

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

FELIPE HENRIQUE CARLESSO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA REGRA DE SEQUENCIAMENTO DAS
OPERAÇÕES DE UM INDÚSTRIA PRODUTORA DE TINTAS**

**VITÓRIA
2011**

FELIPE HENRIQUE CARLESSO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA REGRA DE SEQUENCIAMENTO DAS
OPERAÇÕES DE UM INDÚSTRIA PRODUTORA DE TINTAS**

Projeto de Pesquisa do Trabalho
de Conclusão de Curso em
Engenharia de Produção Plena
apresentado à Universidade
Federal do Espírito Santo, sob
orientação da Profa. Marta Cruz

VITÓRIA
2011

FELIPE HENRIQUE CARLESSO

DESENVOLVIMENTO DE UMA REGRA DE SEQUENCIAMENTO DAS OPERAÇÕES DE UM INDÚSTRIA PRODUTORA DE TINTAS

Projeto de Pesquisa do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção Plena
apresentado à Universidade Federal do Espírito Santo

Aprovada em ____ de _____ de 2011.

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Marta Cruz
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Hebert Souza
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Scopel
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Gibson Regianni
Universidade Federal do Espírito Santo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à todos da TECMARAN Consultoria e Planejamento, pois, sem eles, minha formação seria incompleta.

Aos meus pais, que construíram a base para as minhas conquistas, sem eles eu nada seria. Aos meus amigos, que compartilharam comigo meus momentos e tornaram a minha vida mais alegre.

AGRADECIMENTOS

Aos modelos da minha vida, meus pais, que sempre estiveram presentes para me dar apoio em qualquer decisão que eu tomasse.

Felipe Henrique Carlesso

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cronograma para o Desenvolvimento da Regra	15
Figura 2 - Interação do PCP com outros setores da empresa	18
Figura 3 - Exemplo de uma tabela MPS.....	19
Figura 4 – BoM de um produto genérico X.....	20
Figura 5 - Sequenciamento de uma ordem do produto X.....	20
Figura 6 – Produtos Intermediários para A e B	23
Figura 7 – Demanda dos produtos intermediários para A e B.....	23
Figura 8 – Sequenciamento e Gráfico de utilização de Operadores mostrando onde o número máximo de Operadores é ultrapassando no planejamento	27
Figura 9 – Sequenciamento e Gráfico de utilização de Operadores mostrando novo sequenciamento respeitando o limite de Operadores.	28
Figura 10 – Em quais países o <i>Preactor</i> é utilizado	32
Figura 11 – O <i>Preactor</i> dentro do PCP	33
Figura 12 – Tela inicial do <i>Preactor</i> 11	35
Figura 13 – Tela inicial do <i>Preactor Scheduler</i> (PRS)	37
Figura 14 – Sequenciamento das operações de um produto qualquer.....	38
Figura 15 – Sequenciando para frente e por FIFO no <i>Preactor</i> 11	39
Figura 16 – Sequenciando para frente e por Prioridade no <i>Preactor</i> 11	39
Figura 17 – Sequenciando para frente e FIFO no <i>Preactor</i> 11.....	40
Figura 18 – Sequenciando para frente e FIFO no <i>Preactor</i> 11.....	40
Figura 19 – Setup dependente da Sequência	42
Figura 20 – Campo Percentual de Transferência.....	42
Figura 21 – Disponibilidade do Recurso ao longo do dia	43
Figura 22 – Cadastro de restrição secundária em uma operação (20 –Diluição).....	43
Figura 23 – Cadastro de uma restrição secundária no recurso Colorista.....	43
Figura 24 – Performance Métrica da Programação.....	46
Figura 25 – Modo de Nível de Utilização.....	47
Figura 26 – Informações consolidadas do Recurso Compactor.....	47
Figura 27 – Comparação entre duas programações distintas – Para Frente e por Prioridade e Para Frente por FIFO.....	48
Figura 28 – Relatório Lista de Tarefas por Recursos	49

Figura 29 – Fluxograma do processo produtivo para fabricação de tintas	51
Figura 30 – Sequenciamento de uma Ordem de produção de tinta pelo <i>Preactor</i>	52
Figura 31 – Roteiro de Produção da Ordem sequenciada	52
Figura 32 – Tabela de Recursos	54
Figura 33 – Tabela de Produtos	54
Figura 34 – Tabela de Recursos Secundários	55
Figura 35 – Tipos de Embalagem	55
Figura 36 – Tintas por Tanques	56
Figura 37 – Tanques por Envasadoras	57
Figura 38 - Produtos por Envasadoras.....	58
Figura 39 - Tintas por Lotes	58
Figura 40 – Tela inicial do DefPro com a Demanda importada	60
Figura 41 – Tela inicial do DefPro com as Ordens geradas	60
Figura 42 – Atividades Ordenadas do DefPro	65
Figura 43 – Fluxo Geral da Solução.....	66
Figura 44 – Fluxograma do Teste de Capacidade do Tanque	69
Figura 45 – Fluxograma do Teste de Capacidade do Envase.....	70
Figura 46 – Flag para usar Tanque Emergencial	71
Figura 47 - Operações de Envase e o gráfico de utilização de linhas coringas	72
Figura 48 - Tabela Tanques por Envasadoras	73
Figura 49 – Operação de tanque estendida até o final da Operação de Envase.	74
Figura 50 – Local da informação Tempo Máximo para Próxima Operação	75
Figura 51 - <i>Setup</i> para Troca de Cor.....	76
Figura 53 - Ordenação das Ordens por Prioridade	77
Figura 54 - Ordenação das Ordens por Prioridade e Horizonte de Agrupamento.....	77
Figura 55 - Problema do Horizonte de Agrupamento	78
Figura 56 - Sequenciamento das Ordens com Horizonte de Agrupamento e Verificação das Operações Auxiliares.	79
Figura 57 – Primeira pergunta antes de seqüenciar.....	79
Figura 58 - Segunda pergunta antes de seqüenciar	80
Figura 59 - Terceira pergunta antes de seqüenciar.....	80
Figura 60 – Fluxograma da Etapa 1	81
Figura 61 – Término da Etapa 1 da Regra para a Ordem 537	81
Figura 62 – Término da Etapa 2 da Regra para a Ordem 537	82

LISTA DE SIGLAS

AMC - *Advanced Material Control* (Controle Avançado de Material)

APS - *Advanced Planning System* (Planejamento e Programação Avançada)

BoM - *Bill of Materials* (Lista de Materiais)

ERP - *Enterprise Resource Planning* (Planejamento de Recursos)

FCS - *Finite Capacity Schedule* (Planejamento com Capacidade Finita)

FIFO - *First In First Off* (Primeiro que Entra, Primeiro que Sai)

MRP - *Material Requirements Planning* (Planejamento das Necessidades de Materiais)

OPB - *Open Planning Board* (Prancha de Planejamento)

PCP - Planejamento e Controle da Produção

PESP - *Preactor Event Script Processor* (Processador de Scripts de Eventos do Preactor)

PMP - Planejamento Mestre da Produção

PPCP - Planejamento, Programação e Controle da Produção

PRS - *Preactor Scheduler* (Sequenciador Preactor)

SMC - *Standard Material Control* (Controle Básico de Materiais)

ToC - Teoria das Restrições

WIP - *Work In Progress* (Estoque em Processo)

RESUMO

A exigência dos consumidores e mercados cada vez mais competitivos fazem da qualidade, preço, prazos e confiabilidade fatores de fundamental importância para a sobrevivência de qualquer empresa produtora de bens ou serviços. Nesse contexto, a gestão de processos ocupa um papel importante, sendo que todo sistema produtivo necessita de um gerenciamento que possibilite a manutenção de diversas restrições e condicionantes desse sistema, de forma a fornecer as melhores informações e no menor tempo possível, fazendo com que seja possível obter respostas rápidas às mudanças do dia-a-dia, que geram perdas e prejuízos. Visando demonstrar a importância da gestão e encontrar alternativas para tais problemas, este trabalho tem como base a melhoria no planejamento, programação e controle da produção utilizando de uma ferramenta computacional de sequenciamento da produção com capacidade finita – Preactor, com foco no desenvolvimento de uma regra de sequenciamento personalizada para o processo produtivo de tintas. O trabalho fundamentou-se em pesquisa bibliográfica com consultas à literaturas e artigos da área. O estudo de caso presente neste trabalho foi realizado junto a uma empresa produtora de tintas e tem por objetivo avaliar as melhorias no planejamento, programação e controle da produção ocorridas com o uso dessa ferramenta computacional.

Palavras Chave: Sequenciamento, APS, Preactor

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVO	Error! Bookmark not defined.
2. METODOLOGIA	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	17
3.2. PLANEJAMENTO MESTRE DA PRODUÇÃO	18
3.3. PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO.....	19
3.4. SEQUENCIAMENTO.....	21
3.5. AS LIMITAÇÕES DO ERP	22
3.6. ADVANCED PLANNING SYSTEM (APS)	24
4. O PREACTOR	31
4.1. ALGORÍTMO DE SEQUENCIAMENTO	38
4.2. FUNCIONALIDADES.....	41
4.3. FERRAMENTAS DO PREACTOR.....	44
5. ESTUDO DE CASO	50
5.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	50
5.2. COLETA DE DADOS.....	53
5.3. DEFPRO.....	59
5.3.1. Regras do DefPro.....	Error! Bookmark not defined.
5.3.2. Regras do DefPro.....	61
5.3.3. Quebra de Lote	63
5.3.4. Fluxograma.....	65
5.4. REGRA DE SEQUENCIAMENTO	65
5.4.1. Rotinas da Regra.....	68
5.4.1.1. Ordem de Sequenciamento.....	68
5.4.1.2. Porcentagem de Transferência Fixa.....	68
5.4.1.3. Teste de Capacidade do Tanque	68
5.4.1.4. Teste de Capacidade para Envase.....	69
5.4.1.5. Velocidade das Linhas de Envase	70
5.4.1.6. Volume Mínimo para Separar Envase	70

5.4.1.7. Uso de Tanque Emergencial.....	71
5.4.1.8. Linhas Coringas	72
5.4.1.9. Estender Operação do Tipo Tanque	73
5.4.1.10. Quebra de Lote	74
5.4.1.11. Folga Máxima Após Operação Anterior.....	75
5.4.1.12. Minimização de Setup.....	76
5.4.2. Sequenciamento das Operações	79
6. RESULTADOS.....	83
7. CONCLUSÃO.....	85
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

1. INTRODUÇÃO

A exigência dos consumidores e mercados cada vez mais competitivos fazem da qualidade, preço, prazos e confiabilidade fatores de fundamental importância para a sobrevivência de qualquer empresa produtora de bens ou serviços. Nesse contexto, a gestão de processos ocupa um papel importante, sendo que todo sistema produtivo necessita de um gerenciamento que possibilite a manutenção de diversas restrições e condicionantes desse sistema, de forma a fornecer as melhores informações e no menor tempo possível, fazendo com que seja possível obter respostas rápidas às mudanças do dia-a-dia que geram perdas e prejuízos.

