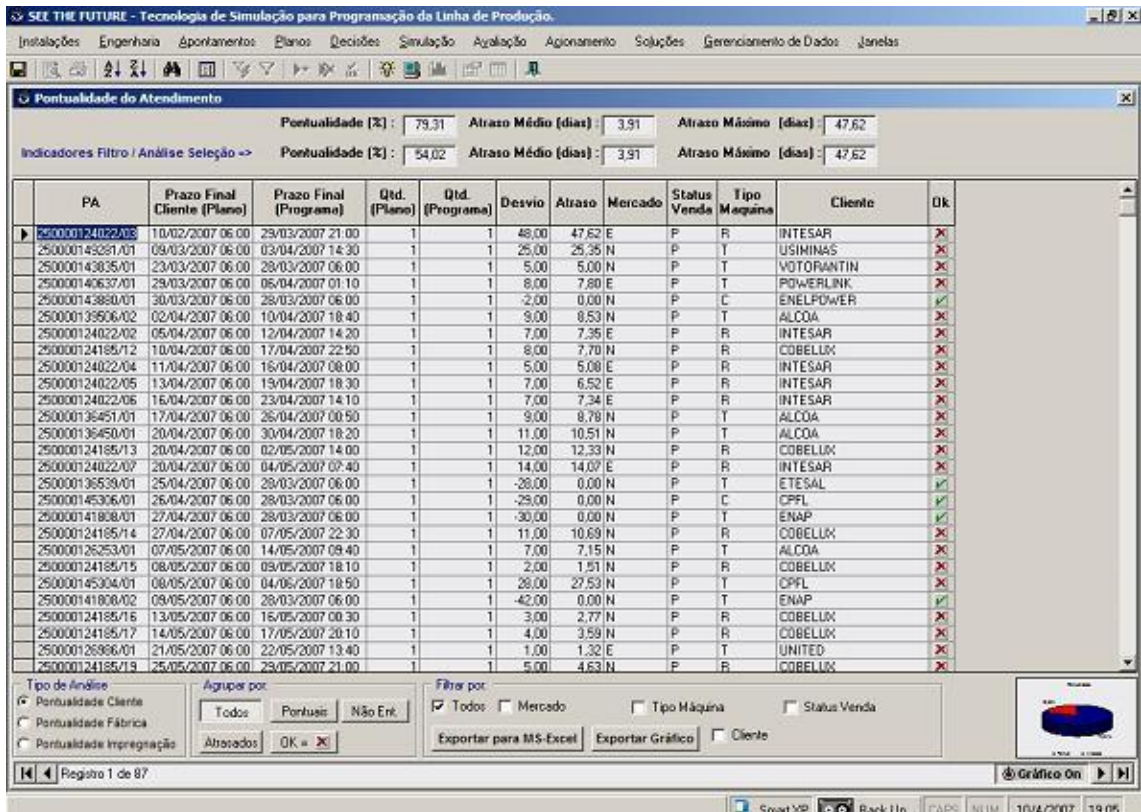


Figura 10 - Exemplo de tela do sistema: pontualidade

Fonte: Empresa Trilha da Inovação

- Índice de ocupação das máquinas, como mostrado na tela abaixo:

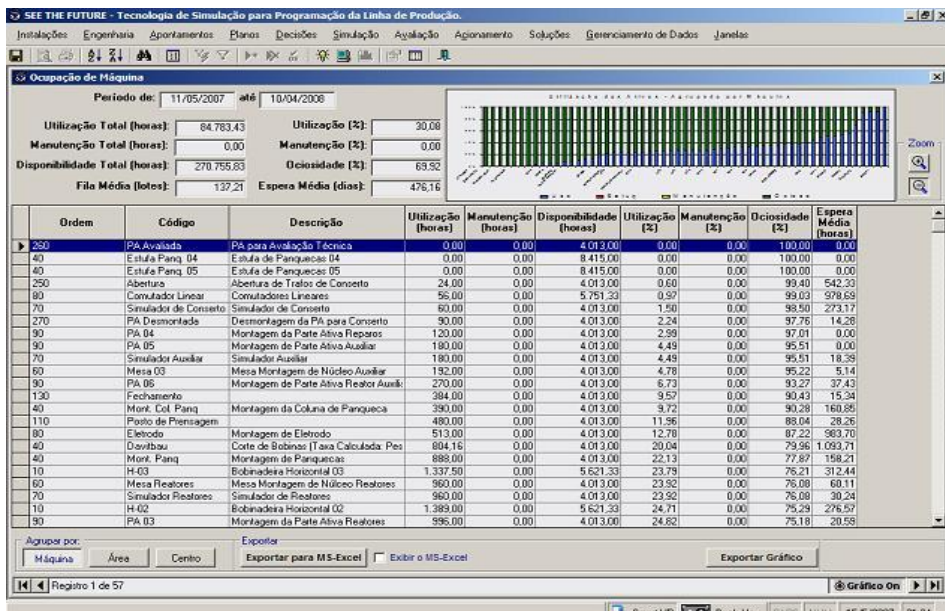


Figura 11 - Exemplo de tela do sistema: utilização de ativos

Fonte: Empresa Trilha da Inovação

- Análise econômico-financeira do programa de produção;
- Gráfico Carga-Máquina para planejamento de capacidade. Um exemplo segue na figura:

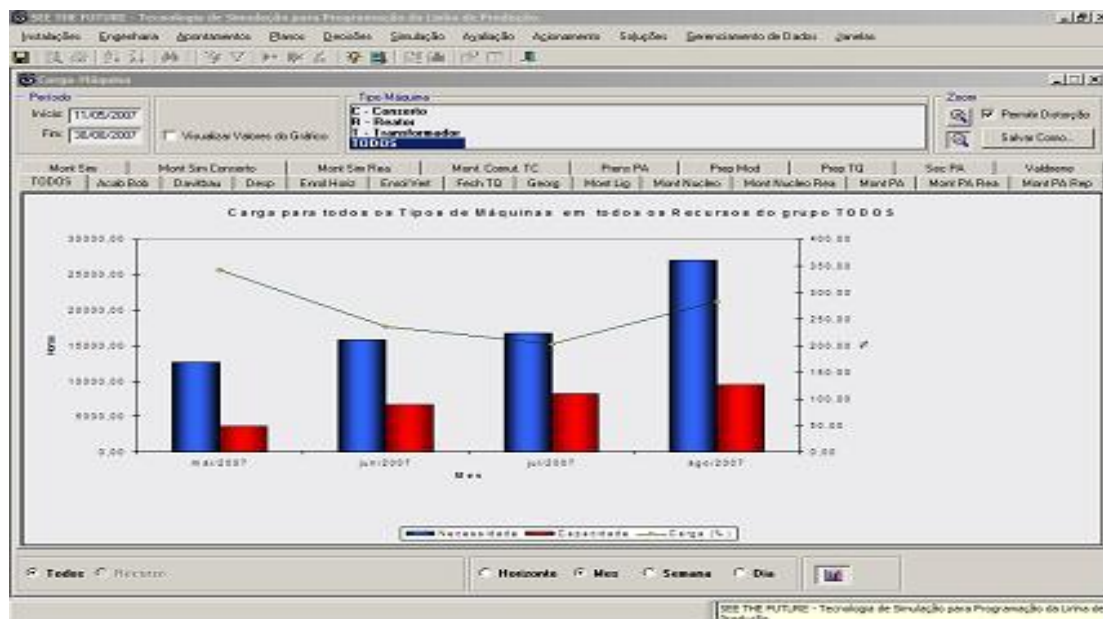


Figura 12 - Exemplo de tela do sistema: planejamento da capacidade

Fonte: Empresa Trilha da Inovação

- Gráfico de Gantt para cada máquina;

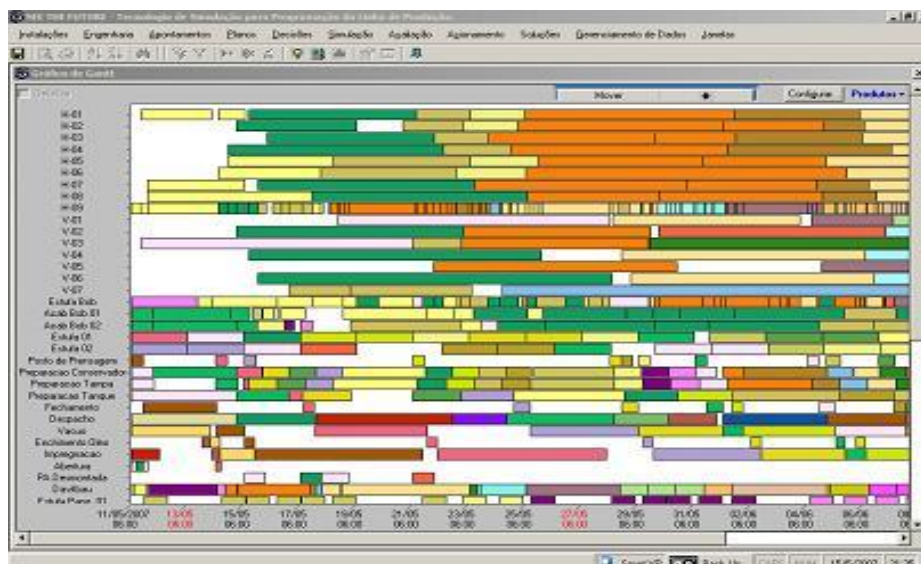


Figura 13 - Exemplo de tela do sistema: gráfico de Gantt

Fonte: Empresa Trilha da Inovação

- Sequência de produção por máquina ou por produto.

Quanto aos termos técnicos, o simulador Trilha costuma ser desenvolvido com base na linguagem *Visual Basic* com banco de dados local, usualmente Access, que é o banco de dados nativo dessa linguagem e permite combinar um alto grau de customização com simplicidade e rapidez de desenvolvimento e manutenção. A integração com o banco de dados corporativo é feita através do módulo de importação e exportação do simulador. A cada ciclo de planejamento uma nova base de dados deve ser importada e, após avaliação minuciosa do planejador e determinação do plano mestre de produção, o sistema irá gerar arquivos de saída que serão enviados aos operadores por meio da conexão de rede entre o simulador e os computadores do chão de fábrica.

4.1.2. Caracterização do simulador Preactor

Desenvolvido pela empresa *Preactor International*, o simulador Preactor é distribuído na América do Sul pela Tecmaran e, assim como o simulador Trilha, é um software especializado em programação da produção de bens e serviços que utiliza o conceito de sequenciamento em capacidade finita. De acordo com o site da Tecmaran, o Preactor pode trabalhar *stand alone*, ou integrado com sistemas de informações da empresa, desde simples planilhas eletrônicas aos mais completos sistemas integrados de gestão.

A *Preactor International* trabalha com duas linhas de produtos: softwares de planejamento oferecidos por meio da solução *Preactor 400 GMPS* e softwares de programação da produção do tipo FCS²/APS. Os softwares de planejamento trabalham com horizontes de tempos fechados, como meses, semanas ou dias, para indicar quando e quanto produzir, mas não geram um sequenciamento direto da produção. Eles processam dados de demanda e permitem aplicar restrições de capacidade, lidar com demanda altamente variável e questões de prazo de validade dos produtos, além de disponibilizar a escolha pelo planejamento do tipo *make-to-stock* ou *make-to-order*, de acordo com a natureza da demanda da empresa. Os *outputs* do *Preactor 400 GMPS* são os *inputs* do MRP, enquanto que os *outputs* do MRP são os *inputs* dos softwares de programação da produção do tipo FCS/APS. Já os softwares de programação buscam o sequenciamento da produção e são capazes de gerar ordens de produção para a fábrica.

² *Finite Capacity Scheduling*

Além disso, esses softwares utilizam um horizonte de tempo mais curto e mais detalhado do que aquele utilizado por um sistema de planejamento.

Na linha dos softwares de programação da produção, a empresa oferece cinco produtos: o *Preactor Express*, versão mais básica e gratuita, e as versões pagas *Preactor 200 FCS*, *300 FCS*, *400 APS* e *500 APS* que evoluem segundo a lista de funcionalidades oferecidas.

Para o software do *Preactor Express*, os *inputs* típicos necessários são:

- Ordens de produção já emitidas;
- Quais são os produtos fabricados, quais máquinas e centros de trabalho podem ser utilizados, tempo médio de setup;
- Disponibilidade das máquinas e se os recursos são finitos (há limites do número de operações que podem ser realizadas no recurso) ou infinitos (não há limites das operações que podem ser feitas no recurso);
- Calendários da fábrica, como feriados, dias de manutenção, contagem de estoque etc.

A versão *Express* pode ser baixada no site www.preactor.com e fica disponível gratuitamente por 30 dias para o usuário testar e entender um pouco melhor como funciona a lógica do simulador. Com o download desta versão foi possível observar que o software disponibiliza uma série de relatórios que visam medir a eficiência da produção, como pode ser observado na figura abaixo:

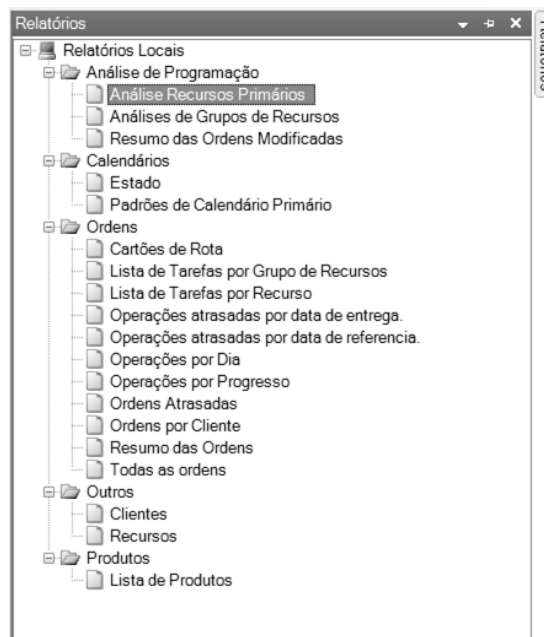


Figura 14 - Relatórios da Produção

Fonte: Preactor Express

Cabe ressaltar, entretanto, que nesta versão a única possibilidade de customização da produção se dá por meio da alteração das regras de sequenciamento. O software disponibiliza duas lógicas de sequenciamento: para trás ou para frente, segundo um conjunto de prioridades estabelecidas como: por data de entrega, por importância do produto ou por ordem do arquivo.

Após explorar as funcionalidades do software, fica evidente que a versão Express é bastante limitada e serve apenas como um demonstrativo do funcionamento de um simulador da produção. Conforme citado anteriormente, a empresa também possui softwares de programação mais avançados como o *Preactor* 200 FCS, 300 FCS, 400 APS e 500 APS. Estes softwares evoluem em complexidade e funcionalidade segundo a Tabela 2.