A programação da produção sempre foi uma atividade chave dentro de qualquer empresa produtora de bens. Apesar dessa importância, grande parte das indústrias carecem de sistemas que facilitem essa atividade para o programador da produção. Isso reflete em um mal uso dos recursos produtivos, que geram custos desnecessários, seja pelo desperdício de capacidade dos recursos, pelos grandes estoques, pelos custos do retrabalho ou mesmo por multas e perdas de oportunidades que são ocasionados por atraso nas datas de entrega.

A operação de uma fábrica é ditada pelas expectativas de seus proprietários em obter lucros que compensem o investimento e trabalho gastos. Ou seja: maiores lucros com o menor gasto possível. Um gerenciamento adequado possibilitará uma boa previsibilidade do que será produzido e quando uma determinada ordem de produção será concluída, permitindo assim um aumento no grau de confiança existente no sistema, reduzindo gastos com descontroles e facilitando a tomada de decisão.

Nesse contexto, é notória a importância dos sistemas de gestão para indústrias que desejam manter ou melhorar sua posição no mercado, aumentando seu desempenho operacional e, conseqüentemente, financeiro. Entretanto, esse passo só poderá ser dado caso a empresa conheça de fato o seu sistema produtivo, incluindo capacidade dos recursos, recursos gargalos, tempos de processos, níveis de estoque, *lead-times* e outras restrições e condicionantes do sistema que podem

ser exclusivos de uma determinada empresa, como quantidade de transferência entre operações, dependência entre operações, tempos de espera, entre outros. Um sistema de gestão fornecerá informações de acordo com uma entrada de dados, caso essas entradas estejam incoerentes, os resultados gerados não serão aderentes à realidade da empresa.

Além disso, outro parâmetro importante para o sucesso da implantação e uso de um sistema de gestão é o comprometimento dos colaboradores. Isso se agrava em sistemas de planejamento e controle da produção pois, além do comprometimento dos níveis médios e altos da cadeia hierárquica da empresa, é necessário o comprometimento dos colaboradores de chão-de-fábrica, que muitas vezes fornecem informações incoerentes, como, por exemplo, durante o apontamento da produção, o que dificulta a correta utilização do sistema e impede que o mesmo atinja o nível máximo de contribuição que ele pode fornecer.

1.1. OBJETIVO

Confirmar os resultados positivos alcançados com a implantação de um sistema de sequenciamento da produção com capacidade finita.

Verificar quais setores obtiveram melhoras, seja essa melhora referente à redução de estoques, confiabilidade nas datas de entrega combinadas com o cliente, rapidez com que o programador da produção pode responder às variabilidades do sistema, otimização de processos, reduções globais de tempos de *setup*, entre outros.

Avaliar parâmetros do sistema produtivo como: recursos gargalos, tempos efetivos de processo, filas de itens em processamento, entre outros.

Avaliar a implantação propriamente dita do *software*, em termos como satisfação do cliente, uso do *software* como vantagem competitiva, ganhos em eficiência pelos gestores, velocidade e precisão na obtenção de dados e benefícios vistos pelo cliente que a empresa irá obter ao utilizá-lo.

2. METODOLOGIA

O projeto iniciou com o interesse da empresa em integrar um sistema APS no seu ERP, que carecia de uma ferramenta eficiente de programação da produção. Várias etapas foram realizadas durante o andamento do projeto:

a) Conhecimento do Processo Produtivo

Com visitas técnicas orientadas pelos gerentes de produção da empresa, foi possível entender o funcionamento do sistema como um todo e suas diversas restrições e condicionantes que são específicas do processo de produção de tintas.

b) Revisão Bibliográfica

Com o conhecimento do processo, uma pesquisa bibliográfica na área de PCP e Algoritmos de Sequenciamento foi feita para constituir uma base teórica mais aderente às necessidades.

c) Especificação da Solução

Após o contato da mesma, foi iniciado o processo de especificação da solução, onde foram identificadas as várias rotinas específicas que foram desenvolvidas para o projeto. Essa etapa é de fundamental importância a participação tanto dos consultores envolvidos quanto os colaboradores da empresa, pois são eles que detêm o conhecimento pleno das necessidades do empreendimento.

Com o término da especificação e consequente aprovação do cliente, deu-se início aos desenvolvimentos propriamente dito da solução.

d) Coleta e Tratamento dos Dados

Todos os dados foram fornecidos pela empresa. A validação dos mesmo foi feita durante o desenvolvimento do projeto e eventuais atualizações foram requisitadas aos usuários para que fossem providenciadas.

e) Desenvolvimento do Modelo Protótipo

O primeiro modelo foi feito com o intuito de exibir o padrão da configuração aos usuários bem como iniciar um pequeno treinamento informal da solução, para que o conhecimento da mesma fosse passada para a empresa.

f) Desenvolvimentos da Regra

Foco deste trabalho, a regra foi desenvolvida a partir da especificação feita junto ao cliente. Todas as rotinas serão descritas nos tópicos seguintes.

O cronograma do desenvolvimento da regra pode ser encontrado a seguir:

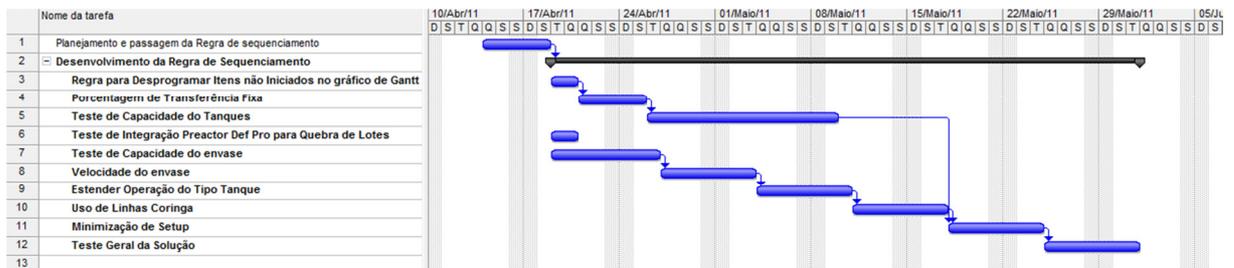


Figura 1 – Cronograma para o Desenvolvimento da Regra

g) Treinamento da Solução

O treinamento foi feito após a conclusão dos desenvolvimentos. Esse treinamento, formal e mais abrangente, englobou cargos da alta gerência e usuários do sistema, para que o conhecimento da solução fosse mais amplamente difundido.

h) Go Live

Após todas as atividades de treinamento concluídas, o *GoLive* foi agendado e executado.

i) Operação Assistida

Após a implantação da solução na empresa, a etapa de operação assistida ocupa um papel de suporte importante, pois eventuais dúvidas da utilização da solução são corriqueiras.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

A capacidade produtiva é o fator determinante para o sucesso de uma manufatura. Isso se deve ao fato de que é ela que possibilitará a produção de bens e conseqüentemente a geração de receita para o empreendimento. Contudo, uma capacidade alta quase nunca é suficiente para manter uma empresa competitiva dentro de um mercado que se mostra cada vez mais complexo e apertado; a gestão dessa capacidade, tendo como base a demanda de produção, ocupa um papel essencial nesse contexto. O Planejamento e Controle da Produção têm como objetivo alocar a demanda de produção na capacidade produtiva da indústria. É o PCP que recebe e processa as informações para que a empresa possa funcionar de uma forma contínua e dentro do compasso. Além disso, ele tem a capacidade de prever futuros problemas de capacidade com tal antecedência que se torna possível tomar medidas de correção para evitar futuras falta de capacidade ou ociosidade do sistema. É importante lembrar que maquinário parado reflete em gastos sem retorno.

O setor de PCP de uma empresa funciona sempre em contato com praticamente todos os setores vitais de uma indústria, como o de Vendas, Finanças, Manutenção, entre outros. Em resumo, a área de vendas gera a demanda, que é enviada ao PCP para que ele balanceie essa demanda com a capacidade produtiva. A Figura 2 ilustra a interação entre o PCP e outras áreas de uma indústria.



Figura 2 - Interação do PCP com outros setores da empresa

Além disso, o PCP detém o controle de tudo o que está ocorrendo no chão de fábrica, sabe dos motivos pelos quais as atividades não estão ocorrendo de acordo com o planejado e, de posse desses motivos, consegue fornecer soluções para possíveis atrasos nas datas de entrega, manutenção nos dados de entradas nos sistemas de apoio a gestão, etc.

3.2. PLANEJAMENTO MESTRE DA PRODUÇÃO

Segundo Corrêa (2008), o PMP coordena a demanda do mercado com os recursos internos da empresa de forma a programar taxas adequadas de produção de produtos finais.

Em outras palavras, o Planejamento Mestre da Produção representa em forma de dados tudo aquilo que a empresa necessita produzir para atender sua demanda externa (pedidos de clientes) ou interna (produção para estoque).

Para Maynard (2004), o planejamento mestre é uma visão antecipada para os produtos finais de uma manufatura. O PMP não é um resultado específico de uma

previsão de demanda, mas sim uma afirmação de uma produção que é feita para satisfazer uma demanda que foi antecipada.

Para Tubino (2000) O PMP é gerado para produzir itens de produtos finais, detalhado a médio prazo, período a período, a partir do Plano de Produção, com base nas previsões de venda de médio prazo ou nos pedidos em carteira já confirmados.

A Figura 3 representa um exemplo de plano mestre de um determinado produto, onde a linha Planejamento Mestre representa a quantidade que deverá ser fornecida naquele *time-bucket* para atender a demanda.

Período	Atraso	Semana 1							Semana 2							Semana 3						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Dem. Independente		141	131	141	141	122	112	150	141	131	141	141	122	112	150	141	131	141	141	122	112	150
Encomendas																						
Demanda Total		141	131	141	141	122	112	150	141	131	141	141	122	112	150	141	131	141	141	122	112	150
Estoque																						
Planejamento Mestre		141	131	141	141	122	112	150	141	131	141	141	122	112	150	141	131	141	141	122	112	150

Figura 3 - Exemplo de uma tabela MPS

Cabe ao PCP analisar os *outputs* do PMP e casar essas informações com a capacidade produtiva da empresa para que seja possível localizar falhas de capacidade com antecedência e, conseqüentemente, tomar decisões adequadas para contornar essas situações.

3.3. PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

Para Chiavenato (1990) a programação da produção é o detalhamento do plano de produção para que ele possa ser executado de maneira integrada e coordenada pelos diversos órgãos produtivos e demais órgãos de assessoria.

Com visão em curto prazo e tomando como dados de entrada os *outputs* do PMP e dos estoques de itens, a programação da produção tem como objetivo fornecer informações de quando e quanto fabricar ou comprar de cada item da árvore de

produtos que compõem os produtos finais, planejados pelo Planejamento Mestre da Produção.

Como exemplo, para a produção de dez unidades de um produto final X contendo dois itens filhos, A e B, como mostrado na Figura 4, é necessária a produção de dez itens A e a compra de dez itens B, sendo que a montagem desse produto final se dará quando ambos os itens filhos A e B estiverem disponíveis para montagem.