Tabela 2 - Funcionalidades dos softwares PREACTOR

Fonte: <http://www.tecmaran.com.br/caracteristicas-por-versao-preactor.html> - Acessado em

01/06/2013

FUNCIONALIDADES	P200 FCS	P300 FCS	P400 APS
Sequenciamento a partir da disponibilidade de capacidade para frente ou a partir da data de entrega para trás	x	x	x
Sequenciamento automático por Data de Entrega ou Prioridade Personalizada	x	x	x
Sequenciamento manual arrastando e soltando operações	x	x	x
Sequenciamento bidirecional a partir de operações específicas	x	x	x
Relatórios personalizáveis (<i>SQL Reporting Services</i>)	x	x	x
Tempo de processamento e de setup variável pelo recurso	x	x	x
Tempo de setup dependente da sequencia de operações no recurso	x	x	x
Dimensionamento do uso de recursos secundários por operação	x	x	x
Roteiros alternativos de produção por produto	x	x	x
Diferentes tipos de taxa de produção (tempo por item, por lote, taxa por hora ou específica)	x	x	x
Divisão ou transferência automática ou manual dos lotes de fabricação	x	x	x
Programação e travamento interativo de operações específicas	x	x	x
Restrições ao uso dos recursos de capacidade finita de produção	x	x	x
Restrição de Data de Início Mais Cedo para cada operação	x	x	x
Uso de recursos de capacidade infinita (terceiros, espera)	x	x	x
Seleção automática do melhor recurso dentro do grupo de recurso	x	x	x
Escolha manual de operações alternativas e/ou adicionais	x	x	x
Ajuste manual das condições de produção das operações	x	x	x
Operações simultâneas no roteiro de fabricação	x	x	x
Mudança nos padrões gráficos para a disponibilidade dos recursos	x	x	x
Função de repetição ou particionamento de ordens	x	x	x
Padrões de turnos personalizados por recurso ou por grupo	x	x	x
Paradas programadas e feriados	x	x	x
Eficiências e estados de calendário definidos pelo usuário	x	x	x
Gráficos de Gantt interativo por Recursos	x	x	x
Gráficos de Programação configuráveis (por pedido, por ordem, por cliente, etc.)	x	x	x
Gráficos de tempos de espera por recurso	x	x	x
Gráficos da utilização de recursos primários e secundários	x	x	x
Relatórios WYSWYG configuráveis pelo usuário	x	x	x
Relatórios gerenciais de desempenho e comparação de cenários	x	x	x
Importação de dados de planilhas eletrônicas ou qualquer banco de dados relacional	x	x	x
Controle de operações finalizadas, atrasadas e antecipadas	x	x	x
Pesquisa instantânea e visual de ordens e operações por código ou conjunto de atributos	x	x	x
Múltiplas restrições por recurso / operação		x	x
Restrição para uso simultâneo para recursos específicos		x	x
Escolha interativa de rotas alternativas de produção		x	x
Particularidades de processos industriais complexos		x	x
Restrição entre operações (tempo máximo ou mínimo)		x	x
Escolha de recurso preferencial em função do tempo de espera		x	x
Limite de tempo máximo de espera para operação específica		x	x
Atualização dinâmica da programação a partir da quantidade parcial realizada		x	x
Controle de operações com estrutura de montagens complexas		x	x
Padrões de turnos para recurso secundários		x	x
Controle finito de volume de materiais intermediários e espaço físico e consolidação de ordens		x	x
Regras Avançadas de Programação (Min Setup, Sequencia Preferida, Carregamento Paralelo,)			x
Tecnologia Open Planning Board para desenvolvimento personalizado de regras de programação sofisticadas			x
Relacionamento de dependência entre operações de diferentes ordens de produção			x
SMC – Controle de fornecimento/consumo de Materiais e Estoques Intermediários			x

Como é possível observar na Tabela 2 acima, todos os modelos permitem uma visualização da utilização dos recursos na fábrica através do Gráfico de Gantt. Além disso, o *Preactor APS* possui regras de sequenciamento capazes de gerar resultados de programação em função de diferentes objetivos. É possível, por exemplo, maximizar o uso de recursos produtivos, minimizar os tempos de setup em função da sequencia produtos, diminuir o total de trabalho em processo ou reduzir o número de ordens em atraso. Além disso, regras personalizadas de sequenciamento podem ser criadas para atender a objetivos específicos.

A versão 500 APS apresenta todas as características do software 400 APS e outras funcionalidades mais avançadas, como a capacidade de consumir ou produzir materiais (coprodutos e subprodutos) em qualquer etapa da operação (controle de material avançado). Vale destacar que, apesar de existirem os cinco modelos prontos de softwares de programação da produção citados anteriormente, o *Preactor* pode ser modelado para absorver os requisitos e as características específicas de cada empresa.

4.2. Considerações sobre as contribuições dos simuladores à realidade da empresa estudada

Diante das análises dos modelos de simuladores escolhidos, cabe avaliar de que forma as funcionalidades de cada software atendem à realidade do PCP da empresa estudada. Apesar de ambos os simuladores *Trilha* e *Preactor* apresentarem inúmeros pontos em comum, como possibilidade de simulação por eventos determinísticos, criação de regras de prioridade, relatórios de carga máquina, sequenciamento por máquina, ordem de pedido ou produto, há alguns pontos que podem ser destacados como diferentes entre os dois modelos.

Um ponto de vantagem do simulador *Preactor* diz respeito à possibilidade de integração com o ERP da empresa. Ele pode receber automaticamente as ordens de produção e listas de materiais geradas pelo sistema, enquanto que o simulador *Trilha* depende da importação dos dados. Nesse sentido, por ter uma base de dados própria, o simulador *Trilha* requer constante manutenção e atualização pelo usuário. Cabe, porém, uma ponderação da real necessidade de ter os dados atualizados automaticamente, uma vez que no momento da simulação do plano de produção, a base de dados precisa ser congelada.

Ainda analisando o modelo Preactor, levando em consideração a sua versão mais avançada, é possível notar que ela apresenta mais recursos se comparada ao simulador Trilha. Cabe avaliar, porém, se todas as funcionalidades oferecidas são necessárias para a empresa, haja vista que quanto mais funcionalidades a ferramenta apresentar, maior será o seu custo, mais lento será o seu processamento e mais complexa será a sua utilização. Nesse contexto, pode ser mais interessante para a empresa adotar o pensamento LEAN³ e ter uma ferramenta mais enxuta, apenas com as funcionalidades que realmente serão utilizadas.

Um ponto de destaque do simulador Trilha está relacionado à possibilidade de realizar análises econômico-financeiras dos programas de produção, o que permite ao programador ter uma visão mais macro dos resultados obtidos. Dessa forma, o programador consegue avaliar se o programa está gerando receita para a empresa e o quanto ele está agregando de valor, não apenas sob o ponto de vista operacional, mas também sob o ponto de vista de custos. O simulador Preactor também permite utilizar parâmetros como custo total da programação para a análise dos resultados, mas esse recurso parece ainda ser pouco explorado nos pacotes de solução oferecidos.

Além disso, o simulador Trilha aparenta a ser uma opção mais customizada na medida em que o software será desenvolvido desde o início para se adequar à realidade da organização. Dessa forma, trata-se de uma solução feita sob medida pela equipe da TRILHA-INT, em conjunto com os programadores, equipes da produção e informações da empresa após o estudo das planilhas e procedimentos correntemente utilizados. Já o simulador Preactor, apesar de apresentar soluções que podem ser adaptadas de acordo com as especificidades da empresa, tende ser um sistema semiaberto, com muitas funções já pré-definidas. Dessa forma, ele nos leva a crer que sob alguns aspectos a empresa precisaria se ajustar mais ao software do que o software se ajustaria à empresa. Segundo Hayes et al. (2008), o tipo de modelo de implantação de sistema no qual a empresa se ajusta ao software tende a eliminar o diferencial competitivo das empresas no longo prazo. Isso ocorre, pois, em um horizonte mais amplo, no qual grande parte das empresas possa vir a adotar este mesmo sistema de programação, este venha a padronizar os processos de programação da produção ao longo dos concorrentes da mesma indústria e isso pode fazer com que a empresa se veja, no máximo, igual ao seu

³ Para o Lean Institute Brasil, o Lean Thinking (ou Mentalidade Enxuta) é “uma filosofia e estratégia de negócios para aumentar a satisfação dos clientes através da melhor utilização dos recursos”. http://www.lean.org.br/o_que_e.aspx

concorrente na sua forma de programar a produção. Com isso, o que antes era visto como um diferencial competitivo para a organização (programação mais rápida e eficiente) pode vir a se tornar algo prejudicial a sua competitividade.

Como a realidade do PCP da empresa é bastante limitada quanto à utilização de softwares de programação da produção, ambas as soluções apresentadas se mostram viáveis de serem aplicadas ao contexto estudado. Acreditamos que tanto a implantação do simulador Trilha como a implantação do Preactor iriam trazer inúmeros benefícios para a empresa. Para dar continuidade ao estudo, porém, avaliamos que seria necessário escolher um modelo de simulador para aplicar à realidade da empresa. Dessa forma, optamos por estudar com mais detalhes o simulador Trilha e suas implicações para a organização. Essa escolha pode ser justificada, sobretudo, pela facilidade de contato com a empresa Trilha da Inovação para nos auxiliar no projeto e pela maior flexibilidade apresentada pelo simulador Trilha. Com isso, acreditamos que a solução customizada oferecida pela Trilha seja uma arma importante para transformar, no longo prazo, o PCP em uma fonte de vantagem competitiva.

5. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA REALIDADE ESTUDADA

Após a discussão do capítulo 4 sobre dois modelos de simuladores existentes no mercado e tendo escolhido um modelo para análise mais detalhada, nesse capítulo será feita uma modelagem da situação real da empresa e posterior simulação de planos de produção utilizando o simulador Trilha. O software foi cedido em seu módulo intermediário pela consultoria Trilha da Inovação para fins acadêmicos. Com a análise dos resultados, pretende-se entender as vantagens do uso do simulador, assim como de que modo diferentes cenários podem ser comparados.

5.1. Considerações sobre os dados de entrada

De acordo com PAVANELLO (2006), o levantamento dos dados é uma das partes mais importantes para a implantação de um simulador com capacidade finita. Caso os dados *inputados* no sistema estejam inconsistentes com a realidade, a programação gerada não terá aderência e poderá levar a tomada de decisões erradas. Dessa forma, os dados de entrada devem ser discutidos com todos os envolvidos para não haver dúvidas quanto ao fluxo do sistema produtivo.

Nessa etapa inicial de levantamento dos dados é importante que sejam realizadas visitas à fábrica para um melhor entendimento do processo produtivo. Além disso, sempre que possível, obter o layout de fábrica é bastante útil, pois nele está contida a quantidade de máquinas e o fluxo das informações que são de uso do simulador, além de conter uma visão abrangente da unidade. Por fim, é necessário entender a composição dos produtos fabricados. Informações como materiais utilizados, quantidades, item pai, item filho, tempo padrão de fabricação, lotes de produção, entre outras, precisam ser *inputadas* no software (PAVANELLO, 2006).

Para que a simulação realizada no software da Trilha tivesse relativa aderência ao caso real estudado, foi preciso coletar uma série de dados que dizem respeito tanto ao processo produtivo da fábrica de lubrificantes quanto aos produtos fabricados. Vale destacar, porém, que simplificações foram feitas quanto aos dados a serem inputados no simulador, pois o objetivo do estudo é analisar de que forma os resultados são gerados em uma simulação e como eles podem trazer benefícios à empresa. Dessa forma, podemos dizer que a simulação é um modelo, ou seja, uma representação da realidade, e os resultados obtidos nesse estudo não devem ser usados para fins profissionais.

Cabe destacar também que o simulador Trilha utilizado para esse estudo não foi desenvolvido para se adaptar à realidade da empresa. Utilizou-se um simulador pronto voltado para pequenas e médias empresas. Acreditamos, porém, que a versão utilizada é suficiente para fins de análise dos resultados da simulação.

No total, 24 produtos foram escolhidos para serem sequenciados e programados pelo simulador. Estes estão subdivididos em nove famílias, seis categorias de embalagem e duas classificações de viscosidade (baixa ou alta). A Tabela 3 representa de forma esquemática quais foram os produtos escolhidos. Vale destacar que os nomes dos produtos foram descaracterizados para preservar a confidencialidade da empresa.

Tabela 3 - Produtos "Inputs" na Simulação

Fonte: Os autores

Família	Nome fictício	Categoria de embalagem (L)	Viscosidade (Alta ou Baixa)
A	A-SX 2	0,5	A
B	B3-20L	20	B
B	B-209L	209	A
B	B2-20L	20	B
B	B-GRAN	Granel	A
B	B1-20L	20	A
B	B-1L	1	A
B	B3-4L	4	A
B	B2-4L	4	B
C	C3-1L	1	A
C	C5-1L	1	B
C	C6-1L	1	B
C	C7-1L	1	A
C	C6-209L	209	B
C	C7-4L	4	A
D	D-20L	20	A
D	D-GRAN	Granel	B
E	E-20L	20	B
F	F-GRAN	Granel	A
G	G-209L	209	A
G	G-20L	20	A
H	H30-GRAN	Granel	A
H	H10-GRAN	Granel	B
N	NP OUT	0,5	B

Todos os produtos da fábrica passam por uma sequência lógica de produção. Primeiro é realizado a mistura nos tanques dos pátios, em seguida a mistura é canalizada para as envasadoras que engarrafam o líquido e por fim é feita a paletagem para os produtos da família de 1L,4L, 20L e 0,5L e para a família de 209L e Granel os produtos saem direto para expedição. A Figura 15 mostra estas sequências simplificadas para fins de simulação do caso em estudo para as famílias de produtos. Para entender como funciona todo o processo produtivo, foi preciso realizar um conjunto de entrevistas com especialistas da fábrica.

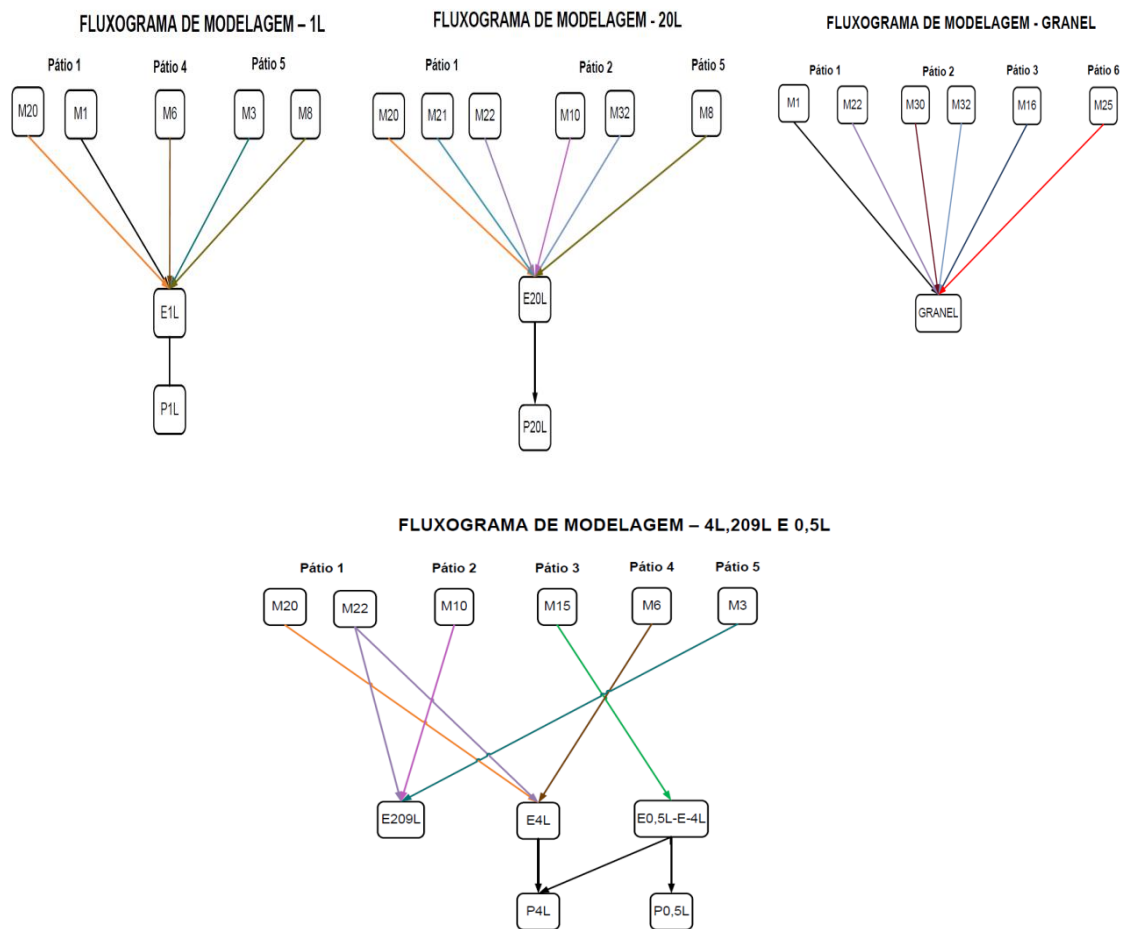


Figura 15 – Fluxogramas dos processos produtivos modelados

Fonte: Os autores

Com base na sequência do processo produtivo, foi preciso levantar um conjunto de dados relativos a cada etapa do processo para que pudéssemos modelar de forma suficiente no simulador. Os dados coletados por meio das visitas a campo realizadas e

foram agrupados por processo e estão disponíveis nas Tabela 4 a Tabela 10. Além disso, foi obtida uma carteira de pedidos para os produtos selecionados para que fosse possível simular uma situação real do dia a dia da fábrica.

Como mencionado, para fins de simulação foram adotadas algumas simplificações com relação aos dados levantados. Uma simplificação, por exemplo, foi considerar como sendo zero o tempo médio de setup da etapa de mistura em virtude dos relatos obtidos junto aos funcionários de que é raro serem realizadas limpezas nos tanques. Outra simplificação está relacionada aos pedidos granel. Tais pedidos foram agrupados em múltiplos de carretas com volume de 15 m³. Vale lembrar que quando saem dos tanques de mistura, os produtos do tipo granel são diretamente carregados nas carretas e, segundo entrevistas, há uma diferença de capacidade de carregamento de acordo com viscosidade do óleo. Para os óleos com alta viscosidade, leva-se em média quatro horas para encher uma carreta, logo a taxa de produção é de 0,25 carretas/hora. Já para os óleos de baixa viscosidade, levam-se em média duas horas, logo a taxa de produção é de 0,5 carretas/hora. Outra simplificação adotada foi considerar que as 18 bombas que existem para enchimento das carretas são agrupadas em uma única estação de trabalho, com capacidade equivalente a estas 18 bombas. Logo, para óleos de alta viscosidade consideramos uma capacidade de 4,5 carretas/h e para os óleos de baixa viscosidade de 9 carretas/h.

Com relação à operação de envase para os produtos embalados (20L, 209L, 1L, 4L e 0,5L), há duas regras de setup importantes a serem consideradas. A primeira delas é que quando há mudança no envasamento de um SKU, se os produtos tiverem mesmas viscosidades, o tempo de setup é zero. Por outro lado, quando há diferença entre as viscosidades gasta-se, em média, 30 minutos para fazer o setup. A segunda regra ocorre no equipamento que envasa tanto 4L como 0,5L. Quando há a necessidade de se envasar um produto de 4L após o de 0,5L, ou vice-versa, o setup de troca de componentes leva cerca de três horas e meia.

Tabela 4- Regra de Setup do envase

Fonte: Os autores

Regras de Setup			
Categoria	De	Para	Tempo (min)
Produto	Baixa Viscosidade	Baixa Viscosidade	0
Produto	Alta Viscosidade	Alta Viscosidade	0
Produto	Alta Viscosidade	Baixa Viscosidade	30
Produto	Baixa Viscosidade	Alta Viscosidade	30
Embalagem	500 ML	4L	210
Embalagem	4L	500 ML	210

As Tabela 5 e Tabela 6 representam informações de capacidade, tamanho de lote e turnos, relativas ao setor da mistura. Nestas tabelas estão todas as informações do processo de mistura utilizadas na simulação.

Tabela 5 - Dados de lotes e capacidades dos recursos produtivos da mistura

Fonte: Os autores

Nome do tanque	Lote de Produção (M³)	Lote de Transferência (M³)	Capacidade(M³/h)
M1	550	550	34,00
M20	590	590	37,00
M21	590	590	37,00
M22	590	590	37,00
M15	10	10	0,63
M16	9	9	0,56
M25	45	45	2,81
M32	300	300	18,75
M10	45	45	2,81
M30	18	18	1,13
M6	90	90	5,63
M3	200	200	12,50
M8	90	90	5,63

Tabela 6 - Dados de Centros, Grupos de Máquinas, Turnos, Horários e Quais produtos são fabricados da mistura

Fonte: Os autores

Nome do tanque	Centro	Grupo de Máquinas	Turnos	Horário de funcionamento	Produtos fabricados no tanque
M1	Pátio 1	Pátio 1	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	C3-1L,H10-GRAN,H30-GRAN
M20	Pátio 1	Pátio 1	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	B2-20L,B-1L,B2-4L
M21	Pátio 1	Pátio 1	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	B1-20L
M22	Pátio 1	Pátio 1	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	B3-20L,B-209L,B-GRAN,B3-4L
M15	Pátio 3	Pátio 3	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	A-SX 2,NP OUT
M16	Pátio 3	Pátio 3	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	H30-GRAN
M25	Pátio 6	Pátio 6	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	H30-GRAN
M32	Pátio 2	Pátio 2	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	D-20L,D-GRAN
M10	Pátio 2	Pátio 2	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	G-209L,G-20L
M30	Pátio 2	Pátio 2	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	F-GRAN,C7-1L
M6	Pátio 4	Pátio 4	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	C7-1L,C7-4L
M3	Pátio 5	Pátio 5	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	C5-1L,C6-209L
M8	Pátio 5	Pátio 5	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	E-20L,C6-1L

As Tabela 7 e Tabela 8 - Dados de Centros, Grupos de Máquinas, Turnos, Horários e Quais produtos são fabricados do envase

Fonte: Os autores

Nome da Envasadora	Centro	Grupo de Máquinas	Turnos	Horário de funcionamento	Tempos de Parada (A/J)	Produtos fabricados no tanque
E1L	E1L	E1L	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	1h almoço // 1h janta	Lubrificantes de 1L
E4L	E4L	E4L	2 turnos	07-16h	1h almoço	Lubrificantes de 4L
E 0,5L e E4L	E 0,5L e E4L	E 0,5L e E4L	2 turnos	07-16h	1h almoço	Lubrificantes de 4L e 500ML
E120L	E20L	E20L	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	1h almoço // 1h janta	Lubrificantes de 20L
E220L	E20L	E20L	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	1h almoço // 1h janta	Lubrificantes de 20L
E1209L	E209L	E209L	1 turno	07-16h	1h almoço	Lubrificantes de 209L
E2209L	E209L	E209L	1 turno	07-16h	1h almoço	Lubrificantes de 209L
E3209L	E209L	E209L	1 turno	07-16h	1h almoço	Lubrificantes de 209L
Granel (Alta viscosidade)	Granel	Granel	1 turno	07-16h	1h almoço	Lubrificantes Granéis
Granel (Baixa viscosidade)	Granel	Granel	1 turno	07-16h	1h almoço	Lubrificantes Granéis

representam informações relativas ao setor do envase. É possível observar que na máquina E0, 5L e E4L, temos lotes e taxas de produção distintas. Isso ocorre, pois, no caso de lotes com tamanho 4 e taxa de 400 garrafas/h, estamos modelando o envase dos produtos de 4L. Já para o caso do tamanho de lote 24 e taxa de produção 6000 garrafas/h, estamos modelando o envase dos produtos de 0,5L.

Cabe destacar que ao introduzirmos no simulador os lotes reais de todas as máquinas do setor, foi observado que nos casos das famílias de produtos embalados (20L, 4L, 1L e 0,5L), o tamanho do lote é tão pequeno frente à demanda que o número de combinações possíveis que o simulador pode realizar para sequenciar a produção aumenta consideravelmente. Com o maior número de combinações e alternativas possíveis, o tempo de simulação tende a crescer exponencialmente, demorando cerca de horas. Com isso, optou-se por adotar para os centros de 20L,4L,1L e 0,5L, o tamanho do lote como sendo sempre a demanda que entra para envasar. Também vale mencionar que, por questões de simplificação de nomenclatura, todas as embalagens foram chamadas de “garrafas”.

Tabela 7 - Dados de lotes e capacidades dos recursos produtivos do envase

Fonte: Os autores

Nome da Envasadora	Lote Real ⁴	Lote de Produção ⁵	Lote de Transferência ⁶	Capacidade ⁷
E1L	12	Variável conforme demanda	Variável conforme demanda	7000
E4L	4	Variável conforme demanda	Variável conforme demanda	1000
E 0,5L e E4L ⁸	4	Variável conforme demanda	Variável conforme demanda	400
E 0,5L e E4L ⁹	24	Variável conforme demanda	Variável conforme demanda	6000
E120L	1	Variável conforme demanda	Variável conforme demanda	625
E220L	1	Variável conforme demanda	Variável conforme demanda	625
E1209L	2	2	2	120
E2209L	2	2	2	80
E3209L	2	2	2	200
Granel (Alta viscosidade)	1	1	1	4,5
Granel (Baixa viscosidade)	1	1	1	9

⁴ Em garrafas para embalados e em caminhão para granel

⁵ Em garrafas para embalados e em caminhão para granel

⁶ Em garrafas para embalados e em caminhão para granel

⁷ Para embalados: Garrafas/h. Para granel: caminhão/h

⁸ Para embalados de 4L

⁹ Para embalados de 0,5L

Tabela 8 - Dados de Centros, Grupos de Máquinas, Turnos, Horários e Quais produtos são fabricados do envase

Fonte: Os autores

Nome da Envasadora	Centro	Grupo de Máquinas	Turnos	Horário de funcionamento	Tempos de Parada (A/J)	Produtos fabricados no tanque
E1L	E1L	E1L	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	1h almoço // 1h janta	Lubrificantes de 1L
E4L	E4L	E4L	2 turnos	07-16h	1h almoço	Lubrificantes de 4L
E 0,5L e E4L	E 0,5L e E4L	E 0,5L e E4L	2 turnos	07-16h	1h almoço	Lubrificantes de 4L e 500ML
E120L	E20L	E20L	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	1h almoço // 1h janta	Lubrificantes de 20L
E220L	E20L	E20L	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	1h almoço // 1h janta	Lubrificantes de 20L
E1209L	E209L	E209L	1 turno	07-16h	1h almoço	Lubrificantes de 209L
E2209L	E209L	E209L	1 turno	07-16h	1h almoço	Lubrificantes de 209L
E3209L	E209L	E209L	1 turno	07-16h	1h almoço	Lubrificantes de 209L
Granel (Alta viscosidade)	Granel	Granel	1 turno	07-16h	1h almoço	Lubrificantes Granéis
Granel (Baixa viscosidade)	Granel	Granel	1 turno	07-16h	1h almoço	Lubrificantes Granéis

As Tabela 9 e Tabela 10 representam informações relativas ao setor de palletagem.

Tabela 9 - Dados de lotes e capacidades dos recursos produtivos de palletagem

Fonte: Os autores

Nome da Paleteira	Lote de Produção (Pallet)	Lote de Transferência (Pallet)	Capacidade em Pallets/h
P1L	1	1	25
P0,5L	1	1	20
P20L	1	1	20
P4L	1	1	20

Tabela 10 - Dados de Centros, Grupos de Máquinas, Turnos, Horários e Quais produtos são fabricados de palletagem

Fonte: Os autores

Nome da Paleteira	Centro	Grupo de Máquinas	Turnos	Horário de funcionamento	Tempos de Parada (A/J ¹⁰)	Produtos fabricados no tanque
P1L	P1L	P1L	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	1h almoço // 1h janta	Lubrificantes de 1L
P0,5L	P0,5L	P0,5L	1 turno	07-16h	1h almoço	Lubrificantes de 0,5L
P20L	P20L	P20L	2 turnos	07-16h // 16h-00h36	1h almoço // 1h janta	Lubrificantes de 20L
P4L	P4L	P4L	1 turno	07-16h	1h almoço	Lubrificantes de 4L

Por fim, foi necessário estabelecer as relações de componência entre cada estágio de produção do produto final. Primeiramente, foi feito quatro macro divisões: óleos não misturados, óleos misturados, garrafa/granel envasado e pallet. Dessa forma, o produto B-1L, por exemplo, possui quatro estágios de produção, a saber:

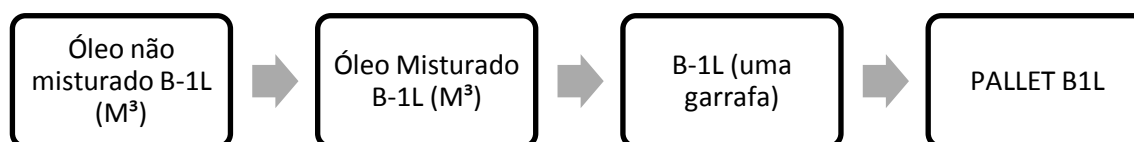


Figura 16 - Estágios de produção do produto B-1L

Fonte: Os autores

¹⁰ A/J = almoço / jantar

O segundo passo, foi definir as relações de componência para todos os produtos em todos os estágios. As Figura 17e Figura 18 representam a árvore de materiais para todas as seis famílias de produtos. Cabe ressaltar que para elaboração da árvore fizemos algumas simplificações bastante razoáveis, a saber:

- Foi considerado que o óleo não misturado já continha todos os aditivos necessários para sua produção, sendo necessário somente a sua mistura;
- Para o caso das garrafas foi considerado que a embalagem ("garrafa") já continha as tampas e os rótulos necessários para sua produção, sendo necessário somente o envase.