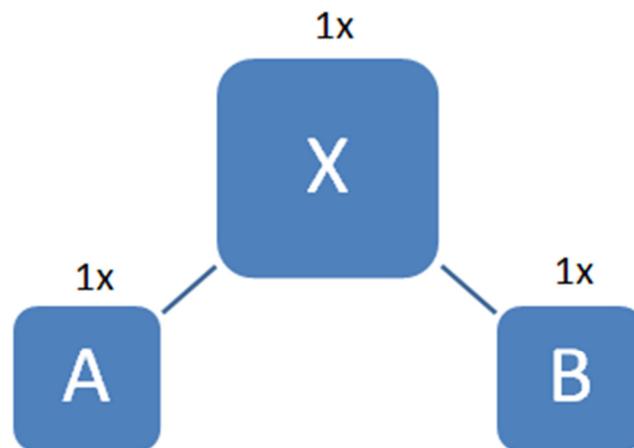


Figura 4 – BoM de um produto genérico X

Como exemplo de sequenciamento, a Figura 5 representa a produção, ao longo do tempo, de uma demanda de dez unidades do item X.



Figura 5 - Sequenciamento de uma ordem do produto X

Repare que o *Lead Time* de aquisição do produto B foi o fator de atraso para o início da montagem do produto X, já que o produto A teve a produção concluída na terça-feira.

3.4. SEQUENCIAMENTO

Para Mike Liddel (2010), o sequenciamento é o processo de balancear a demanda por produtos e os recursos disponíveis de uma empresa com o objetivo de criar um plano de ação válido e confiante.

O sequenciamento da produção é a tarefa de alocar as atividades de produção nos recursos produtivos da empresa em espaços de tempo que sejam compatíveis com as restrições e condicionantes do sistema. O sequenciamento determinará a ordem das tarefas e quando elas deverão ser executadas.

Essa é, sem dúvidas, uma das principais atividades feitas pelo PCP. Com um programa de sequenciamento confiável, é possível obter resultados surpreendentes em termos de performance da programação, fornecimento de datas de entrega, identificação de futuros problemas e necessidades.

Uma ferramenta essencial no sequenciamento da produção é o gráfico de gantt. Com ele é possível ver graficamente o que está ocorrendo e o que está planejado para ocorrer no chão de fábrica, sendo possível identificar, desta forma, buracos no sequenciamento, podendo estes serem utilizados para o planejamento de manutenções, por exemplo.

Existem algumas formas de sequenciamento da produção, cada uma dependendo das metas e necessidades da empresa. Os dois principais tipos de sequenciamento são:

- Sequenciamento para frente:

Utilizado principalmente para empresas que querem aproveitar ao máximo a capacidade produtiva disponível. O sequenciamento para frente aloca as atividades

no momento mais cedo possível, tendo como base a data atual para essa alocação e as restrições e condicionantes do sistema. Nesse tipo de programação, todas as atividades são programadas, pois a data de referência para a alocação é a data atual, entretanto, algumas operações podem ficar atrasadas.

- Sequenciamento para trás:

Utilizado em empresas que não desejam manter estoques altos, seja por questões econômicas, organizacionais ou quando o produto produzido não puder ser estocado, como ocorre em indústrias alimentícias. O sequenciamento para trás utiliza a data de entrega combinada com o cliente como referência, sequenciando as operações de trás para frente. Nesse tipo de programação, algumas operações podem ficar desprogramadas por falta de capacidade entre a data de entrega e a data atual do sistema. Caso isso ocorra, deverá ser utilizado o sequenciamento para frente para as ordens com operações atrasadas, isso evitará que operações fiquem desprogramadas, mas fará com que a ordem de produção referente à essas operações fiquem atrasadas. Cabe ao usuário identificar soluções para a Ordem atrasada, como a contratação de horas extras, terceirização de atividades, etc.

3.5. AS LIMITAÇÕES DO ERP

Os sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) trabalham, sempre que possível, agrupando a demanda em grandes lotes e isso reflete em um aumento da eficiência da produção. Esse conceito funciona bem em empresas que produzem contra estoque, pois eles mantêm estoques de segurança de produtos intermediários.

A maior problemática está em quem produz contra pedido, pois cada minuto produzindo para estoque quer dizer em um minuto de capacidade e materiais perdidos que poderiam estar sendo utilizados para atender às datas de entregas combinadas com o cliente.

Para Liddel (2010) as empresas que produzem para estoque estão sempre vendendo estoques, enquanto que as fábricas que trabalham sob demanda estão vendendo capacidade de produção. Em realidade, é claro que todo mundo operada

limitado a algum nível de capacidade de produção disponível, portanto, até mesmo aqueles que produzem para estoque também podem melhorar seus lucros aprimorando as suas habilidades de planejar e programar a sua produção.

Para exemplificar, veja abaixo, na Figura 4, um exemplo que indica quais produtos intermediários são necessários para fazer os produtos finais A e B:

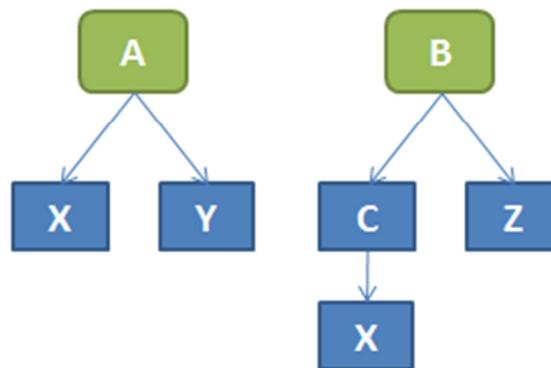


Figura 6 – Produtos Intermediários para A e B

Se uma empresa que produz para estoque quisesse fazer dez itens A e dez itens B, nesse caso, o MRP explodiria a lista de materiais (*BoM*) e agruparia a demanda para cada um dos produtos intermediários, como mostrado na imagem 5 abaixo:

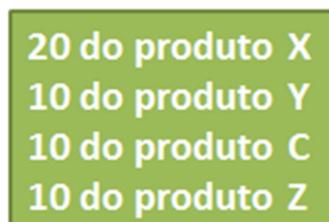


Figura 7 – Demanda dos produtos intermediários para A e B

Ele verificaria então os níveis de estoques de cada um destes itens e determinaria a necessidade de compra ou de geração de ordens de produção para fabricar estes componentes, caso os mesmos estivessem com estoque abaixo do limite estabelecido. Em geral o MRP sugeriria a produção de um lote mínimo para cada produto intermediário, possivelmente superior à demanda necessária.

Em função dos níveis de estoque, a empresa provavelmente teria uma quantidade suficiente de cada componente para fabricar imediatamente os dez itens A e os dez itens B. Se houvesse uma carência real de qualquer item presente na *BoM*, então o

MRP criaria uma mensagem de exceção e uma ordem de produção deveria ser lançada no sistema para atender tal necessidade. Logicamente, esta ordem de produção teria que ser completada antes que pudessem começar a produzir os itens dependentes.

Entretanto, no mundo da produção contra pedido, provavelmente não haveriam estoques de produtos intermediários. Ou seja, antes que se pudesse começar a processar a ordem de produção dos dez itens B, a ordem de produção dos vinte itens X teria de ser completada e colocada no estoque. Então, as ordens de produção para os dez itens C e os dez itens Z teriam de ser completadas e colocadas no estoque. Só aí a ordem de produção para os dez itens B poderia começar.

Esse tipo de situação se agrava para empresas com um mix maior de produtos que competem pelos mesmos recursos e cuja BoM é mais complexa.

Com esses parâmetros em vista, surgiram os sistemas APS, para suprir as lacunas dos sistemas ERP.

3.6. *ADVANCED PLANNING SYSTEM (APS)*

Para Ying (2004), programação avançada da produção (APS) se refere a um processo de gerenciamento da manufatura onde materiais e capacidade são otimamente alocados para atender a demanda.

Artigues (2008), diz que nos dias de hoje, o gerenciamento de recursos humanos e de materiais é um problema de grande importância para as organizações. Desta forma, um cuidadoso gerenciamento de projetos é uma necessidade absolutamente importante para preservar a competitividade das empresas. O sequenciamento entra como uma grande parte do gerenciamento de projetos, principalmente quando se fala de projetos de fabricação de produtos industrializados.

Um sistema APS é uma ferramenta de planejamento da produção com capacidade finita. Em outras palavras, é um *software* onde é possível elaborar modelos que reflitam a capacidade real da indústria em questão. Além disso, ele gera programações da produção baseadas nessa capacidade, além de ser possível incorporar todas as restrições secundárias do sistema produtivo. Desta forma, as programações geradas por um sistema APS são de alta confiabilidade.

Segundo TECMARAN (2005), “Programação em Capacidade Finita é o processo de criar uma sequência de operações, relativas a um conjunto de Ordens de Produção, com um número limitado de recursos. Cada Ordem é constituída de uma ou mais operações (perfuração, torneamento, pintura, etc.) que devem ser executadas em uma sequência específica, usando um conjunto de recursos disponíveis (máquinas, trabalhadores, etc.). Uma sequência ou programação de operações determina a hora de início e de término para cada operação e as distribui em seus respectivos recursos, de tal forma que sempre se evite conflitos ou superposições (uma determinada máquina não pode ser requisitada para processar duas operações ao mesmo tempo, por exemplo). Além disso, as operações devem obedecer às restrições de sequenciamento (Operação 20 não pode começar antes do término da Operação 10).”

Os softwares APS são a evolução dos *softwares* FCS, pois os *softwares* APS utilizam conceitos da engenharia de produção com a velocidade de processamento da tecnologia da informação, permitindo assim a obtenção de soluções avançadas de planejamento e controle da produção.

Para Ferreira (1999), O termo APS é relativamente recente e ainda existe certa confusão na sua aplicação. Não se trata de um sistema em si, mas de uma categoria que têm funções de programação avançada.

Segundo Abreu (2009), muito mais que uma ferramenta de programação, um software APS é uma ferramenta de reprogramação, pois possibilita que novas programações da produção sejam feitas quando pequenas alterações ocorrem no chão de fábrica, como, por exemplo, operações que foram iniciadas fora do escopo do planejamento, quebras de máquinas, condições adversas, entre outros.

Para Liddel (2010) bons sistemas APS devem ter três características que os tornam muito diferente dos demais módulos do ERP.

- Os sistemas APS devem ser capazes de lidar com o nível de detalhe necessário para criar modelos que considerem restrições do mundo real, tais como operadores e ferramentas; e tenham a habilidade de calcular tempos de setup dependentes de sequência com base em múltiplos atributos de produto, que podem ser específicos de cada empresa.
- Eles devem ser capazes de fornecer funcionalidades avançadas, tais como regras de sequenciamento personalizada, para os programadores de produção que queiram contar com benefícios adicionais para seus sistemas.
- Eles precisam ser facilmente customizados e modificados (pense em algo como o *MS-Excel* ou qualquer outra planilha eletrônica) para que possam atender às alterações de necessidade de um negócio, sem se transformarem em órfãos quando novas versões sejam lançadas.

Como as programações geradas são de alta confiabilidade, é possível ainda identificar janelas no tempo de ociosidade no recurso para o planejamento de manutenções, o que reduz consideravelmente o problema com quebras sem precisar alterar a programação para executar tais manutenções.

Outra característica importante presente nesses sistemas é a possibilidade de dimensionar as restrições secundárias verificando qual cenário atende melhor a demanda atual. Por exemplo, devido à sazonalidade da demanda de um determinado produto, existem épocas de maior demanda como épocas com uma demanda mais amena. Com isso em vista, como dimensionar o quadro de funcionário de acordo com essa demanda? Os *software* APS conseguem dar essa resposta facilmente através de gráficos de utilização dos recursos secundários. É possível ainda simular uma programação da produção com números variados de funcionários verificando qual atende melhor os interesses da empresa.