Figura 17 - Lista de Materiais para as famílias de 0,5L, 1L, 4L, 20L

Fonte: Os autores



Figura 18 - Lista de Materiais para a família de 209L e Granel

Fonte: Os autores

5.2. Análises dos resultados da simulação

Nesta etapa, iremos realizar uma simulação do plano de produção da fábrica com base em todos os dados de entrada descritos no item anterior e em uma carteira de pedidos adaptada, relativa ao mês de abril. Esta carteira foi retirada do sistema corporativo da empresa e tratada de forma a manter total confidencialidade dos dados reais. Optou-se por trabalhar apenas com um mês para a simulação porque a programação e o sequenciamento da produção geralmente consideram horizontes de tempo de curto prazo. Além disso, ficaria mais viável para considerarmos os lotes reais de produção.

Com base nesses dados, iremos analisar os resultados dos planos gerados em dois casos distintos chamados de Caso Padrão e Caso Granel. Para realizarmos as análises, os indicadores abaixo serão utilizados:

- Pontualidade de atendimento, atraso médio e atraso máximo por família de produtos (0,5L, 1L, 4L, 20L, 209L e Granel);
- Grau de ocupação de cada máquina e centro (% utilização);
- Tempo médio de Setup e % de setup em relação ao tempo total;
- Tempo de processamento de pedidos por minuto;
- Estoque Médio em Processo para os setores de mistura (m³), envase e paletagem (Pallet)

5.2.1 Definição do Caso Padrão e do Caso granel

Para o Caso Padrão, chamado também de caso 1, procurou-se ser o mais aderente possível às prioridades mais básicas dadas pelos planejadores da produção da unidade fabril. Com isso, foram estipulados os seguintes parâmetros:

- 1) Lote de produção deve ser igual lote de transferência para todos os setores da fábrica;
- 2) O critério para sequenciamento é o de menor setup para todos os setores da fábrica;
- 3) Todas as regras de setup foram consideradas;
- 4) Lote de entregas agregadas, ou seja, para demandas que não contemplam um lote inteiro, ele irá agregar tantas demandas quanto forem necessárias para formar um único lote.

No Caso Granel, ou caso 2, iremos usar as mesmas regras utilizadas no caso padrão com a adição da priorização dos pedidos do tipo granel. Com isso busca-se simular a situação real de priorização dos pedidos granéis sob um caráter emergencial, o que cria toda uma dificuldade para o planejador da produção já mapeada nos itens anteriores.

5.2.2 Comparativo e análise dos dois cenários

Iniciaremos comparando o tempo médio de processamento e a quantidade de tarefas simuladas para os dois casos. Na Figura 19 é possível observar que o simulador é capaz de processar, em média, 53,3 pedidos por minuto no caso 1 e 51,9 pedidos por minuto no caso 2. Se compararmos com o tempo médio que hoje o planejador da empresa leva para reprogramar toda a produção em virtude de uma alteração no plano - cerca de 10 min por pedido, ou seja, 0,1 pedidos por minuto - vemos que, como era de se esperar, o simulador supera e muito a velocidade de processamento do planejador. O simulador consegue fazer reprogramações, portanto, cerca de 500 vezes mais rápido que o ser humano. Isso é uma vantagem no mundo contemporâneo, em que a tomada de decisão tem se tornado cada vez mais veloz.

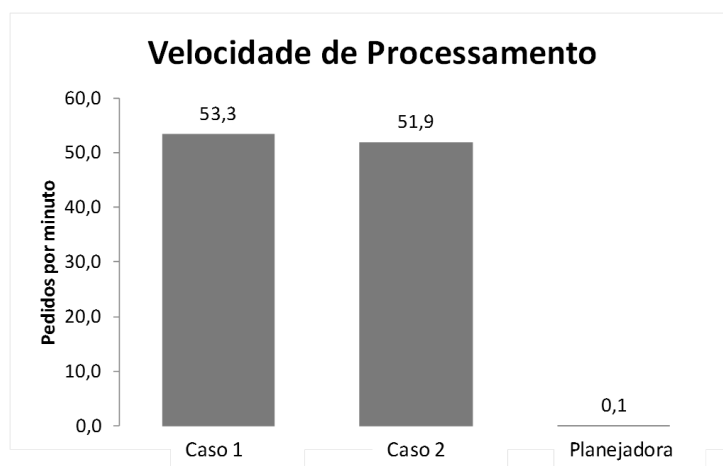


Figura 19 - Processamento de pedidos

Fonte: Os autores

Diante desse primeiro diagnóstico, iremos agora avaliar as duas soluções propostas pelo simulador para os dois casos estipulados. É possível observar que, apesar de o plano no caso 2 ser mais pontual e consumir menos tempo de setup, os estoques médios em processo, índice de utilização dos recursos e os atrasos são piores em relação ao caso 1. Logo, quando avaliamos os dois casos, sob o ponto de vista do negócio como

um todo, para o caso 2 foi obtida uma melhora em dois dos sete indicadores analisados. Se a estratégia do negócio for priorização do atendimento ao cliente em detrimento do aproveitamento dos recursos produtivos, pode-se considerar que, comparado ao caso 1, o caso 2 foi mais eficaz - melhorou-se a pontualidade - mas foi menos eficiente - o índice de aproveitamento dos recursos caiu. Como não foi estipulada, porém, nenhuma meta de pontualidade para o negócio, não podemos dizer que o caso 2 foi eficaz, pois não avaliamos se os objetivos estão sendo alcançados.

	Caso 1	Caso 2	Diferença
Utilização	51,27%	49,49%	-1,8%
Setup	0,25%	0,13%	0,1%
Pontualidade	50,2%	51,9%	1,7%
Atraso Máximo (h)	21,61	30,00	8,39
Atraso Médio (h)	3,10	3,25	0,15
Estoque médio (PALLETS)	13,9	13,9	0,04
Estoque médio (M³)	42,3	43,7	1,43

Figura 20 - Indicadores Chaves sob o ponto de vista do negócio

Fonte: Os autores

Agora, iremos analisar os dois casos, segundo a ótica de pontualidade para cada família de produtos. Quando avaliamos sob esta visão, é possível observar que, no caso 2, evoluímos em quatro das seis famílias de produtos, conforme a Figura 21. Em virtude da priorização que foi dada para a família do granel no caso 2, é razoável que o índice de pontualidade para esta família tenha aumentado em relação ao caso 1. Além disso, é possível observa que para as famílias de 0,5L, 20L e GRANEL, o tempo médio de atraso também reduziu.

Média de tempo de Atraso (h)				Pontualidade			
Famílias	CASO 1	CASO 2	Diferença	Famílias	CASO 1	CASO 2	Diferença
0,5L	1,6	1,4	-0,18	GRAN	11,7%	35,5%	23,8%
1L	4,2	6,1	1,95	0,5L	25,4%	31,6%	6,2%
209L	0,2	0,2	0,00	20L	43,3%	48,5%	5,2%
20L	3,0	2,8	-0,21	GERAL	50,2%	51,9%	1,7%
4L	0,9	0,9	0,01	4L	75,6%	76,0%	0,4%
GRAN	8,8	8,1	-0,68	209L	83,1%	83,1%	0,0%
GERAL	2,9	3,3	0,40	1L	33,5%	26,7%	-6,8%

Figura 21 - Indicadores de Pontualidade por família de produtos

Fonte: Os autores

Por outro lado, no caso 2, a família dos produtos de 1L foi prejudicada nos dois indicadores. Isso ocorreu em virtude da disputa do SKU C3-1L com o granel no tanque M1. É possível observar na Figura 22, a qual representa parte do gráfico de Gantt, que

os pedidos granéis destacados em vermelho são priorizados no caso 2, tendo sua data de entrega antecipada em cerca de dez dias.

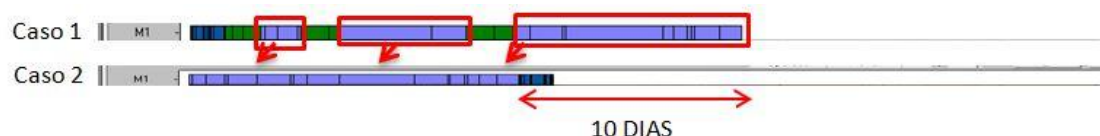


Figura 22 - Priorização do Granel

Fonte: Os autores

Agora, iremos analisar os dois casos, segundo a ótica do índice de utilização e tempo de setup para cada centro de trabalho. É possível observar na Figura 23 que no caso 2, os centros pátio 1, pátio 6, E1L, P20L, P1L,E4-E-E0,5L pioraram significativamente em relação ao caso 1, com destaque especial para o pátio 6, que teve queda de 76,9% no seu índice de utilização. Para o índice de setup, tivemos a redução mais significativa do tempo gasto com setup no centro E4-E-E0, 5L. Iremos investigar com mais detalhes esses números, quando abrirmos os indicadores por máquinas.

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO			
Centro de Trabalho	Caso 1	Caso 2	Diferença
Patio 2	72,0%	72,0%	0,0%
Patio 1	42,9%	38,6%	-4,2%
Patio 3	75,6%	100,0%	24,4%
Patio 5	55,9%	57,8%	1,9%
E20L	51,0%	51,0%	0,0%
Patio 6	100,0%	23,1%	-76,9%
E1L	88,4%	87,5%	-0,9%
P20L	64,2%	64,2%	0,0%
P1L	54,8%	53,2%	-1,6%
Granel	87,8%	94,0%	6,2%
E4L	58,3%	70,1%	11,7%
E4L-E-E0,5L	48,9%	19,5%	-29,4%
E209L	11,9%	11,9%	0,0%
P4L	24,1%	24,2%	0,1%
Patio 4	12,9%	21,9%	9,0%
P0,5L	5,0%	5,0%	0,0%

ÍNDICE DE SETUP			
Centro de Trabalho	Caso 1	Caso 2	Diferença
Patio 2	0,0%	0,0%	0,0%
Patio 1	0,0%	0,0%	0,0%
Patio 3	0,0%	0,0%	0,0%
Patio 5	0,0%	0,0%	0,0%
E20L	0,4%	0,4%	0,0%
Patio 6	0,0%	0,0%	0,0%
E1L	0,6%	0,5%	-0,1%
P20L	0,0%	0,0%	0,0%
P1L	0,0%	0,0%	0,0%
Granel	1,7%	0,8%	-0,8%
E4L	0,1%	0,4%	0,3%
E4L-E-E0,5L	3,4%	0,8%	-2,5%
E209L	0,0%	0,0%	0,0%
P4L	0,0%	0,0%	0,0%
Patio 4	0,0%	0,0%	0,0%
P0,5L	0,0%	0,0%	0,0%

Figura 23 - Índices de Utilização e Setup para os Centros de Trabalho

Fonte: Os autores

Avaliando-se agora os mesmos indicadores sob o ponto de vista das máquinas é possível observar na Figura 24, que no caso 2, as máquinas M25, M1 e E4-E-E0, 5L são as que tiveram uma piora significativa no seu índice de utilização.

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO			
Máquina	Caso 1	Caso 2	Diferença
M10	100,0%	100,0%	0,0%
M15	100,0%	100,0%	0,0%
M22	100,0%	100,0%	0,0%
M25	100,0%	23,1%	-76,9%
M30	100,0%	100,0%	0,0%
M8	100,0%	100,0%	0,0%
E1L	88,4%	87,5%	-0,9%
Granel	87,8%	94,0%	6,2%
P20L	64,2%	64,2%	0,0%
M1	63,2%	45,4%	-17,8%
E4L	58,3%	70,1%	11,7%
E120L	56,9%	59,3%	2,5%
P1L	54,8%	53,2%	-1,6%
M16	51,3%	100,0%	48,7%
E4L-E-E0,5L	48,9%	19,5%	-29,4%
E220L	45,2%	42,7%	-2,5%
P4L	24,1%	24,2%	0,1%
E1209L	17,8%	17,8%	0,0%
E2209L	17,3%	17,3%	0,0%
M32	16,0%	16,0%	0,0%
M6	12,9%	21,9%	9,0%
M3	11,8%	15,7%	3,9%
P0,5L	5,0%	5,0%	0,0%
M20	4,4%	5,3%	0,9%
M21	4,0%	4,0%	0,0%
E3209L	0,7%	0,7%	0,0%

ÍNDICE DE SETUP			
Máquina	Caso 1	Caso 2	Diferença
M10	0,0%	0,0%	0,0%
M15	0,0%	0,0%	0,0%
M22	0,0%	0,0%	0,0%
M25	0,0%	0,0%	0,0%
M30	0,0%	0,0%	0,0%
M8	0,0%	0,0%	0,0%
E1L	0,6%	0,5%	-0,1%
Granel	1,7%	0,8%	-0,8%
P20L	0,0%	0,0%	0,0%
M1	0,0%	0,0%	0,0%
E4L	0,1%	0,4%	0,3%
E120L	0,5%	0,5%	0,0%
P1L	0,0%	0,0%	0,0%
M16	0,0%	0,0%	0,0%
E4L-E-E0,5L	3,4%	0,8%	-2,5%
E220L	0,2%	0,3%	0,1%
P4L	0,0%	0,0%	0,0%
E1209L	0,0%	0,0%	0,0%
E2209L	0,0%	0,0%	0,0%
M32	0,0%	0,0%	0,0%
M6	0,0%	0,0%	0,0%
M3	0,0%	0,0%	0,0%
P0,5L	0,0%	0,0%	0,0%
M20	0,0%	0,0%	0,0%
M21	0,0%	0,0%	0,0%
E3209L	0,0%	0,0%	0,0%

Figura 24 - Índices de Utilização e Setup para as Máquinas

Fonte: Os autores

Na M25 isso ocorreu, pois, com a priorização dos pedidos granéis, todos os pedidos do granel H-10 GRAN que antes eram produzidos nesta máquina, passaram a ser exclusivamente produzidos no tanque M16, conforme é possível observar na Figura 25, que representa um trecho do Gráfico de Gantt.



Figura 25 - Transferência da ocupação da M25 para M16

Fonte: Os autores

Na M1 isso ocorreu porque, graças à regra de priorização do granel, alguns pedidos do H-10 GRAN que antes estavam alocados no tanque M1 foram redirecionados para o tanque M16 e, com isso, houve uma redução da demanda para o tanque M1, caindo, assim, seu índice de utilização. Isso pode ser observado na Figura 26.