Na Figura 8 é possível observar um gráfico de utilização de operadores de um sistema produtivo.

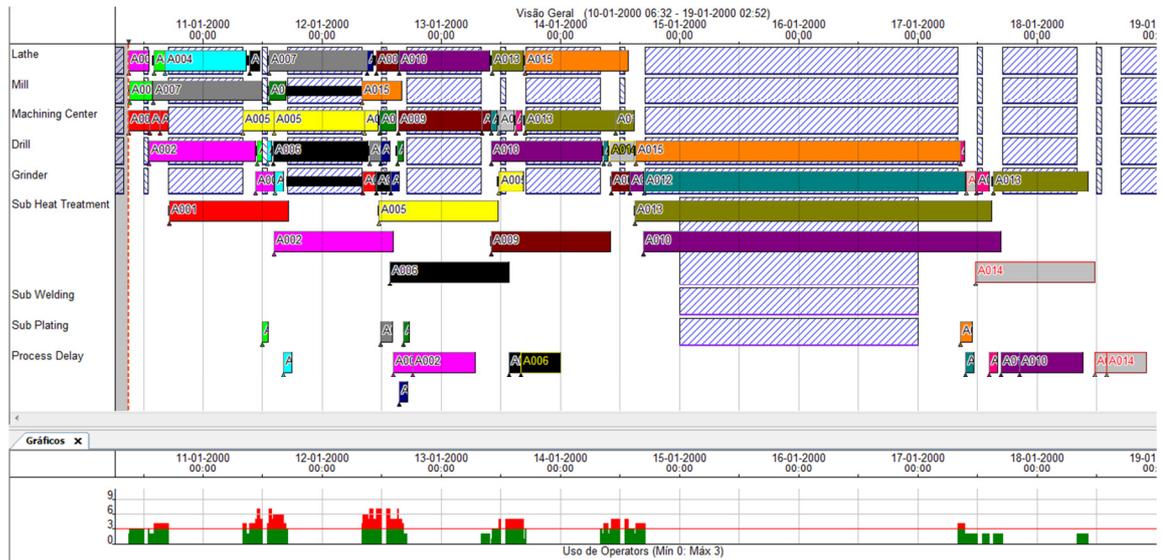


Figura 8 – Sequenciamento e Gráfico de utilização de Operadores mostrando onde o número máximo de Operadores é ultrapassando no planejamento

A área em vermelho representa quando faltarão colaboradores para que o plano de produção seja atingido. Com isso em mãos e com o número requerido de funcionários fornecidos pelo software APS, a empresa pode decidir se deseja realizar contratações adicionais ou se ela deseja continuar com o quadro de funcionários atual. Caso ela não deseje contratar pessoal, as ferramentas APS conseguem alocar as atividades de acordo com esse cenário, como pode ser observado na Figura 9:

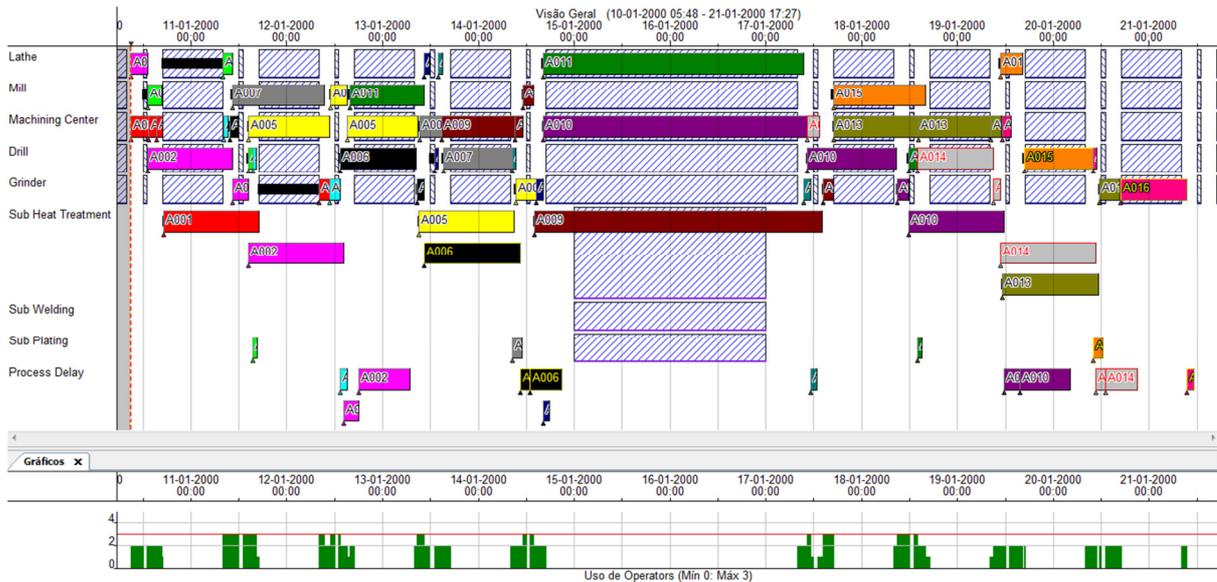


Figura 9 – Sequenciamento e Gráfico de utilização de Operadores mostrando novo sequenciamento respeitando o limite de Operadores.

É notório que os *softwares* APS podem atuar em praticamente todas as áreas da Engenharia de Produção. Nomeando algumas, temos: ToC (Teoria das Restrições), PPCP (Planejamento e Controle da Produção), Análise Estatística de Processo, Gestão da Manutenção, Gestão de Estoque, Processos Produtivos Discretos e Contínuos: procedimentos, métodos e seqüências, Engenharia de Métodos, Transporte e Distribuição Física, Gestão da Cadeia de Suprimentos, Pesquisa Operacional, Engenharia da Qualidade, e várias outras áreas. Tudo isso é possível pois os *softwares* APS nos fornecem uma visão gerencial e gráfica de tudo o que está ocorrendo no chão de fábrica, da comparação do planejado com o realizado, tanto no curto prazo quanto no médio e longo prazo.

Ao fazer o sequenciamento das operações produtivas o *software* APS considera, simultaneamente, turnos de trabalho e eficiência de máquinas e operadores, necessidades de ferramentas, tempos de setup e seqüência de montagem, além de prioridades e datas de entrega prometidas.

Para atingir todos os benefícios expostos, os sistemas APS realizam a programação da produção utilizando diversas regras de sequenciamento que foram desenvolvidas em algoritmos computacionais. A utilização dessas regras vai depender do sistema produtivo da indústria e quais as metas e objetivos da mesma. É possível ainda desenvolver regras específicas de sequenciamento para atender demandas

específicas e isso é largamente utilizado por empresas de grande porte e com sistemas mais complexos, como siderúrgicas, que necessitam de um sincronismo para obter resultados expressivos em sua receita.

Para Álvaro (2009), as ferramentas APS dotaram o PCP de condições técnicas para, finalmente, poder exercer o seu papel estratégico dentro da empresa, em condição de subsidiar a direção na implantação de políticas e diretrizes e de interagir com as gerências intermediárias, que conhecem a verdade dos números da empresa.

Segundo TECMARAN (2006), os *softwares* APS oferecem as seguintes funcionalidades e características:

a) Modelagem da capacidade real: a habilidade de capturar cada informação detalhada dos recursos e restrições é usada para criar e refinar as programações que otimizem o uso dos recursos e atendam compromissos de entrega.

b) Roteiros alternativos: permite que a empresa consiga refletir a realidade e a complexidade dos seus processos produtivos, criando um conjunto muito detalhado das opções de rotas para cada produto, além de acomodar uma variedade de outras funcionalidades capazes de absorver as diferentes necessidades da indústria ou do processo.

c) Programação detalhada e otimização: os sistemas APS fornecem recursos para a geração de programas de produção detalhado, indicando, por exemplo, hora de início e fim de cada operação, bem como o centro de trabalho utilizado. A otimização do uso dos recursos e minimização de atrasos também é um exemplo que pode ser citado.

d) Ferramentas de planejamento: os APS fornecem uma riqueza de ferramentas de planejamento que ajudam a empresa a visualizar a habilidade de atender as demandas dos clientes, bem como entender melhor quais impactos que os pedidos de última hora ou alteração de prioridades causam na produção.

e) Gerenciamento e análise das restrições: uma das principais características dos sistemas APS é sua habilidade de aplicar múltiplas restrições operacionais a programação, a fim de gerar um programa que considera não somente os tempos de produção, mas também a real utilização dos recursos.

f) Controle de execução: Os sistemas podem ser considerados como uma ferramenta indispensável no gerenciamento diário de operações de chão de fábrica, fornecendo a organização à habilidade de obter dados do progresso do trabalho em tempo real.

Com a implantação da programação avançada os ambientes produtivos podem ter os seguintes resultados (CORREA, 2008):

a) Redução de custos de mão-de-obra, com o melhor dimensionamento acarretando a diminuição de horas extras ou turnos.

b) Redução de custos de estoques, indicando o momento previsto do consumo de cada insumo para a chegada de materiais e limitando a liberação apenas das ordens que podem ser cumpridas em sua totalidade para os materiais em processo.

c) Redução dos custos de terceirização, com a maior precisão na tomada de decisões para a necessidade de terceirização, evitando contratações desnecessárias.

d) Aumento da capacidade aparente, com a redução do desperdício de tempo de setup, quando os equipamentos apresentam tempos de setup muito variáveis de acordo com a sequência de produção, reduzido os buracos de programação sem que haja introdução de novos recursos.

e) Melhoria no nível de serviço, com previsão de atendimento das necessidades do cliente, os compromissos são assumidos com qualidade e consistência.

f) Melhoria nas relações internas da empresa, principalmente entre as áreas de vendas e produção que normalmente são conflitantes, oferecendo maior segurança

com relação aos prazos de entrega, fator de suma importância para a área de vendas, e com a área de manutenção que passa a ter informações precisas para se programar melhor;

g) Otimização na gestão de estratégica do negócio, podendo simular resultados em vários cenários, podendo ser utilizada também como ferramenta de auxílio na análise de investimentos em equipamentos.

4. O PREACTOR

O *Preactor* é líder mundial em sua categoria com mais de 4.500 licenças comercializadas para pequenas, médias e grandes empresas em todo o mundo. Desenvolvido pela *Preactor International*, o *Preactor* é distribuído na América do Sul pela TECMARAN.

Segundo a TECMARAN (2011): O *Preactor* é um *software* especializado em programação da produção de bens e serviços que utiliza o conceito de sequenciamento em capacidade finita.

Os programas de produção gerados pelo *Preactor* são altamente realistas e confiáveis porque respeitam a disponibilidade efetiva de recursos produtivos, a existência de restrições operacionais, as condições de demanda e as políticas de atendimento e operação da empresa.

O *Preactor* é uma ferramenta indispensável para o gerenciamento de sistemas produtivos dinâmicos e complexos, que exigem decisões rápidas e seguras.