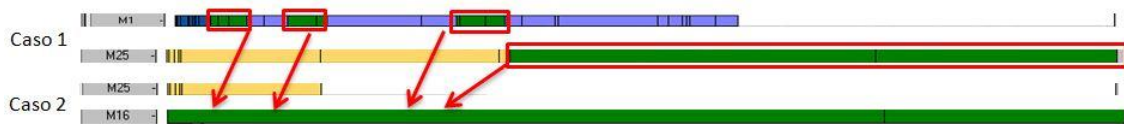


Figura 26 - Transferência da ocupação da M1 para M16

Fonte: Os autores

Por fim, na máquina E4-E-E0,5L tivemos uma redução da utilização, em virtude da movimentação no envase do SKU B2-4L da máquina E4-E-E0, 5L para a máquina E4L em virtude de esta estar disponível numa data anterior. Isso pode ser observado na Figura 27.

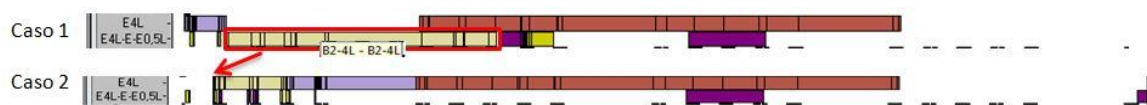


Figura 27 - Transferência da ocupação da E4L-E-E0, 5L para E4L

Fonte: Os autores

O último indicador a ser avaliado é o de estoque médio em processo. Como sabemos, o estoque é um indicador importante a ser considerado na área de operações, pois todo estoque consome recursos, não só de fabricação do produto, mas também de manutenção. Dessa forma, estoque representa todo o esforço produtivo da organização, podendo assim ser considerado como um capital empregado sem retorno imediato para o negócio. Com base nos resultados obtidos para os dois casos, observamos que, apesar do decréscimo do estoque em processo das máquinas M1, M25, e E220L, tivemos um aumento significativo dos estoques médios em processos do caso 2 em relação ao caso 1, conforme foi apresentado na Figura 20. Isso ocorre porque nas máquinas M16, E120L e E4L-E-E0, 5L houve um aumento considerável dos estoques em processo se comparado ao decréscimo dos estoques nas demais máquinas.

ESTOQUES MÉDIO EM PROCESSO (M³)				ESTOQUES MÉDIO EM PROCESSO (PALLETS)			
	Caso 1	Caso 2	Diferença	Máquina	Caso 1	Caso 2	Diferença
M1	145,8	126,1	-19,71	E1209L	2,0	2,0	0,00
M10	18,2	18,2	0,00	E120L	43,1	49,9	6,76
M15	5,9	5,9	0,00	E1L	42,0	42,5	0,54
M16	4,5	100,5	96,02	E2209L	2,0	2,0	0,00
M20	12,6	9,7	-2,93	E220L	54,8	39,0	-15,85
M21	20,3	20,3	0,00	E3209L	1,9	1,9	0,02
M22	126,9	126,9	0,00	E4L	18,7	15,1	-3,60
M25	99,2	41,2	-58,05	Granel	1,0	1,0	0,00
M3	12,7	16,0	3,30	P0,5L	1,0	1,0	0,00
M30	18,5	15,3	-3,16	P1L	1,2	1,1	-0,07
M32	40,1	40,1	0,00	P20L	1,0	1,0	0,00
M6	7,2	10,3	3,11	P4L	1,0	1,0	0,00
M8	38,2	38,2	0,00	E4L-E-E0,5L	24,5	37,2	12,70

Figura 28 - Índices de Estoque Médio em processo

Fonte: Elaboração Própria

Sabe-se que, em muitos casos, o aumento do estoque em processo pode estar associado ao aumento de filas que estão muito relacionados com a taxa de ocupação de cada máquina. Isso ocorre porque quanto maior a taxa de utilização do recurso, maior é a probabilidade de se ter filas de processamento e por tanto, maior tende a ser o estoque médio em processo. Este fenômeno pôde ser comprovado em inúmeras máquinas do nosso estudo, conforme é possível observar na Figura 29. Como exemplo, veja na Figura 29 a máquina M16, observe que o estoque médio em processo aumentou em cerca de 96 m³ e o índice de utilização da máquina aumentou de 48,7%.

ESTOQUES MÉDIO EM PROCESSO (M³)				ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO	
	Caso 1	Caso 2	Diferença	Diferença	
M1	145,8	126,1	-19,71	-17,8%	
M16	4,5	100,5	96,02	48,7%	
M25	99,2	41,2	-58,05	-76,9%	
M3	12,7	16,0	3,30	3,9%	
M6	7,2	10,3	3,11	9,0%	

ESTOQUES MÉDIO EM PROCESSO (PALLETS)				ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO	
Máquina	Caso 1	Caso 2	Diferença	Diferença	
E120L	43,1	49,9	6,76	2,5%	
E220L	54,8	39,0	-15,85	-2,5%	
E3209L	1,9	1,9	0,02	0,0%	
P1L	1,2	1,1	-0,07	-1,6%	
P20L	1,0	1,0	0,00	0,0%	

Figura 29 - Relação entre índice de utilização e índice de estoque médio em processo

Fonte: Os autores

Desse modo, buscamos mostrar com essas análises a variedade de cenários que o planejador da produção pode realizar para avaliar o plano gerado. É importante ressaltar que mesmo realizando-se uma pequena mudança do cenário 1 para o cenário 2, é possível verificar o impacto que essa mudança gera no desempenho operacional da fábrica. Com essas análises, portanto, buscou-se avaliar se o plano gerado está sendo tanto eficaz no alcance dos objetivos estratégicos do negócio, quanto eficiente operacionalmente, ou seja, do ponto da utilização dos recursos e dos custos de estoques e da ociosidade das máquinas.

6. ANÁLISE CRÍTICA DA IMPLANTAÇÃO DO SIMULADOR TRILHA NA EMPRESA ESTUDADA

A partir dos resultados obtidos com a simulação modelo e tendo em vista o contexto do PCP da empresa em estudo, algumas considerações merecem ser feitas quanto aos possíveis impactos da implantação do simulador Trilha na organização.

6.1. Benefícios proporcionados pelo uso do simulador

Levando-se em consideração o processo bastante manual e complexo de programação e sequenciamento da produção que atualmente é realizado na empresa, sem dúvidas o simulador Trilha iria contribuir para a solução de inúmeras dificuldades. Com o sistema, o programador seria capaz de avaliar de forma mais precisa as correlações entre as diversas variáveis que impactam o PCP, avaliação essa que o ser humano é incapaz de fazer devido à limitação de capacidades cognitivas, como lógica e raciocínio.

Do ponto de vista do negócio, o simulador traz flexibilidade de reprogramação, permitindo maior facilidade de adaptação da empresa a mudanças não previstas. Assim, as dificuldades envolvidas ao reprogramar solicitações urgentes, como pedidos de granel ou de clientes importantes, são minimizadas. O usuário precisa apenas colocar tais pedidos com regra de priorização "muito importante" no sequenciamento e programação e o simulador irá propor um novo plano de produção com base na prioridade que foi estabelecida, como foi realizado no capítulo anterior desse trabalho para o caso 2. Além disso, a reprogramação das atividades devido a imprevistos como falta de energia, quebra de máquina, falta de operadores e problemas de suprimentos, seria realizada rapidamente.

Um ponto que ficou evidente na simulação modelo é agilidade com que o simulador gera uma sequência detalhada de produção. Com a capacidade de processar mais de 50 pedidos por minuto, o software contribuiria para uma maior rapidez e pontualidade das operações produtivas e, conseqüentemente da entrega dos produtos. Dessa forma, além de aumentar a satisfação dos clientes, o simulador iria reduzir a necessidade de contratar fretes emergenciais, que são bastante onerosos para a empresa. Adicionalmente, pode-se dizer que uma maior eficiência do planejamento também contribui para reduzir a falta de estoques, que, por sua vez, também reduz os fretes

emergenciais e contribui para a manutenção de bons relacionamentos com os clientes, o que é fundamental para o negócio.

Com a redução significativa do tempo médio de programação, o simulador Trilha proporciona ao planejador da produção que este se dedique a maior parte do seu tempo definindo qual será o plano de produção ótimo segundo uma série de critérios relevantes para o negócio, como pontualidade, prioridade do cliente e utilização dos recursos produtivos. Fazendo um paralelo com os dois cenários simulados no capítulo anterior, o planejador precisaria optar por aumentar a pontualidade dos pedidos granel, mas acabar comprometendo os demais pedidos, ou optar por uma melhor utilização dos recursos produtivos. Trata-se de um dilema entre eficácia e eficiência, pois enquanto que o time comercial optaria por atender às metas de vendas, sobretudo se tratando de pedidos granel, a produção preferiria cumprir padrões racionais. Além disso, apesar de não ter sido contemplado nesse estudo, os cenários também poderiam ser avaliados sob uma perspectiva financeira, uma vez o simulador informa, por exemplo, o lucro econômico do plano, o retorno real sobre o investimento, a efetividade em relação à carteira de pedidos, ao acionista e ao cliente. Todas essas informações são disponibilizadas em poucos minutos e servem para nortear a tomada de decisão do planejador sob o ponto de vista operacional e também estratégico/financeiro.

Ao olhar o planejamento da produção sob uma perspectiva financeira, com a utilização do simulador seria natural observar uma significativa redução de despesas operacionais e aumento da lucratividade da empresa. Isso porque as decisões seriam tomadas buscando o melhor aproveitamento da capacidade disponível, a racionalização das despesas com horas-extras e a redução dos tempos improdutivos gastos com preparação de máquinas, por exemplo. Dessa forma, do ponto de vista do negócio, ter-se-ia como resultado uma melhor rentabilidade e um fluxo de caixa mais favorável.

A redução dos custos também seria refletida na diminuição dos estoques da fábrica. A maior e mais rápida capacidade de reação à mudança traz menor necessidade de proteção através de estoques de segurança e excesso de capacidade. Da mesma forma, menores ciclos de produção requerem menores estoques em processo para viabilizar o fluxo. Nota-se, porém, que essas reduções só se tornarão efetivas se os parâmetros do sistema de planejamento de materiais já cadastrados no ERP vierem a ser ajustados de acordo com a nova situação.

Além de benefícios claros do ponto de vista do negócio, como maior pontualidade e menores tempos de produção, o simulador também proporciona benefícios do ponto de vista do processo de planejamento. Com o uso do software tem-se, por exemplo, uma formalização e uma padronização dos métodos de PCP. Pode-se dizer que o processo manual e baseado em planilhas de programação e sequenciamento da produção depende muito das experiências e do conhecimento tácito do programador, o que torna as atividades bastante restritas ao indivíduo e de difícil compartilhamento. O uso do simulador faz com que um padrão de atividades precise ser seguido pelo usuário, o que torna o conhecimento mais explícito, facilitando o treinamento de novos programadores e o desenvolvimento e atualização das equipes.

A automação de processos, além de aumentar a agilidade e confiabilidade das atividades, libera tempo das pessoas envolvidas, de modo que elas conseguem se dedicar mais ao trabalho criativo, ajudando a criar soluções e a tomar decisões para o negócio. Nesse sentido, o uso do simulador Trilha contribui também para liberar tempo dos supervisores para a melhoria do processo. Como mencionado, com o software o programador gasta menos tempo elaborando sequências de produção e, dessa forma, ele pode desempenhar atividades mais estratégicas, como simular e avaliar comparativamente os custos e benefícios das possíveis soluções. Nos casos simulados no capítulo 5, o programador teria em mãos os insumos necessários para avaliar a alternativa a melhor segundo as prioridades do negócio, sem a necessidade de envolver o supervisor para a tomada de decisão. Além disso, o programador teria mais tempo disponível para identificar inconsistências e melhorar continuamente o processo que está sob sua responsabilidade, atividade que antes poderia ser considerada exclusiva dos supervisores.

Por fim, pode-se dizer que a implantação de um sistema de programação da produção não é benéfica apenas para a empresa, mas também para os funcionários que irão utilizar o sistema. Ao adquirirem a capacitação para operar o sistema, eles têm a possibilidade de se desenvolverem pessoalmente e adquirir novas habilidades e competências relacionadas ao planejamento da produção, o que contribui para a sua empregabilidade.

6.2. Pontos de atenção relacionados à implantação do simulador

Apesar dos benefícios citados no item anterior, é natural, porém, que a implantação do simulador envolva grandes mudanças organizacionais, como possíveis alterações na estrutura organizacional e implantação de novos procedimentos e métodos (CORRÊA e PEDROSO, 1996). Nesse contexto, a empresa pode enfrentar certa resistência dos funcionários às mudanças, sobretudo se a implantação do sistema for interpretada de forma negativa como uma forma de substituir o trabalho do planejador. Assim, a empresa precisa estar preparada para lidar com essas situações e deve deixar sempre claros os benefícios do simulador e, sobretudo, que a ferramenta não irá trazer demissões na organização, uma vez que a atuação do programador continuará fundamental e necessária para o processo de tomada de decisão.

Além da resistência dos funcionários, outro ponto que pode ser visto como negativo é a necessidade de mover consideráveis recursos financeiros para o projeto de implantação do simulador. Para PEDROSO E CORRÊA (2006), fazem-se necessários investimentos em software, que diz respeito ao aplicativo propriamente dito, em hardware, que abrange os equipamentos necessários à gestão do sistema, e em treinamentos, que estão relacionados à capacitação dos recursos humanos para a gestão da nova tecnologia. Recursos também são necessários para a manutenção do sistema e atualização do software e do hardware. Além de recursos financeiros, o projeto também exige uma equipe totalmente dedicada à implantação do simulador, formada por pessoas que têm profundo conhecimento sobre as operações. Dessa forma, serão alguns meses em que essas pessoas estarão cuidando da modelagem e dos testes da ferramenta, e em paralelo, o processo manual de planejamento da produção deverá ocorrer normalmente. Assim, deve-se avaliar a necessidade de contratar pessoal extra, de modo que os programadores não fiquem sobrecarregados durante o projeto e acabe resultando em atrasos e outros ruídos na produção.