A empresa desenvolvedora do *software* é a *Preactor International*, localizada no Reino Unido. A *Preactor International* conta com uma rede de parceiros que comercializam o *Preactor* mundialmente. Na América Latina o *Preactor* é distribuído pela TECMARAN, empresa localizada em Vitória, no Espírito Santo. A TECMARAN

é hoje *Master Reseller Preactor*, que é o maior título para um parceiro da *Preactor International*.

Abaixo, é possível observar na Figura 10 a abrangência do *Preactor* pelo mundo. Todos os países em vermelho já utilizam o *Preactor* em algumas de suas indústrias.



Figura 10 – Em quais países o *Preactor* é utilizado

O *Preactor* pode funcionar em modo *stand alone*, ou seja, sem integração com outros sistemas ou integrados com sistemas ERPs. A integração do *Preactor* com esses sistemas é muito flexível, sendo que hoje o *Preactor* se comunica com praticamente todos os ERPs do mercado.

Para atender a diferentes indústrias com diferentes complexidades e necessidades, existem diversos produtos *Preactor* que variam em funcionalidade e investimento. Ou seja, uma indústria pequena e com um nível de complexidade baixo pode adquirir o *Preactor* a um custo bem menor que uma empresa maior e que exija maiores customizações.

Com os *outputs* gerados pelo *Preactor*, é possível racionalizar parâmetros como compras de insumos, melhorando consequentemente os níveis de estoque. É possível ainda auxiliar a empresa na tomada de decisões importantes, como na aquisição de novos equipamentos e dimensionamento do quadro de funcionários.

A Figura 11 mostra onde o *Preactor* se enquadra do Planejamento e Controle da Produção

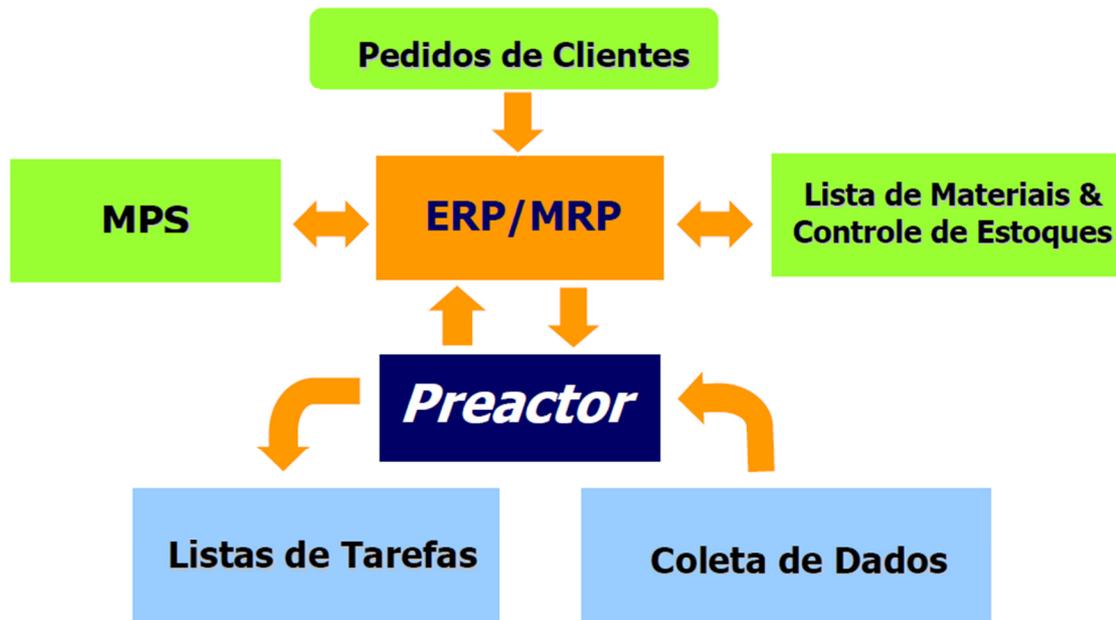


Figura 11 – O *Preactor* dentro do PCP

a) Os produtos *Preactor* são:

Preactor Express: Versão gratuita do *software*. Sequenciamento simples e sem restrições secundárias. Para empresas cujo sistema produtivo é extremamente simples e não incorpora recursos secundários. Utilizado em empresas do tipo metal-mecânico.

Preactor 200 FCS: Possibilita utilizar apenas uma restrição secundária. É a versão ideal para empresas de pequeno e médio porte e com sistemas produtivos menos complexos. Suas principais características são:

- Considera tempos de set-up variáveis em função da programação;
- Visualização de utilização de recursos secundários;
- Gráficos de tempo de espera por recurso;
- Banco de dados, menus e relatórios configuráveis.

Preactor 300 FCS: Para empresas de médio porte. Possibilita restringir o sequenciamento da produção através da utilização de múltiplas restrições secundárias (ferramentas, operadores, energia, etc). Realiza a programação de processos de produção mais complexos. Suas principais características são:

- Particularidades de processos industriais complexos;
- Múltiplas restrições de recursos por operação;
- Restrição para operação subsequente;
- Rotas automáticas de operações alternativas;
- Atualização via lotes intermediários;
- Submontagens independentes;
- Padrões de turnos para recursos secundários.

Preactor 400 APS: Versão APS. Utiliza regras de simulação para otimização do planejamento da produção. Além de todas as funcionalidades das outras versões, o *Preactor 400* incorpora características como:

- Otimização da programação com base em simulação;
- Tecnologia *Open Planning Board* para personalizar o quadro de programação;
- Regras padrões de otimização associadas a outras definidas pelo usuário;
- Módulo de controle de materiais (relacionamento entre Compras e Produção).

Preactor 500 APS/AMC: Versão mais completa do software. Além de todas as funcionalidades das outras versões, o *Preactor 500* incorpora o AMC (*Advanced Material Control*). O AMC permite o alocamento de materiais em qualquer operação

dentro de uma ordem de produção. Isso possibilita especificar fornecimentos específicos de matéria prima por operação. O *Preactor* 400 APS utiliza o SMC (*Standard Material Control*) que permite o alocamento de materiais apenas na primeira operação da ordem.

Preactor Viewer. É a versão do *Preactor* que permite a visualização do plano de produção, a simulação no quadro de programação e consulta de dados. O *Preactor viewer* deve, obrigatoriamente, coexistir com algum outro produto *Preactor*.

Academic Pack: Licença para uso em Instituições de Ensino Superior.

b) Visão Geral do *PREACTOR*

A tela inicial do *Preactor* é mostrada na Figura 12 abaixo, é possível perceber que a interface com o usuário é bastante simples, o que facilita a navegação pelos diversos menus.

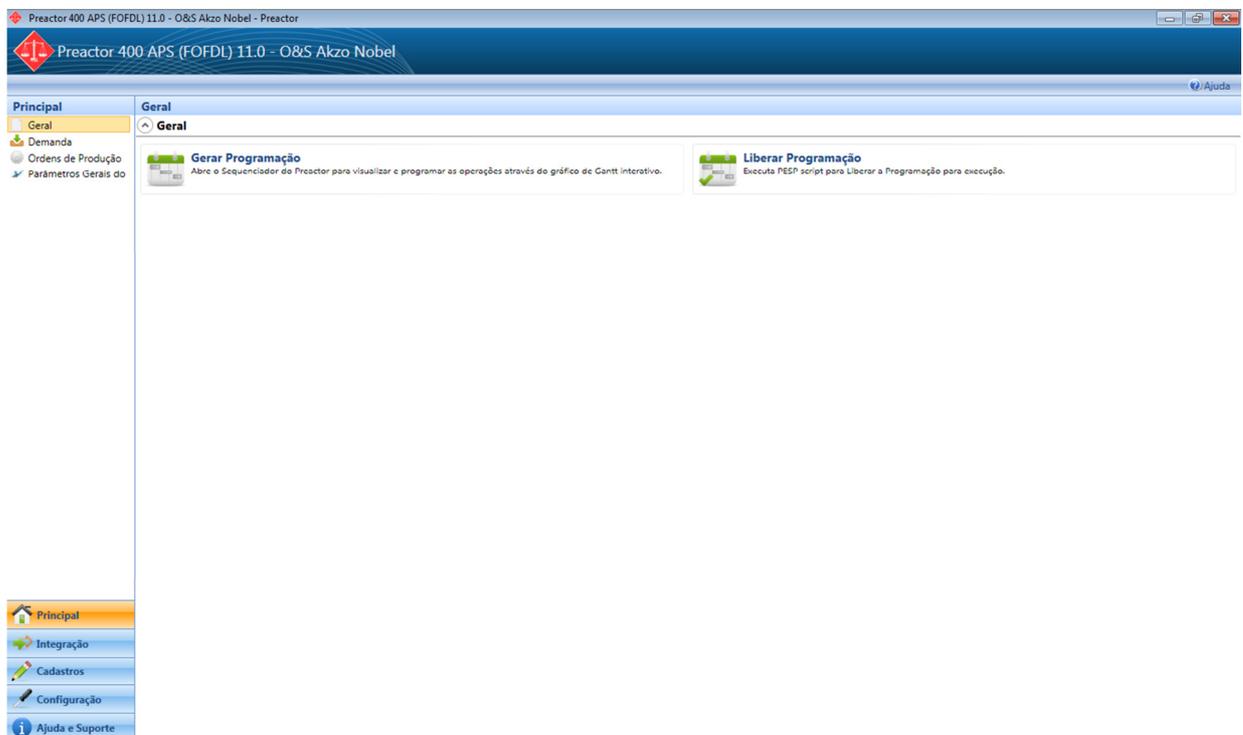


Figura 12 – Tela inicial do *Preactor* 11

No menu principal (canto inferior e esquerdo) temos as opções:

- Principal: Menu responsável pelo acesso ao PRS (*Preactor Scheduler*), módulo responsável pelo sequenciamento da produção e ainda às tabelas de demanda, ordens de produção e parâmetros gerais do sequenciador. É possível ainda, através desse *menu*, liberar os planos de produção para a execução através do botão Liberar Programação.

- Integração: *Menu* responsável pela integração do *Preactor* com outros sistemas. É possível importar as ordens de produção, realizar o apontamento da produção, importar informações básicas para o modelo como: produtos, recursos, restrições e outros, é possível também exportar as ordens para análise em tabela, liberar a programação para o chão de fábrica e executar um *script* de importação específico, como, por exemplo, o *script* de importação de produtos ou recursos, caso seja necessário atualizar apenas uma dessas tabelas.

- Cadastros: *Menu* responsável pelo acesso do usuário ao banco de dados do *Preactor*. Tabelas como a de produtos, recursos, recursos secundários, lista de materiais e as específicas por cliente podem ser editadas manualmente através desse menu, caso pequenas alterações sejam necessárias e que não justifica realizar uma nova importação de dados para tal.

- Configuração: *Menu* de configuração do *Preactor*. Para a criação e edição de scripts de importação, *scripts* de eventos (PESP) e outros.

- Ajuda e Suporte: *Menu* para suporte.

O módulo principal do *Preactor* é o PRS, que é responsável por todas as atividades de sequenciamento das operações. A tela principal dele por ser vista na Figura 13 abaixo:

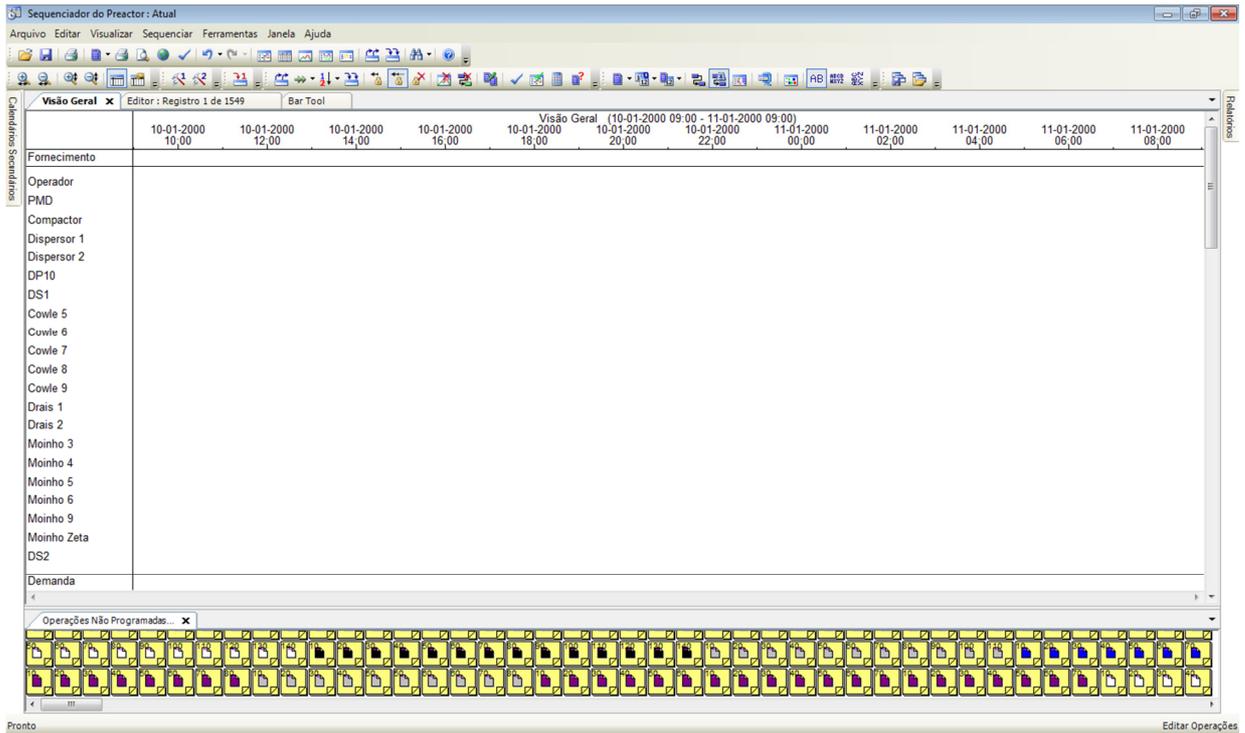


Figura 13 – Tela inicial do *Preactor Scheduler* (PRS)

Como visão geral, no *menu* da esquerda é possível observar todos os recursos produtivos da empresa, o eixo Y, representa o tempo passando e o menu abaixo contém todas as operações que precisam ser alocadas nos recursos produtivos. Basicamente, a função de um *software* APS é alocar todas essas operações em tempo compatíveis com as restrições de seu sistema.

Como exemplo, imagine que um produto final precise passar por três operações para completar sua fabricação, sendo que o roteiro de produção pode ser encontrado na tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Operação para a Fabricação de um produto qualquer

Número	Operação	Tempo para 1 un
10	Cortar	1 hora
20	Soldar	30 minutos
30	Embalar	1 hora

Para compreensão, a operação de número 20 só pode iniciar após o término da operação 10 e a operação 30 só pode iniciar depois que uma unidade tiver sido processada na operação vinte. Com isso, quando o *Preactor* realizar o

sequenciamento dessa ordem de produção, o resultado será o mostrado na figura 14:

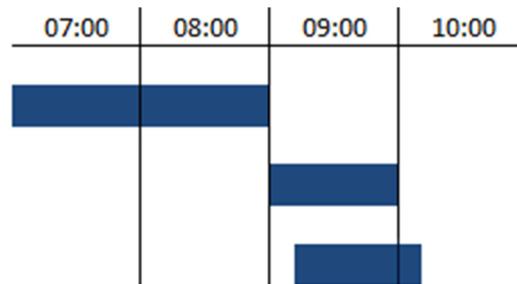


Figura 14 – Sequenciamento das operações de um produto qualquer

No cenário acima, não existem disputas pelos recursos produtivos. Isso significa dizer que a disponibilidade dos recursos está em sua totalidade, o que não representa a realidade, pois em indústrias existem diversos produtos diferentes sendo produzidos ao mesmo tempo para atender a ordens diferentes, que variam em prioridade, produto a ser produzido, quantidade e data de entrega.

4.1. ALGORÍTMO DE SEQUENCIAMENTO

Para Brucker, a teoria do sequenciamento é caracterizada por virtualmente um número ilimitado de tipos de problemas. E isso é comprovado quando se analisa a quantidade de tipos diferentes de manufatura e processos produtivos, bem como cada particularidade e restrição ligada a cada processo.

Como já abordado, existem alguns métodos de sequenciamentos comuns aos sistemas APS e que estão presentes no *Preactor* nas versões *Express*, 200 e 300 do mesmo, que são:

- Sequenciamento para Frente;
- Sequenciamento para Trás;
- Sequenciamento Bi-Direcional.

Além disso, existem diferentes tipos de sequenciamento que o usuário pode escolher. Cada sequenciamento representa a ordem que as operações serão alocadas no gráfico de gantt. Os tipos de sequenciamento são:

- Por Ordem no Arquivo: Sequenciamento clássico tipo FIFO. Esse sequenciamento pega a primeira ordem de produção da tabela de ordens e sequencia seguindo essa prioridade.



Figura 15 – Sequenciando para frente e por FIFO no *Preactor 11*

- Por Prioridade: Prioridades definem qual ordem de produção deverá iniciar primeiro. O cálculo das prioridades dependem das regras de negócio da indústria. Esse tipo de programação sequencia as ordens de acordo com a prioridade, pegando primeiro ordens com a menor prioridade e seguindo para ordens de prioridade maior.



Figura 16 – Sequenciando para frente e por Prioridade no *Preactor 11*

- Por Prioridade Reversa: Difere do tipo de programação Por Prioridade apenas pela ordem de sequenciamento, que sequencia ordens com prioridade maior primeiro para posteriormente sequenciar ordens com prioridade menor.

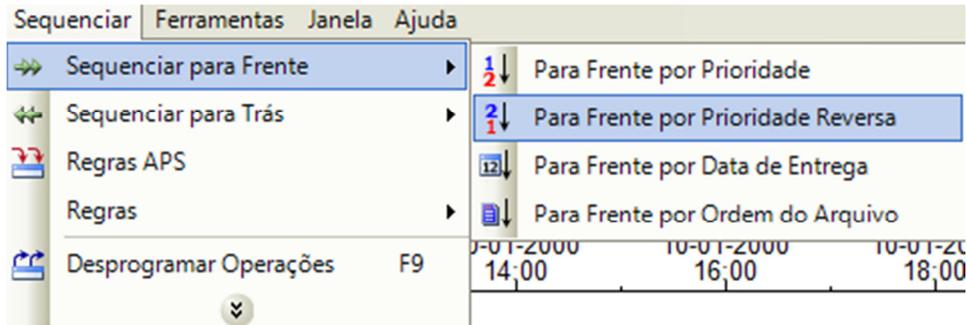


Figura 17 – Sequenciando para frente e FIFO no *Preactor 11*

- Por Data de Entrega: Sequência ordens com menor data de entrega, visando diminuir ou evitar que qualquer ordem de produção fique atrasada.

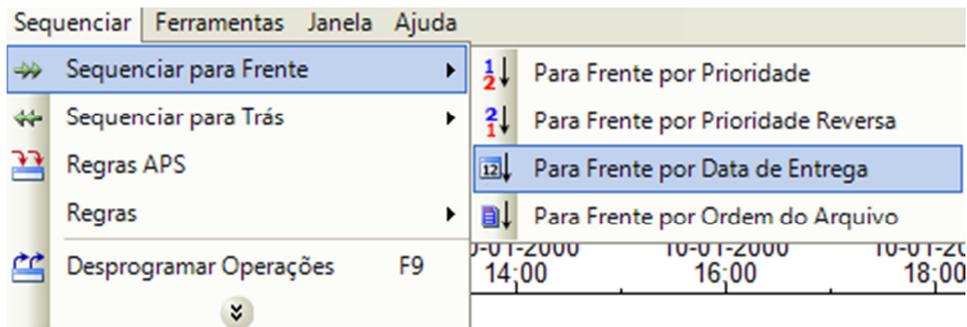


Figura 18 – Sequenciando para frente e FIFO no *Preactor 11*

O *Preactor 400* e *500* apresentam várias outras rotinas de sequenciamento. Veja abaixo descritivo dessas rotinas:

- Minimização Global de Setup:

Esse tipo de sequenciamento visa diminuir a quantidade global de setups durante o processamento das operações. Isso é possível devido a uma das principais características dos *softwares* APS que é a capacidade de cálculo de tempos de *setup* dependentes da sequência.

- Sequência Preferida:

Permite ao usuário escolher um critério de ordem de sequenciamento baseado em algum atributo. Por exemplo, um sistema produtivo cujo interesse é produzir todos os determinados tipos de produtos primeiro que representam maior faturamento para a empresa para depois produzir um segundo produto, menos competitivo e que tem menor representação no faturamento da empresa.

- Gargalo Seletivo:

Regra otimizadora de gargalos. Permite ao usuário selecionar um gargalo produtivo para que o *Preactor* sequencie de forma que esse recurso restritivo seja otimizado, ou seja, tenha a menor quantidade possível de *gaps* em seu horizonte de programação.

- Gargalo Dinâmico:

Para Goldratt (2003), quando otimizamos um gargalo produtivo, novos gargalos surgem no processo. Baseado nisso, essa regra de programação do *Preactor* visa identificar os gargalos e otimizá-los dinamicamente, na medida em que eles surgem no processo produtivo.

- Minimização de WIP:

Para empresas cujo estoque de material em processamento representa grandes perdas em suas finanças. Essa regra de programação visa reduzir o *gap* entre as operações, tentando reduzir o WIP. Desta forma, a formação de estoques é reduzida.

4.2. FUNCIONALIDADES

As características que tornam o *Preactor* a ferramenta APS de maior abrangência dentre as existentes no mercado são várias. A possibilidade de cálculo de tempos de *setup* dependentes da sequência, a customização do *software* para atender a demandas específicas de clientes com demandas mais complexas e a facilidade de importação de dados gerados por outros sistemas, principalmente sistemas ERPs são apenas algumas dessas características. Abaixo será listado as principais funcionalidades do *Preactor*.

- Conceito de Grupo de Recursos: Um grupo de recurso representa todos os recursos que podem processar determinada operação. O algoritmo de sequenciamento do *Preactor* tentará sequenciar a operação em todos os recursos desse grupo, alocando a operação no recurso que conseguir terminar primeiro essa atividade.

- *Setup* dependente de Sequência: É possível definir o tempo de setup dependente da sequência das atividades de acordo com determinados atributos. Conforme a figura 19, o recurso que estiver processando o produto A e passar a processar o produto B, deverá ter um setup de uma hora.