Vale destacar que em nossa experiência com este projeto pudemos vivenciar inúmeras dificuldades que seriam vivenciadas em um projeto real de implantação do simulador. Ficou claro que é preciso dedicar bastante atenção à qualidade dos dados entrada, pois até eles ficarem completamente corretos, foram necessários muitos ajustes e testes. Isso fez com que o processo de simulação levasse mais tempo que o esperado, mesmo se tratando de uma simplificação da realidade. De início, foi preciso entender o formato de preenchimento de todos os dados necessários para a simulação. Em um

primeiro estágio, acreditamos que toda a modelagem era para ser feita numa mesma unidade de medida para todos os processos produtivos. Com isso, modelamos os lotes e taxas de produção segundo a unidade de volume utilizada nos tanques, ou seja, m^3 e m^3/h , respectivamente. Entretanto, quando se validou os dados junto com a equipe técnica da Trilha foi observado que, na verdade, não era necessário que todos os dados estivessem em m^3 , mas sim que os dados respeitassem as unidades de medida de cada estágio de processo, ou seja, para mistura seria m^3 , para envase seria garrafa e para paletagem seria pallet. Diante disso, para que toda a modelagem fizesse sentido real, foi preciso rever todas as unidades *inputadas* e também as relações de componência entre os itens de matéria-prima, produtos semiacabados e acabados. Após esta etapa, verificou-se que havia algumas inconsistências no formato de preenchimento dos dados, principalmente no tocante à nomenclatura utilizada. Como exemplo, temos a tabela de setup, onde havíamos escrito o centro de envase das garrafas de 4L e 0,5L como E 0,5L e E 4L, e este formato não estava coerente com o que havíamos cadastrado na tabela de máquinas: E-0,5L e E-4L. Essa inconsistência no padrão de input dos dados estava levando a simulação a desconsiderar os setups desta máquina – fato que para uma aplicação prática, não poderia ser aceitável. Após o ajuste de toda a base de dados, foi identificado que a interface de execução da simulação não estava considerando os lotes e todas as regras de setup necessárias, fato que tornava o plano de produção gerado totalmente inviável e pouco aderente à realidade da empresa. Para solução deste problema, foi preciso entrar em contato com a equipe técnica da Trilha e explicá-los do problema e quais eram os possíveis impactos para o projeto. Diante disso, foram realizados alguns testes com a base de dados e ajustes foram necessários na interface de simulação a fim que chegássemos a um resultado factível.

Dessa forma, conseguimos visualizar na prática com este projeto, a real necessidade de se ter o efetivo suporte da parte provedora da tecnologia e também da necessidade de coordenação entre as partes usuárias do sistema e dos provedores da solução para que o projeto tenha sucesso.

6.3. Adaptações necessárias ao software e à empresa

Mesmo existindo pontos de atenção que devem ser considerados pelos gerentes, são inúmeros os benefícios proporcionados pelo uso do simulador para a programação da produção, tanto do ponto de vista do negócio, como do ponto de vista do planejamento. Entretanto, para que todos esses benefícios sejam realmente observados é

muito importante que exista um ajuste fino entre a ferramenta e os processos produtivos da organização. Nesse sentido, alguns aspectos atuais da empresa em estudo precisariam ser adaptados para a implantação do software Trilha.

Primeiramente, é necessário haver uma padronização dos processos realizados no chão de fábrica. Justamente pelo fato de as atividades hoje realizadas envolverem muito conhecimento tácito e intuição, determinados fluxos de informação não são claros e não existe a formalização de alguns procedimentos. Dessa forma, seria preciso que os processos relacionados ao planejamento da produção fossem mapeados e que determinado tempos de operação fossem medidos de modo que as informações estejam explícitas o suficiente para serem transferidas para o simulador.

Outro aspecto da empresa que precisaria se adaptar com a implantação do simulador está relacionado à cultura da área de planejamento. O planejador que hoje está focado principalmente em gerar soluções passará a analisar as soluções propostas pelo simulador. Será, portanto, uma mudança de mentalidade e de rotina de trabalho do funcionário. Além disso, não é cultura da área de PCP fazer análises financeiras dos resultados da programação e, com o simulador, a perspectiva financeira será um grande diferencial e, portanto, não deverá ser negligenciada pelos planejadores.

Do ponto de vista da ferramenta, algumas adaptações também seriam necessárias, sobretudo porque o simulador Trilha utilizado nesse trabalho se trata de uma versão simplificada. Dessa forma, ele precisaria passar por algumas modificações nas quais seriam desenvolvidas funcionalidades específicas, de acordo com as características da empresa.

Avaliando-se, especificamente a versão utilizada pelos autores para fins acadêmicos, observou-se que, em linhas gerais, a versão não foi capaz de contemplar os seguintes parâmetros da realidade da empresa:

- A ligação entre os tanques de armazenagem e de mistura localizados nos diferentes pátios da planta. Como já mencionado em capítulos anteriores, quando uma flauta está alimentando um tanque de mistura, os outros tanques não podem ser alimentados por essa mesma flauta. Além disso, não é possível puxar óleo básico de um tanque de armazenagem para mais de um tanque de mistura ao mesmo tempo;

- A carteira de pedidos não é necessariamente avaliada considerando-se somente os parâmetros de data de entrega, quantidade e qual o produto. Normalmente, cada pedido da carteira está relacionado a um cliente específico, no entanto, a versão utilizada pelos autores não ofereceu essa alternativa de preenchimento;
- Não foram considerados todos os tamanhos de lotes reais em virtude do incremento de complexidade e tempo de simulação. Logo, acredita-se que o simulador deveria se adaptar a todas as regras, sem que o tempo de simulação aumente significativamente.

Cabe reconhecer que além de adaptações necessárias à empresa e ao simulador, para uma real implantação do software seria necessário realizar alguns ajustes na modelagem desse estudo para que ela contemplasse todos os detalhes das operações produtivas. Como já mencionado, os autores optaram por realizar algumas simplificações, uma vez que o estudo tem fins puramente acadêmicos. Como exemplo temos a consideração dos estoques de matéria como ilimitadas e, por consequência, o *leadtime* de ressuprimento como zero. Sabe-se, no entanto, que as matérias-primas não são ilimitadas e os *leadtimes* não são zero. Dessa forma, para aplicabilidade prática, a modelagem deveria comportar os estoques de matérias primas e também os *leadtimes* de ressuprimento de cada material.

7. PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO SIMULADOR NA EMPRESA

Para PEDROSO e CORRÊA (1996), o resultado da implantação de um simulador para programação da produção em uma organização está intimamente relacionado a três fatores fundamentais:

- Adequação atual e futura deste sistema ao ambiente da empresa;
- Escolha de um sistema que atenda às necessidades e particularidades da empresa;
- Método de implantação do software na empresa.

Com relação ao terceiro ponto citado, é normal que as empresas enfrentem dificuldades durante a implantação e uso de um novo tipo de tecnologia de gestão. Os dados iniciais costumam estar imprecisos, desatualizados e em certos casos até indisponíveis. Como já mencionado, algumas dificuldades, inclusive, foram vivenciadas durante a simulação-modelo descrita nesse trabalho. Tendo em vista que o simulador foi utilizado em uma proporção muito menor que se comparado a um caso real de implantação, foi possível ter uma ideia dos possíveis desafios que podem ser enfrentados durante o projeto.

É necessário ter atenção especial aos fatores humanos envolvidos na introdução de inovações e mudanças no ambiente de trabalho. A integração e comunicação entre sistemas e pessoas não raro são falhas, por isso, não basta apenas implantar um novo sistema, é indispensável contar com a adesão dos funcionários que serão afetados. Nesse sentido, para garantir o sucesso do projeto de implantação é fundamental estruturar um método de trabalho cuidadoso e abrangente para implantação do simulador, que tenha em estreita colaboração entre a parte provedora da tecnologia e equipe usuária da empresa cliente.

O método de trabalho aplicado pela empresa Trilha da Inovação consiste em formar uma equipe de projeto que será composta por membros da empresa cliente e da consultoria que juntos configuram, ajustam e desenvolvem uma solução específica para a realidade da empresa. A equipe da empresa cliente é formada por:

1. COMITÊ EXECUTIVO:

- **Patrocinador interno do projeto:** gerente de alto nível; interlocutor solicitado em reuniões periódicas de avaliação quanto ao andamento do trabalho.
- **Gerente do projeto:** interlocutor prioritário para a comunicação regular e TRILHA-INT, responsável por encaminhar e acompanhar no âmbito da empresa cliente o desenvolvimento de metas intermediárias no desenvolvimento do projeto.
- **Usuário principal:** responsável pela programação da produção;
- **Usuário auxiliar:** usuário secundário do sistema, treinado para eventual apoio na preparação de dados e para cobrir eventuais ausências do usuário principal;
- **Integrador de Tecnologia de Informação:** representante da TI a quem caberá providenciar a extração dos dados relativos à carteira de pedidos; lista de materiais e de engenharia; dados de apontamentos.

2. CONSULTORES

- **Consultores da Produção:** encarregados ou líderes de produção a quem caberá verificar quão adequadas à situação real de produção estão as sequências de produção sugeridas pelo computador.
- **Consultores da Engenharia:** representante da Engenharia para esclarecimento de eventuais dúvidas quanto a tempos-padrão de produção e alternativas de processamento.
- **Consultores de Compras:** eventualmente envolvidos, de acordo com a necessidade do projeto;
- **Consultores de Vendas:** eventualmente envolvidos, de acordo com a necessidade do projeto.

A equipe da empresa Trilha é formada por:

1. COMITÊ EXECUTIVO

- **Gerente do projeto:** a quem caberá a especificação do produto, a liderança do desenvolvimento; o agendamento e a organização das conferências

telefônicas regulares com o PATROCINADOR e GERENTE do projeto na empresa para acompanhamento do projeto e estabelecimento de metas durante todo o desenvolvimento do produto.

- **Integrador de Tecnologia de Informação:** a quem caberá providenciar a importação para o simulador dos dados disponibilizados relativos à carteira de pedidos; lista de materiais e de engenharia; dados de apontamentos e etc.

2. CONSULTORES

- **Consultores de desenvolvimento de interfaces:** responsáveis pelo desenvolvimento das interfaces de entrada e relatórios de saída.
- **Consultores de desenvolvimento de algoritmos:** responsáveis pelo desenvolvimento dos algoritmos de simulação discreta.
- **Consultores de implantação final:** que acompanharão o processo de especificação e implantação e uso efetivo do produto na EMPRESA TÍPICA treinando, assessorando e acompanhando os usuários até o uso pleno e efetivo do sistema.

Além dos profissionais citados anteriormente, pode haver o envolvimento de facilitadores, tanto da empresa cliente como da Trilha da Inovação durante o projeto de implantação do simulador. É fundamental que durante o projeto haja o comprometimento da alta administração e a participação das pessoas corretas durante todas as fases.

Com relação ao desenvolvimento do simulador em si, reconhecendo a complexidade do projeto de desenvolvimento, a empresa Trilha da Inovação trabalha com o método de prototipagem. Após o levantamento dos dados relativos à operação produtiva do cliente, a empresa desenvolve um protótipo que será testado e validado antes de o simulador se tornar concreto. Uma vez implantado o sistema, pode haver a necessidade de se realizar ajustes finos via ciclos de melhoria. Para a realização do projeto de desenvolvimento e implantação do simulador proposto pela Trilha são necessárias ao menos cinco visitas técnicas ao cliente, a saber:

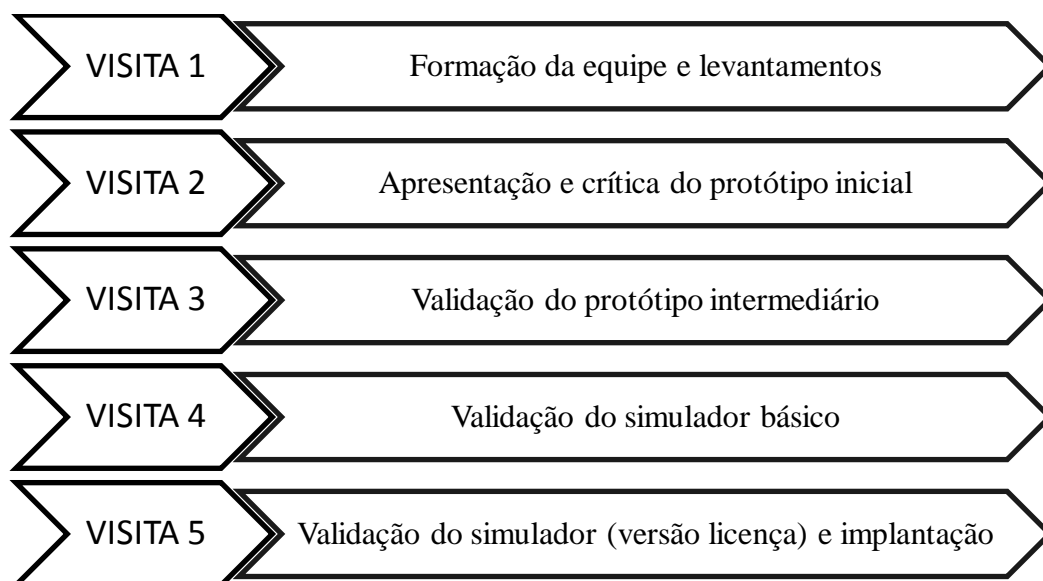


Figura 30 - Projeto de implantação do simulador
Fonte: Os autores

Cada visita técnica costuma ser realizada em um mês, portanto, a duração do projeto é de no mínimo cinco meses. Durante a primeira visita para levantamentos de dados, é realizada uma análise criteriosa das práticas e instrumentos em uso no cliente e são identificadas as expectativas quanto à introdução de tecnologias inovadoras. Uma vez levantados os requisitos técnicos necessários para a ferramenta, tem-se as etapas de desenvolvimento e validação do simulador. Após a implantação do simulador, é importante avaliar a necessidade de conduzir treinamentos conceituais e práticos junto aos usuários.

O projeto de implantação do simulador pode ser considerado concluído quando as sequências de produção emitidas forem consideradas corretas pela equipe de planejamento e produção da empresa e passíveis de serem utilizadas para o acionamento da produção. Além disso, o fluxo de informações entre os sistemas corporativos e o simulador deve ter sido estabilizado e o programador da produção deve ter sido treinado para o uso regular da ferramenta.

É natural que a complexidade dos projetos de implantação de simuladores varie de acordo com as características de cada ambiente produtivo. Dessa forma, o método apresentado é suficientemente flexível para permitir a adequada distribuição de tarefas e de responsabilidades entre as equipes da Trilha e do cliente. Além disso, é recomendável o uso de técnicas de gerenciamento projetos, como dimensionamento dos recursos, cronograma, métodos de controle e, eventualmente, a reprogramação das fases de implantação.

Cabe destacar que o licenciamento para uso do simulador Trilha é válido por 12 meses a contar do primeiro dia útil após a quinta visita técnica, quando o simulador é entregue. Durante os 12 meses seguintes - além da licença de uso em si, a empresa oferece gratuitamente o atendimento para qualquer solicitação ou consulta feita por e-mail, fax ou telefone. Um esforço de até 20 horas de programação por mês para ajustes ou melhorias do sistema está previsto para este atendimento. Alterações que requeiram mais tempos de programação são consideradas novos desenvolvimentos e devem ser negociadas caso a caso com orçamento e condições de pagamentos específicos. Após esse período, desejando a empresa manter o uso regular do sistema em suas instalações, será necessário realizar um pagamento pela renovação da licença anual.

8. SÍNTESE CONCLUSIVA

Para COSTA e JARDIM (2010), vivemos em um mundo em que as decisões têm se tornado muito velozes e para atender a mercados exigentes e competitivos, é fundamental que os sistemas tratem hoje de uma variedade cada vez maior de produtos e serviços. Além disso, a competição em mercados globais impõe a necessidade de ganhos de escala e volumes de produção mais elevados. Para conjugar volume e variedade simultaneamente, as empresas precisam se valer de uma diversidade de fontes de recursos e parceiros, o que resulta em um inevitável incremento na variabilidade da operação. Dessa forma, a complexidade das operações de produção tem se tornado significativamente maior do que estávamos acostumados. Diante desse contexto, este estudo buscou entender quais são os principais benefícios advindos da implantação de um simulador como ferramenta de apoio à tomada de decisão no que tange ao planejamento, à programação e ao sequenciamento da produção. Para tal, uma empresa-problema foi encontrada e as análises foram desenvolvidas com base nas características operacionais do sistema de produção dessa empresa.

Segundo CORRÊA e CORRÊA (2006), a atividade realizada no chão de fábrica necessita estar perfeitamente alinhada aos objetivos e metas definidos pela alta gerência. Para que essa integração ocorra de forma ideal, são necessários sistemas de informação capazes de prover a comunicação entre os níveis estratégico, tático e operacional, visando uma perfeita execução das tarefas operacionais de curto prazo. Diante desse entendimento, podemos dizer que a organização escolhida pode ser considerada uma empresa-problema porque ela vivencia um paradoxo corporativo: enquanto altos investimentos são realizados no sistema integrado de gestão, as funcionalidades desse sistema ainda são pouco exploradas no chão de fábrica. No que tange aos processos de planejamento, programação e sequenciamento da produção, apesar da complexidade inerente às atividades envolvidas, tais processos são hoje realizados com quase nenhum auxílio de ferramentas computacionais avançadas. As decisões de quanto produzir, quando e com quais equipamentos são tomadas com base em análises realizadas em planilhas de Excel e há forte dependência da experiência do planejador. Tal dependência fica ainda mais evidente pelo o fato de que algumas variáveis consideradas no processo não possuem relações claras entre si, como é o caso da capacidade do tanque e do prazo de entrega, e, dessa forma, considerar tais variáveis requer

experiência sobre o processo. A ocorrência de imprevistos que param a produção e a existência de regras de prioridade acentuam a complexidade dos processos devido à necessidade constante de reprogramações, que por serem muito manuais, demandam um tempo considerável para serem realizadas. O planejador da produção deve entender em detalhes as características dos produtos, pois precisa saber quais lubrificantes competem por um mesmo tanque e também se a viscosidade dos óleos permite que a produção seja realizada em sequência. Além disso, o planejador precisa ter profundos conhecimentos sobre aspectos técnicos da fábrica, como capacidade dos equipamentos, comunicação entre as linhas e tempo de setup. Devido ao fato de o ser humano possuir uma limitada capacidade de raciocínio, algumas variáveis são inviáveis de serem consideradas no processo de tomada de decisão.

Existem no mercado inúmeras soluções tecnológicas para minimizar a complexidade das atividades de sequenciar e programar a produção. O foco desse trabalho foi os simuladores de programação da produção com capacidade finita. Para Klippel et al (2005), pelo caráter sistêmico desta ferramenta, um maior número de variáveis, cenários, produtos e recursos podem ser visualizados simultaneamente. O simulador também proporciona a visualização antecipada de problemas, como falta de matérias-primas, excesso de estoques, folgas nas linhas e atrasos na produção. Nesse sentido, a empresa, ao fazer uso dessa ferramenta poderia prevenir “incêndios” no chão de fábrica, ao invés de apagá-los.

Além de ser uma solução que atua na previsibilidade de falhas, uma vez detectado o problema, a ferramenta tem a capacidade de gerar rapidamente roteiros alternativos de produção. Dessa forma, tanto o planejador como seu supervisor têm mais tempo disponível para pensar em melhorias nos processos. Além disso, uma maior rapidez na execução das atividades tem estreita ligação com a pontualidade das entregas e, conseqüentemente com a satisfação dos clientes. Cabe destacar que a flexibilidade de fazer reprogramações em minutos é uma grande vantagem competitiva no mundo incerto em que vivemos hoje.

O simulador também possibilita realizar análises dos impactos operacionais e financeiros relacionados às decisões do dia-a-dia. Assim, cabe à empresa decidir se irá priorizar o plano de produção que traz maiores ganhos financeiros, por exemplo, ou aquele que tem o maior índice de pontualidade de entrega para os clientes, reduzindo, com isso, a necessidade de contratação de fretes emergenciais. Mais ainda, o uso do

simulador contribui para minimizar os estoques da fábrica, uma vez que elimina a obrigação de produzir antecipadamente por segurança. Esse ponto é muito importante para a empresa em estudo, que tem pouco espaço para armazenagem de produtos acabados e por vezes tem seu ritmo de produção reduzido por causa dessa limitação.

O uso de um software para gerar planos de produção também permite que todos os funcionários da área de planejamento, desde o gerente até o operador, compartilhem da mesma visão global do negócio. Nesse sentido, o simulador tem a capacidade de integrar diversos processos, como o de planejamento da produção e o de planejamento dos materiais, que hoje são isolados na empresa em estudo. Além disso, com o uso do software, os conhecimentos tornam-se menos tácitos e mais explícitos devido à formalização e padronização dos métodos e procedimentos de programação.

Fazendo um paralelo com o diagnóstico operacional proposto por COSTA e JARDIM (2010), podemos dizer que a utilização de um software de programação da produção auxilia a tomada de decisão no chão de fábrica contemplando as cinco perspectivas fundamentais. Em primeiro lugar, ao indicar o quanto o sistema aproveitou da oportunidade de demanda, o simulador fornece recursos para escolha da alternativa com maior eficácia. Adicionalmente, ao indicar o quanto o sistema aproveitou dos ativos instalados na fábrica, o planejador pode optar pela alternativa mais eficiente. Ao fornecer indicadores de pontualidade e financeiros, o software permite ter uma visão da satisfação proporcionada pelo sistema junto aos clientes, acionistas, colaboradores e demais *stakeholders*, contribuindo, assim, para a qualidade das decisões. A quarta dimensão do diagnóstico operacional está relacionada à relação custo-benefício entre os esforços feitos e os resultados gerados, que é traduzida pelo indicador de produtividade, que pode ser considerado o resumo do sucesso da gestão. Por fim, pode-se dizer que a ferramenta permite verificar se o sistema está cumprindo a missão para o qual foi criado, e, portanto se está garantindo a satisfação de todos os *stakeholders* numa avaliação retrospectiva e de mais longo prazo.

Apesar das inúmeras vantagens proporcionadas pelo uso do simulador, a implantação desse software pode ser considerada uma decisão bastante estratégica para a empresa. Além de envolver pesados recursos, tanto financeiros, como de pessoas, essa decisão tem efeitos significativos e duradouros no futuro. Trata-se, portanto, de um comprometimento e, para GHEMAWAT e PISANO (2006), todo comprometimento caracteriza-se por certa irreversibilidade. Nesse sentido, muitos fatores devem ser

considerados antes de tomar a decisão de implantar um sistema de programação da produção, pois ela afeta não somente as operações em andamento, mas também o ambiente no qual as decisões futuras serão tomadas.

Primeiramente a empresa deve avaliar a real necessidade de implantar um simulador tendo em vista as características do seu sistema produtivo. É preciso entender quais são as restrições internas, como nível de investimento disponível e as especificações de hardware e de software previamente adotadas pela empresa, assim como o grau de complexidade da operação. Se esse grau for elevado, cabe decidir se o sistema deve ser realmente implantado para gerenciar a complexidade ou se a operação pode ser simplificada. Além disso, todas as soluções alternativas ao simulador devem ser levantadas de modo que a empresa encontre aquela que seja mais simples e tenha o melhor custo-benefício. Muitas empresas, inclusive podem optar por soluções internas, como fazer um melhor uso das funcionalidades do seu ERP. Apesar de um simulador de programação da produção ter vantagens frente aos sistemas integrados de gestão, como maior flexibilidade no uso, podem existir casos em que o ERP, por facilitar a gestão das operações, seja suficiente para resolver o problema da empresa. No presente estudo, focamos apenas no uso de um sistema de programação da produção com capacidade finita como solução para gerenciar a complexidade do sistema produtivo da empresa-problema.

Uma vez decidido que o simulador é a melhor opção para a empresa, é importante analisar criteriosamente os inúmeros modelos de simuladores existentes no mercado e escolher aquele que melhor se adéqua ao ambiente da organização tanto no presente como no futuro. Isso significa estar alinhado à política de planejamento da produção, apoiar as decisões necessárias e, sobretudo, atender às particularidades relevantes da empresa. Também é preciso levar em consideração o grau de capacitação e confiabilidade do fornecedor do software, uma vez que manutenções e ajustes finos da ferramenta devem ser necessários no futuro. Neste estudo, dois modelos de simuladores foram avaliados e constatou-se que ambos poderiam trazer benefícios para a empresa. Enquanto o modelo Preactor aparenta ser uma solução mais robusta, como mais funcionalidades, o simulador Trilha tende a ser uma ferramenta mais simples, que foca em análises financeiras e possui alto grau de customização.

Outro ponto que deve ser levado em consideração é o método de implantação do software na empresa. É muito importante contar com o apoio dos funcionários que serão

afetados pelo uso da ferramenta. A alta gestão deve deixar claro que o simulador irá auxiliar a tomada de decisão e em momento algum irá substituir o programador. Deve-se ter em mente também que a simples implantação do software não irá resolver todos os problemas da empresa da noite para o dia. Para que a ferramenta esteja completamente aderente à realidade da empresa, muitos ajustes e testes podem ser necessários. Não se trata, portanto, de um projeto simples e rápido, haja vista as dificuldades enfrentadas na simulação modelo do presente trabalho. Adicionalmente, a confiabilidade e o formato das informações importadas impactam diretamente os resultados gerados e, portanto, a qualidade das decisões.

Em suma, como qualquer decisão de aplicar a tecnologia de informação nos processos de uma empresa, a implantação de um sistema de programação da produção altera o funcionamento da organização e, por isso, os níveis de investimentos e esforços organizacionais exigidos devem ser previamente avaliados. Não há dúvidas, porém, que a geração mais rápida de planos de produção confiáveis, que aproveitam melhor os recursos produtivos, contribui para potencializar o desempenho da empresa. Além disso, o uso do simulador contribui para que os objetivos estratégicos sejam desdobrados consistentemente até a operação, assegurando que os recursos de produção sejam planejados para desenvolver um plano eficiente e eficaz, de maneira a suportar as metas do negócio.

Na medida em que o uso do simulador potencializa a eficiência e eficácia das atividades de planejamento da produção, impactos positivos podem ser observados na estratégia competitiva da empresa. No mundo de hoje, em que é fundamental que as organizações desenvolvam capacidades para melhorar o desempenho das suas operações e sustentar a sua posição no mercado, a implantação de um simulador como ferramenta de apoio à tomada de decisão é uma grande fonte de vantagem competitiva, sobretudo em sistemas produtivos dinâmicos e complexos que exigem decisões rápidas, seguras e competentes.

9. DESDOBRAMENTOS DO TRABALHO E PROPOSTAS DE NOVAS PESQUISAS

Uma vez finalizado o presente estudo, cabe reconhecer que o projeto desenvolvido possui algumas limitações quanto ao conteúdo exposto, tais como:

- Utilização parcial do portfólio de produtos da empresa para a simulação;
- Não utilização da análise econômico-financeira do plano de produção, que pode ser considerada o principal diferencial competitivo do simulador Trilha;
- Não foi realizada uma análise para compreender de que forma o *gap* entre o ERP e o chão de fábrica poderia ser reduzido.

Diante dessas limitações, gostaríamos de sugerir alguns desdobramentos e propostas para pesquisas e projetos futuros. A primeira proposta está relacionada aos dados utilizados para a simulação. De modo a simplificar o trabalho, realizamos a modelagem do processo produtivo com apenas 24 SKUs, os quais representam 13,7% do total de SKUs comercializados pela empresa. Apesar de os produtos considerados representarem aproximadamente metade do volume de vendas, ainda há 86,3% de SKUs a serem considerados para a realização do PCP. Desse modo, sugerimos que em novas pesquisas a modelagem seja expandida para todos os demais SKUs.

Outra proposta de desdobramento está relacionada ao fato de que neste projeto o simulador Trilha não foi utilizado em todo seu potencial, haja vista que não realizamos uma discussão a respeito do plano de produção sob a ótica financeira. Isso ocorreu devido à dificuldade de se obter o custo real de operação de cada etapa do processo produtivo, máquina a máquina. Para que a análise financeira seja possível acreditamos que é preciso realizar um estudo de custeio denominado *Activity Based Costing* (ABC) para todos os processos produtivos da fábrica, de modo que seja possível avaliar o custo real de produção do produto em cada etapa e operação. Dessa forma, teríamos os dois indicadores necessários para avaliar o plano de produção sob a ótica da rentabilidade do negócio: o custo de produção e o preço médio para cada SKU. Este último pode ser mais facilmente obtido com o time comercial.

Para que seja aplicado o método de custeio ABC, porém, seria necessário que a organização tivesse todos seus processos produtivos bem mapeados, o que não faz parte da realidade atual da empresa, pois, como foi constatado em nossas entrevistas, há divergências entre as áreas quanto à forma de realizar determinados processos. Diante

desse contexto, sugerimos que seja realizado um estudo de todos os processos produtivos da fábrica por meio da modelagem de engenharia de processos de negócio, utilizando-se de linguagens como BPMN¹¹ ou EPC¹².

Como destacado, outra limitação desse trabalho foi não ter analisado de que forma o ERP da empresa poderia contribuir mais significativamente para a tomada de decisão no planejamento da produção. O objetivo do estudo foi analisar o uso do simulador e não foi o foco investigar mais a fundo porque as funcionalidades do ERP são pouco exploradas no chão de fábrica. Essa investigação seria uma proposta de trabalho futuro que poderia, inclusive, ajudar a compreender alguns aspectos do sistema produtivo da organização relacionados a possíveis desafios para o uso do simulador.