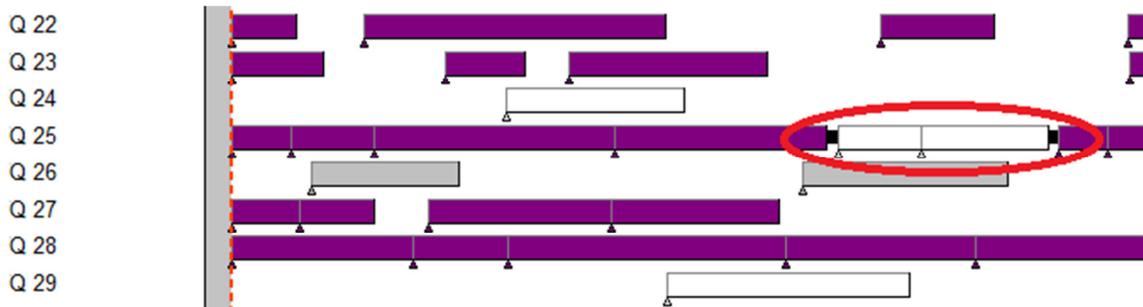


Figura 19 – *Setup* dependente da Sequência

- Transferência entre Operações: Em processos produtivos discretos, é comum haver transferência entre as operações. Como exemplo, um recurso está processando dez unidades de um produto, sendo que a próxima operação dessa ordem pode iniciar após a conclusão de uma unidade desse item. Essa característica pode ser inserida no *Preactor* através do campo Porcentagem de Transferência, dentro do editor de Atributos das Operação, que pode ser visto na figura 20:

The screenshot shows a dialog box titled "Editar Ordens Atributos da Operação". It contains several fields and checkboxes:

- Permitir Sequenciamento
- Percentual de Transferência: 80.00 (highlighted with a red oval)
- TempoTransf: 2 Horas 24 Mins
- Transferência Fixa?
- Descrição do Recurso: SR405
- Centro de Trabalho: Não especificado

Figura 20 – Campo Percentual de Transferência

- Flexibilidade no Cadastro de Turnos: A possibilidade de informar quebras, manutenções planejadas e turnos de trabalho conferem ao plano uma maior aderência à realidade da empresa. A imagem abaixo representa a disponibilidade do recurso Compactor durante o tempo.

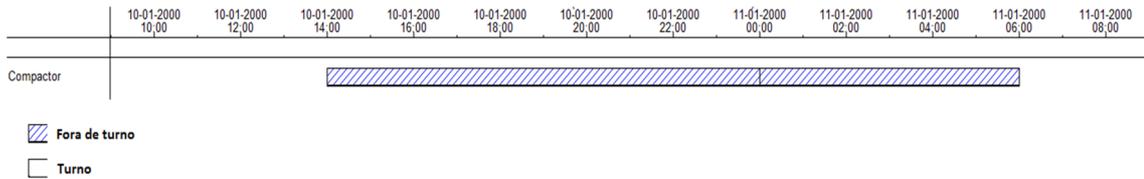


Figura 21 – Disponibilidade do Recurso ao longo do dia

• Restrições Secundárias: Restrições Secundárias representam recursos necessários para o processamento de operações. Esses recursos secundários podem ser operadores, emissão de documentos, energia, equipes de setup, entre outros. A possibilidade de inserir múltiplas restrições para uma operação ou recurso possibilita limitar e aderir ainda mais o plano de produção. A Figura 22 mostra um exemplo de cadastro de duas restrições secundárias para o processamento de uma operação e a Figura 23 exhibe o cadastro de uma restrição secundária para o funcionamento de um recurso.

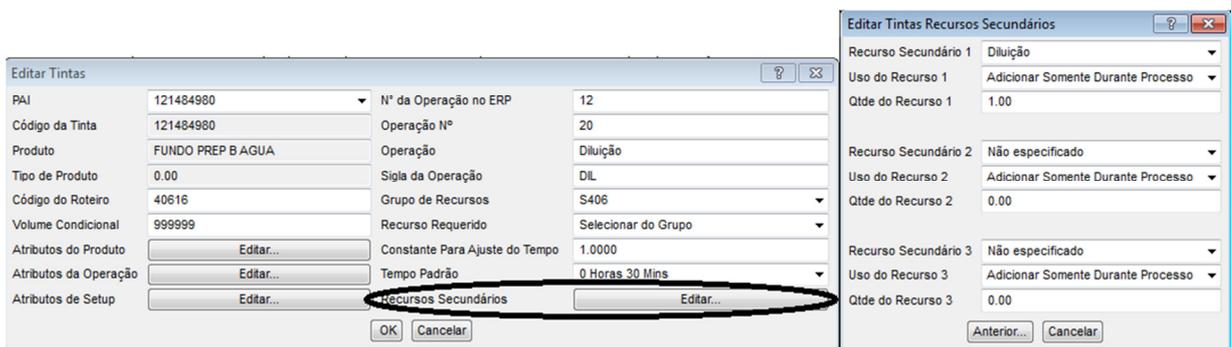


Figura 22 – Cadastro de restrição secundária em uma operação (20 –Diluição)

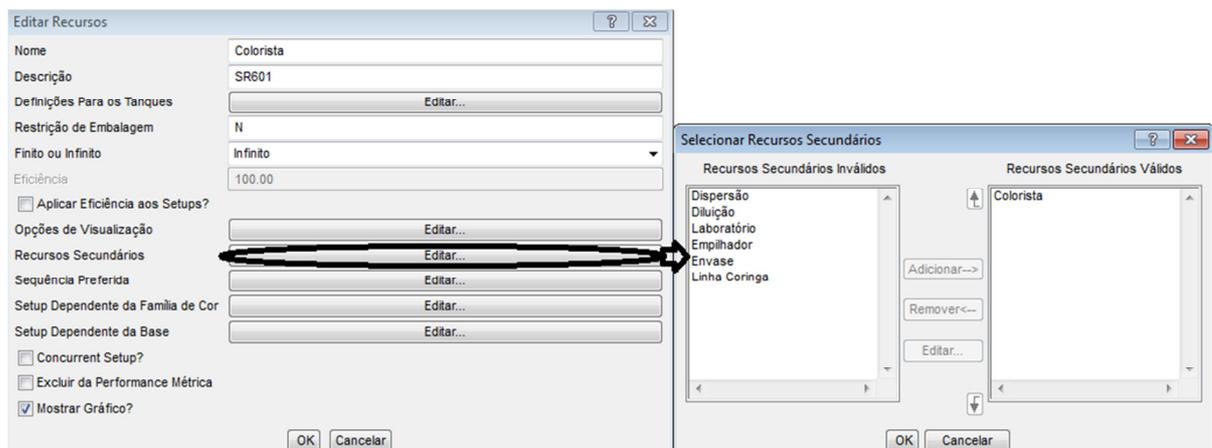


Figura 23 – Cadastro de uma restrição secundária no recurso Colorista

4.3. FERRAMENTAS DO PREACTOR

A possibilidade de gerar diferentes planejamentos baseados em métodos e tipos de sequenciamento possibilita a geração de cenários que podem ser avaliados quanto a diversos parâmetros. Cabe ao planejador da produção e às regras de negócio da empresa definir quais são esses parâmetros para análise.

Existem diversas ferramentas que podem ser usadas como fontes de informação para a tomada de decisão e todas elas tomam como base o planejamento da produção gerado pelo *Preactor*. Para exemplificar, será listado as ferramentas mais utilizadas pelos programadores da produção e gerentes:

- Performance Métrica: A Performance Métrica é um relatório geral que fornece uma visão geral do plano de produção que está programado no PRS. Será
 - Dados das Ordens: Visão geral as ordens de produção, como as antecipadas, atrasadas, incompletas e iniciadas.
 - Outros Dados das Ordens: Informações como antecipação, atraso, setup, lead time e tempo produtivo são fundamentais pois representam a performance geral da programação. As informações nesse *menu* são divididas em Tempo Total, Mínimo, Média e Máximo que representam, respectivamente, a soma das informações, o valor mínimo encontrado no planejamento, a média do plano e o valor máximo encontrado.
 - Antecipação: Quando uma ordem é finalizada antes da data de entrega da mesma ser atingida, a ordem está antecipada. Esse parâmetro é útil para empresas que trabalham por regime de contrato, onde atrasos no cumprimento de datas geram multas.
 - Atraso: Quando uma ordem é finalizada depois da data de entrega da mesma, elas está atrasada. Atrasos na entrega das ordem representam perda de custo de oportunidade e podem representar multas, sem contar na diminuição da percepção

da confiabilidade da empresa perante o mercado, fator fundamental para a sobrevivência de empreendimentos no mercado de hoje.

- *Setup*: Visão geral do tempo de setup no planejamento da produção. Esse parâmetro é pertinente pois tempos de setup não representam tempos efetivos de processo, ou seja, são preparações de máquinas que, dependendo do tipo de sistema, pode ser minimizado.

- *Lead Time*: Visão geral do *Lead Time* do plano de produção.

- Tempo Produtivo/Tempo Total: Representa o percentual entre o tempo produtivo pelo tempo total. Ociosidade é perda de capacidade. Conseqüentemente, representa uma diminuição na receita da empresa. Qualquer tipo de ociosidade deve ser evitada.

- Resumo de Utilização dos Recursos: Desdobra informações como Tempo Trabalhando, Tempo em Setup, Tempo Não Disponível, Tempo Ocioso e Utilização Real. Todos esses outputs são referentes aos recursos produtivos da empresa. As informações desse submenu são separadas em Mínimo, Média e Máximo, que representam, respectivamente, o valor mínimo encontrado no modelo, a média do plano e o valor máximo encontrado.

- Tempo Trabalhando %: Porcentagem entre o tempo trabalhando pelo tempo total.

- Tempo em *Setup* %: Porcentagem entre o tempo em setup pelo tempo total.

- Tempo Não Disponível %: Porcentagem entre o tempo fora de turno dos recursos pelo tempo total disponível.

- Tempo Ocioso %: Porcentagem entre o tempo de maquinário parado pelo tempo total.

- Utilização real: Mesmo conceito do Tempo Trabalhando, porém não considera tempos de setup para o cálculo.

A figura 24 contém uma tela gerada pelo *Preactor* da Performance Métrica da Programação. Nela é possível identificar todas as informações expostas acima.