Por fim, por meio das nossas entrevistas, os funcionários alegaram que para determinados equipamentos muito tempo realmente é gasto com troca de ferramentas e componentes necessários para o processamento de um novo produto. Dessa forma, propomos um estudo sobre possíveis formas de redução do tempo de setup na fábrica. Sugere-se que seja utilizado o método SMED¹³ que se refere a uma série de princípios para realizar trocas de ferramentas em tempos inferiores a 10 minutos. Segundo Shingeo, o princípio básico dessa metodologia é de transferir tudo o que é setup interno (constituído pelas operações que somente podem ser executadas com a máquina parada) para setup externo (constituído pelas operações que podem ser feitas com a máquina ainda em funcionamento com o molde antigo ou já em funcionamento).

Acreditamos, enfim, que são inúmeras as possibilidades de estudos que podem ser realizados na fábrica com o objetivo de melhorar os indicadores de desempenho e a gestão das operações. É possível, por exemplo, realizar estudos de layout do chão de fábrica e análises de tempos e movimentos dos operadores, dentre outros trabalhos relacionados aos campos de atuação da Engenharia de Produção.

¹¹ BPMN = *Business Process Modeling*. O Business Process Modeling Notation é um padrão para modelagem de processos de negócios e fornece uma notação gráfica para a especificação de processos de negócios em um Business Process Diagram (BPD), ou Diagrama de Processos de Negócio, baseado em uma técnica de fluxograma muito semelhante ao de diagramas de atividades da Unified Modeling Language (UML).

¹² EPC = *Event Driven Process Chain*. O EPC é um padrão de modelagem de processos de negócio que se utiliza de um conjunto de "objetos" com funções específicas para mapear e melhorar os processos de uma organização. Foi desenvolvido pelo Scheer e atualmente o programa mais utilizado no mercado para este tipo de modelagem é o Aris.

¹³ SMED = *Single minute Exchange of Die*

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliograficas referenciadas ao longo do texto:

CORRÊA, H.L, CORRÊA, C.A, Administração de produção e operações, 2º Ed. São Paulo, Atlas, 2006.

CORREA, L. H., PEDROSO, M. C., 1996, “Sistemas de programação da produção com Capacidade finita: uma decisão estratégica?”, Revista de Administração de Empresas FGV SP, v. 36 n. 4, pp 1-19. Disponível em: http://www.correa.com.br/biblioteca/artigos/A19_RAE_FGV_sistemas_de_programacao_da_producao.pdf - Acesso em 01/10/2012.

GHEMAWAT, P. PISANO, G., 2006. Sustentando o Desempenho Superior: comprometer e capacidades. In Mintzberg, H. et al. O processo da estratégia: conceitos, contextos e casos selecionados, 4º ed, 101-104, Porto Alegre, Bookman.

HAYES, R., PISANO, G., UPTON, D., WHEELWRIGHT, S. Produção, Estratégia e Tecnologia: em busca da vantagem competitiva. 2ª ed. Porto Alegre, Bookman, 2008.

KLIPPEL, M., JUNIOR, J.A., PAIVA, E.L. “Estratégia de produção em empresas com linhas de produtos diferenciadas: um estudo de caso em uma empresa rodoferroviária.” Revista Gestão & Produção, v.12, n.3, p.417-428, 2005.

HARBACHE, J. A., 2012, Mapeamento dos problemas e propostas de solução para um estaleiro na construção e montagem de embarcações e o de um simulador para a criação de cenários e auxílio da produção na tomada de decisão, B.Sc, Escola Politécnica - UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

NUNES, R. H., SOARES, L.S, 2010, Análise crítica do uso do ERP em uma indústria petroquímica, Tese de B.Sc, Escola Politécnica - UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

PAVANELLO, J.E., O uso de simulação computacional para programação e acionamento de fábrica em processo de fundição: um Estudo de caso, Tese de B.Sc, Centro de Ciências Tecnológicas - UDESC, Joinville, SC, Brasil, 2006. - Disponível

em:http://www.joinville.udesc.br/portal/departamentos/deps/arquivos/tcc/2006_2_tcc09.pdf - Acesso em 01/10/2012.

SHINGO,S. A revolution in manufacturing: The SMED system. Cambridge: Productivity Press, 1985.

SLACK, N., CHAMBERS, S, JOHNSTON, R, Administração da Produção. 3º Edição, São Paulo, Atlas, 2009.

Bibliograficas não referenciadas ao longo do texto:

CARVALHO, A.R., 2005. Gestão Estratégica de Curto Prazo: Origens, Tecnologia e Implantação. Tese de M.Sc. PUC, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em: http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/7075/7075_1.PDF - Acesso em 01/10/2012.

CAULLIRAUX, H., Planejamento e Controle da Produção II, 2º semestre de 2012. Notas de Aula.

COSTA R.S. e JARDIM E.G.M. - As cinco principais dimensões do diagnóstico operacional, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.trilhaprojetos.com.br>> - Acesso em 01/10/2012.

CUNHA, E.,JARDIM, E., Planejamento e Controle da Produção I, 1º semestre de 2012. Notas de Aula.

NUNES, D. M., MELO, P.A., NIGRO, I.S., “Planejamento, programação e controle da produção: o uso da simulação do Preactor em uma indústria de alimentos”. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção: A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão, Salvador, BA, Brasil, Outubro 2009. - Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_616_12552.pdf - Acesso em 01/10/2012.

Sites:

<http://www.linter.com.br/products/pcp> - Acesso em Outubro/2012

<http://www.ppi-multitask.com.br/?gclid=CLXhtKyG4bICFQsGnQodaRcAbA> - Acesso em Outubro/2012

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X1994000300003&script=sci_arttext -
Acesso em Outubro/2012

http://www.straight.com.br/artigos/a_gestao01.htm- **Acesso em Outubro/2012**

<http://www.tecmaran.com.br> - **Acesso em Março/2013**

<http://pt.wikipedia.org> - **Acesso em Novembro/2012**

<http://www.lubrificantes.net/ole-002.htm> - **Acesso em Novembro/2012**

<http://www.preactor.com/> - **Acesso em Março/2013**

<http://www.accera.com.br/tecnologia/preactor-aps> - **Acesso em Abril/2013**

<http://www.accera.com.br/nossas-solucoes/planejamento-avancado-da-producao> -
Acesso em Março/2013

<http://www.trilhaprojetos.com.br/> - **Acesso em Abril/2013**

<http://www.apics.org/dictionary/dictionary-information?ID=2311> - **Acesso em**
Abril/2013

http://www.lean.org.br/o_que_e.aspx - **Acesso em Junho/2013**

ANEXO I: ENTREVISTAS COM OS FUNCIONÁRIOS DA EMPRESA

Entrevista com o supervisor da área Técnica

1. O óleo básico utilizado na composição dos lubrificantes é o mesmo para todos os tipos de óleos e graxas?
2. Além de óleo básico e aditivo, existe algum outro material relevante na constituição do lubrificante?
3. Cada tipo de lubrificante tem a sua lista de materiais, como se fosse a sua receita, que é preparada pelo laboratório?
4. As etapas de produção de todos os óleos são basicamente as mesmas?
5. Pelo nome do lubrificante é possível identificar se ele é de alta ou baixa viscosidade?

Entrevista com a área de S&OP

1. O processo de previsão de vendas é feito apenas com base no histórico de vendas dos meses passados ou são feitas análises de mercados, tratamento estatísticos de dados?
2. Além de dados quantitativos, é feito uma análise qualitativa, como o estudo de ações de marketing e promoções que podem influenciar a demanda?
3. Existe algum alinhamento com a equipe de vendas e existe a participação de outras áreas?
4. Existe um contato com os clientes para negociar quantidade e momento da demanda por eles gerada?
5. A previsão de demanda é sempre mensal?

Entrevista com o supervisor do setor de Mistura

1. Quantos tanques estão atualmente em funcionamento na fábrica?
2. Quais tanques são dedicados por família de produtos?
3. Tanques dedicados precisam passar por algum tipo de limpeza/setup?
 - a. Se sim, qual é o tempo médio desse setup?
4. Qual é o tempo médio de setup/limpeza para os tanques que não são dedicados?
5. Os tanques são divididos em seis pátios na fábrica, correto?

- a. Essa divisão possui algum critério?
6. Qual é a diferença entre tanques industriais e tanques automotivos?
7. Tanques industriais sempre são dedicados?
 - a. Se sim, por quê?
8. Os volumes dos tanques variam de 8 a 590 m³?
9. Na produção, é sempre utilizado o volume máximo do tanque?
10. A capacidade de produção dos tanques depende do volume, da viscosidade do produto e algum outro fator?
11. Para o planejamento da produção, geralmente é reservado um dia para a mistura. Essa é uma boa aproximação?
12. Caso o processo de mistura leve menos que um dia, o produto fica parado no tanque ou a produção consegue ser adiantada?
13. Caso o processo de mistura leve mais que um dia, qual é o impacto para o planejamento e quais medidas são tomadas?
14. Quais são as principais características técnicas de um tanque, além do volume, temperatura e pressão?
15. Tecnicamente falando, todos os produtos poderiam ser fabricados em todos os tanques?
16. O papel dos tanques é simplesmente receber os óleos básicos e aditivos e misturá-los?
17. Qual é o período de funcionamento dos tanques (horário dos turnos e dias da semana)?
 - a. Existe parada para almoço?
18. Com que frequência os tanques precisam funcionar além do período normal para conseguir entregar o volume previsto?
19. Com que frequência há paradas programadas na produção, por exemplo, para manutenção preventiva?
 - a. Essas paradas são avisadas com antecedência para o time de planejamento?
20. Com que frequência há paradas não programadas na produção?
 - a. Qual é o principal motivo dessas paradas?
 - b. Qual é o impacto dessas paradas para o planejamento?

21. Em quais momentos do dia se dá a comunicação entre a equipe da Mistura e o time planejamento?
 - a. Quais são as principais questões alinhadas com o time de planejamento?
22. Um mesmo tanque pode ter ligação com mais de uma linha de envase?
 - a. Essa ligação é feita por meio de tubulações e bombas regulam o fluxo de produto?
 - b. Qual é a capacidade média de transferência dessas tubulações?
 - c. Essas tubulações precisam passar por limpeza regular?
 - d. Se sim, quanto tempo dura essa limpeza e como ela é realizada?
 - e. Os equipamentos podem estar em funcionamento durante a limpeza?
23. Existe uma planilha que indica a ligação entre os tanques e as linhas de envase a ser usada pelo time de planejamento?
24. No caso de granel, os produtos saem dos tanques e vão por meio de tubulações diretamente para os caminhões?
25. Quanto tempo, em média, leva para encher um caminhão padrão?
 - a. Qual é o volume desse caminhão?
26. Como é feito o controle do real x planejado para a Mistura?

Entrevista com a área de Planejamento da produção

1. Quando a área de planejamento recebe a previsão de vendas da área de S&OP?
2. A previsão de vendas é por família de produtos ou por SKU?
3. O que é feito com a previsão dos meses 2 a 11, já que elas podem mudar?
4. O planejador trabalha apenas com a previsão do mês 0? Ela é quebrada em semanas? Por família de produtos ou por SKU? A produção é quebrada por semana? Como é feita a quebra por semana? Quais critérios são considerados?
5. A produção é para demanda ou produção para estoque?
6. Como são definidos volumes de produção?
7. Quando tem dias de estoque < 30 significa que não consegue suprir a demanda no mês. Qual é a lógica para não suprimento de demanda?
8. Como passa o que deve ser produzido para os operadores de fábrica?
9. Quando há stock out de matéria prima e o plano de produção não pode ser realizado 100%, o que é feito?
10. Quais são os critérios de priorização de realização das ordens de produção?

11. Há mudanças constantes para o sequenciamento de produção? Por exemplo, não acontece de um determinado produto costuma ser produzido sempre em um tanque específico?
12. Quais KPIs são utilizados para avaliar o PCP?
13. É feito algum monitoramento da produção?
14. Quanto tempo o planejador leva para fazer a programação de uma semana?
15. Quanto tempo o planejador leva para reprogramar devido a entrada de novos pedidos emergenciais ou granel?
16. O objetivo da produção é para repor estoque ou para suprir a demanda?
17. Qual operação da fábrica seria o gargalo?
18. A organização opera no máximo da sua capacidade?
19. Como a previsão de demanda mensal é quebrada entre as semanas? É linear (25% cada semana) ou de acordo com a sazonalidade de cada semana?
20. Existe estoque de matéria prima? Existe estoque de produto intermediário (passou pela mistura, mas não pelo envase)?
21. De maneira simplificada, poderia indicar qual é a sequência lógica de atividades que você realiza e quais são as principais decisões tomadas durante o processo de planejamento de produção dos óleos?
22. Quais são as decisões tomadas para definir quanto e quando será produzido em cada semana, dado a previsão de demanda mensal do SKU?
23. Na sua opinião, quais são as maiores dificuldades encontradas hoje em dia ao realizar o planejamento da produção?
24. Você considera as variáveis abaixo como sendo as mais importantes que são levadas em consideração durante o planejamento da produção?
 - a. Compatibilidade dos óleos;
 - b. Comunicação entre os tanques e as linhas de envase;
 - c. Capacidade dos equipamentos;
 - d. Tempo de setup/limpeza do equipamento;
 - e. Volume máximo dos tanques;
25. Existem outras variáveis que são menos importantes e que nem sempre são consideradas?
26. Quais são os principais motivos que levam à necessidade de fazer reprogramações?

27. As datas de entrega dos produtos são consideradas em algum momento do planejamento ou apenas para o caso do granel?
28. Em linhas gerais, como é dividido atualmente seu tempo entre as principais atividades de planejamento?
29. Em quais momentos do mês você se sente mais sobrecarregada?
30. A reprogramação resultante da entrada de um pedido granel leva quanto tempo?
31. Na sua visão, quais seriam os principais benefícios para o seu trabalho advindos da implantação de um simulador para realizar o planejamento da produção?

Entrevista com a área de Planejamento dos materiais

1. Quais são os materiais envolvidos na fabricação dos lubrificantes?
2. Quais são as consequências do isolamento com a programação da produção?
3. O planejamento de materiais é realizado integralmente pelo ERP?
4. Existe um setor de compras?
5. Quais são as consequências do isolamento com a programação da produção?
6. Quanto tempo antes a área recebe a previsão de vendas?
7. Como é o dia a dia do planejamento? Como sabe qual é o momento de fazer a compra? Quanto tempo demora para chegar determinados materiais?

Entrevista com supervisor do setor de Envase

1. Quantos equipamentos de envase existem na fábrica?
2. Qual é a capacidade de cada equipamento?
3. Há necessidade de realizar setup nos equipamentos? Quanto tempo leva esse processo e quando ele precisa ser feito?
4. Como é possível saber a conexão entre os equipamentos e os tanques de mistura?
5. Existe comunicação constante com as áreas de planejamento e mistura?
6. Como é feito o controle do que é envasado?
7. Com que frequência ocorrem imprevistos, como quebra de máquina?
8. Qual é o turno de funcionamento dos equipamentos?