Estatísticas da Programação				
Dados das Ordens				
	Antecipadas/Em dia	Atrasadas	Incompletas	Iniciadas
Quantidade	180	0	0	0
Percentual	100.00	0.00	0.00	0.00
Outros Dados das Ordens				
	Tempo Total	Mínimo	Média	Máximo
Antecipação	736721 Dias 11:53	548 Dias 10:03	4092 Dias 21:32	4138 Dias 14:14
Atraso	0 Horas 00 Mins	0 Horas 00 Mins	0 Horas 00 Mins	0 Horas 00 Mins
Setup	2 Dias 16:15	0 Horas 00 Mins	0 Horas 21 Mins	3 Horas 15 Mins
Lead Time	101 Dias 6:30	1 Horas 49 Mins	13 Horas 30 Mins	4 Dias 19:53
Tempo Produtivo / Tempo Total %		12.35%	74.18%	105.67%
Resumo de Utilização dos Recursos				
		Mínimo	Média	Máximo
Tempo Trabalhando %		0.00	20.64	132.75
Tempo em Setup %		0.00	0.39	13.74
Tempo Não Disponível %		0.00	0.00	0.00
Tempo Ocioso %		0.00	79.37	100.00
Utilização Real		0.00	20.24	100.00
Intervalo Total	10-01-2000 09:00 - 18-01-2000 15:21		8 Dias 6:22	<input type="button" value="Fechar"/>

Figura 24 – Performance Métrica da Programação

- **Modo de Nível de Utilização:** Essa ferramenta tem o conceito de agrupar todas as operações, *setups*, turnos e fora de turnos, para cada recurso, para que o responsável pela programação da produção possa analisar graficamente informações como tempo total trabalhando, em *setup*, ocioso e fora de turno. É possível ainda exibir, por recurso, uma pequena tela com as informações gerais do recurso, como porcentagem trabalhando, em *setup*, não disponível, ocioso e a porcentagem de utilização real. A Figura 25 contém uma tela mostrando essa ferramenta e a Figura 26 a tela informativa para o recurso Compactor.

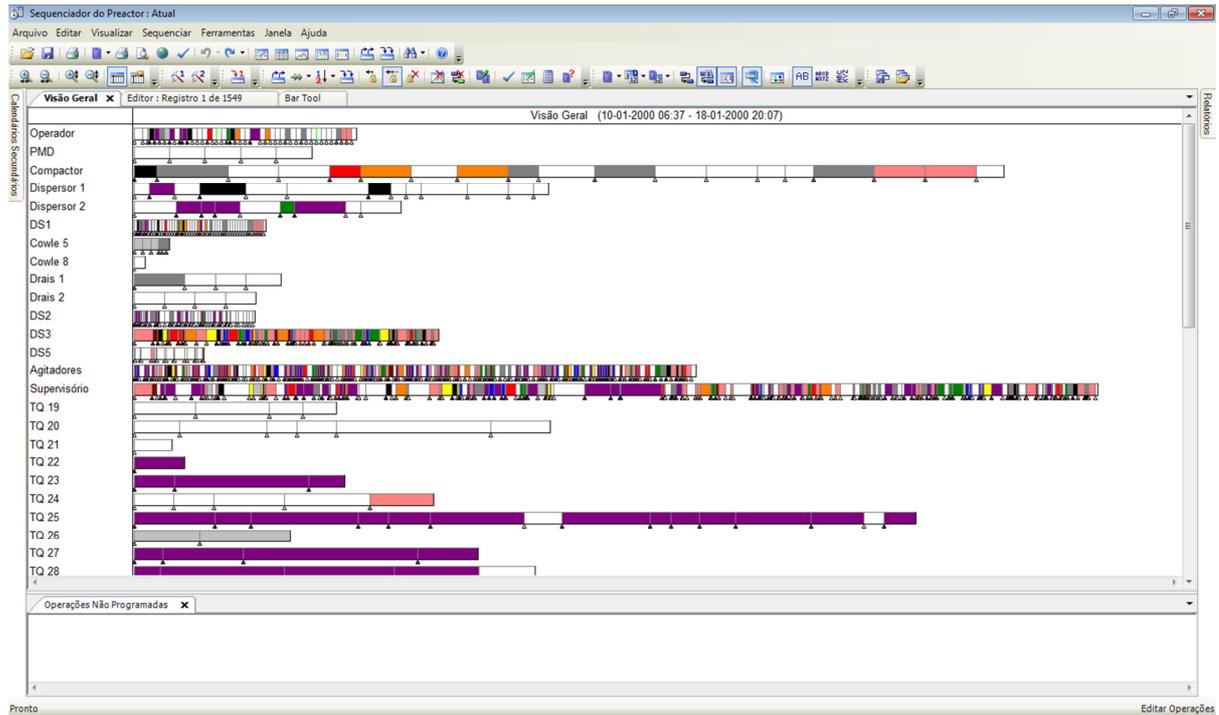


Figura 25 – Modo de Nível de Utilização

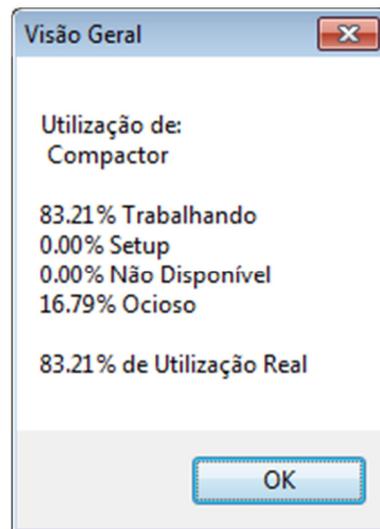


Figura 26 – Informações consolidadas do Recurso Compactor

- Comparação entre Programações: O *Preactor* possibilita que o planejador da produção compare graficamente dois sequenciamentos distintos. Essa possibilidade confere uma poderosa ferramenta de análise para a tomada de decisão. Na imagem que segue é possível ver uma tela onde duas programações são comparadas.

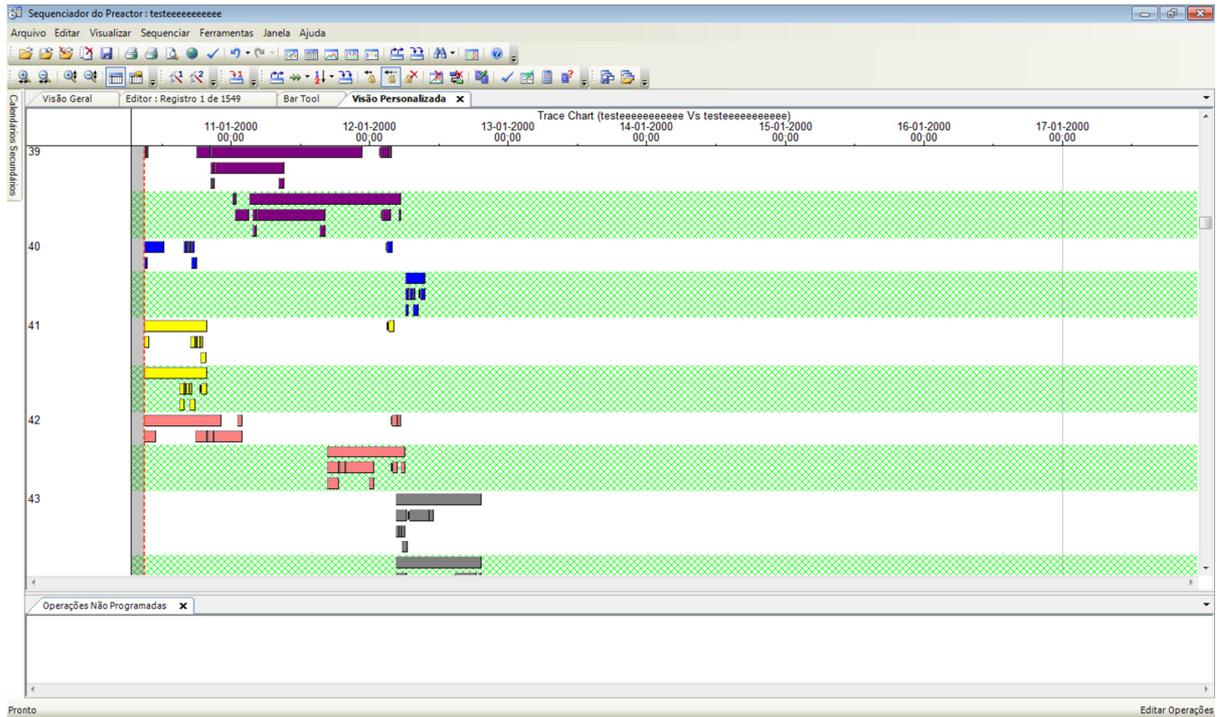


Figura 27 – Comparação entre duas programações distintas – Para Frente e por Prioridade e Para Frente por FIFO

- **Relatórios Padrões e Customizados:** As configurações padrões do *Preactor* oferecem relatórios que parametrizam os dados gráficos, fornecidos pelo gráfico de *gant*, em dados tabelados. Desta forma, é possível gerar, por padrão, relatórios como o Lista de Tarefas por Recurso, que fornece, por recurso, uma lista sequencial das operações que devem ser processadas por ele, em ordem cronológica. Na prática, é esse relatório que é enviado ao chão de fábrica para que os operadores saibam quais são as atividades que ele deve executar. Na figura 28 abaixo é possível observar uma tela desse relatório, bem como quais são os campos básicos contidos nele.

DS3

Nº da Ordem	Produto	Cód do Produto.	Qtidade.	Nº Op.	Nome Operação	Data Inicio	Data Fim	Progresso Oj
9	ESM SIN BR AZ D REY YP	135.00378	1500	30	Agitação	10/1/2000 9:00	10/1/2000 9:09	Não Iniciado
9	ESM SIN BR AZ D REY YP	135.00378	1500	30	Alocação de Tanque	10/1/2000 9:00	10/1/2000 9:09	Não Iniciado
9	ESM SIN BR AZ D REY YP	135.00378	1500	30	Diluição	10/1/2000 9:00	10/1/2000 9:09	Não Iniciado
9	ESM SIN BR AZ D REY YP	135.00378	1500	30	Dosagem	10/1/2000 9:00	10/1/2000 9:09	Não Iniciado
9	ESM SIN BR AZ D REY YP	135.00378	1500	30	LCQ	10/1/2000 9:00	10/1/2000 9:09	Não Iniciado
9	ESM SIN BR AZ D REY YP	135.00378	1500	30	Tingimento	10/1/2000 9:00	10/1/2000 9:09	Não Iniciado
16	CORALIT AB BRANCO GELO	122110002	20000	30	Agitação	10/1/2000 9:09	10/1/2000 12:39	Não Iniciado
16	CORALIT AB BRANCO GELO	122110002	20000	30	Alocação de Tanque	10/1/2000 9:09	10/1/2000 12:39	Não Iniciado
16	CORALIT AB BRANCO GELO	122110002	20000	30	Diluição	10/1/2000 9:09	10/1/2000 12:39	Não Iniciado
16	CORALIT AB BRANCO GELO	122110002	20000	30	Dosagem	10/1/2000 9:09	10/1/2000 12:39	Não Iniciado
16	CORALIT AB BRANCO GELO	122110002	20000	30	LCQ	10/1/2000 9:09	10/1/2000 12:39	Não Iniciado
16	CORALIT AB BRANCO GELO	122110002	20000	30	Tingimento	10/1/2000 9:09	10/1/2000 12:39	Não Iniciado
14	CORALIT AB MARRROM CONH	122110848	10000	30	Agitação	10/1/2000 12:39	10/1/2000 13:39	Não Iniciado

Figura 28 – Relatório Lista de Tarefas por Recursos

5. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso presente neste trabalho foi feito em uma empresa produtora de tintas, que procurou o *Preactor* devido à necessidade da melhoria da gestão de seus processos e do planejamento e controle da produção, que constantemente sofria problemas de sequenciamento, falta de materiais, longos tempos de espera entre operações, entre outros.

5.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O fluxograma abaixo representa esquematicamente o processo de fabricação das tintas.

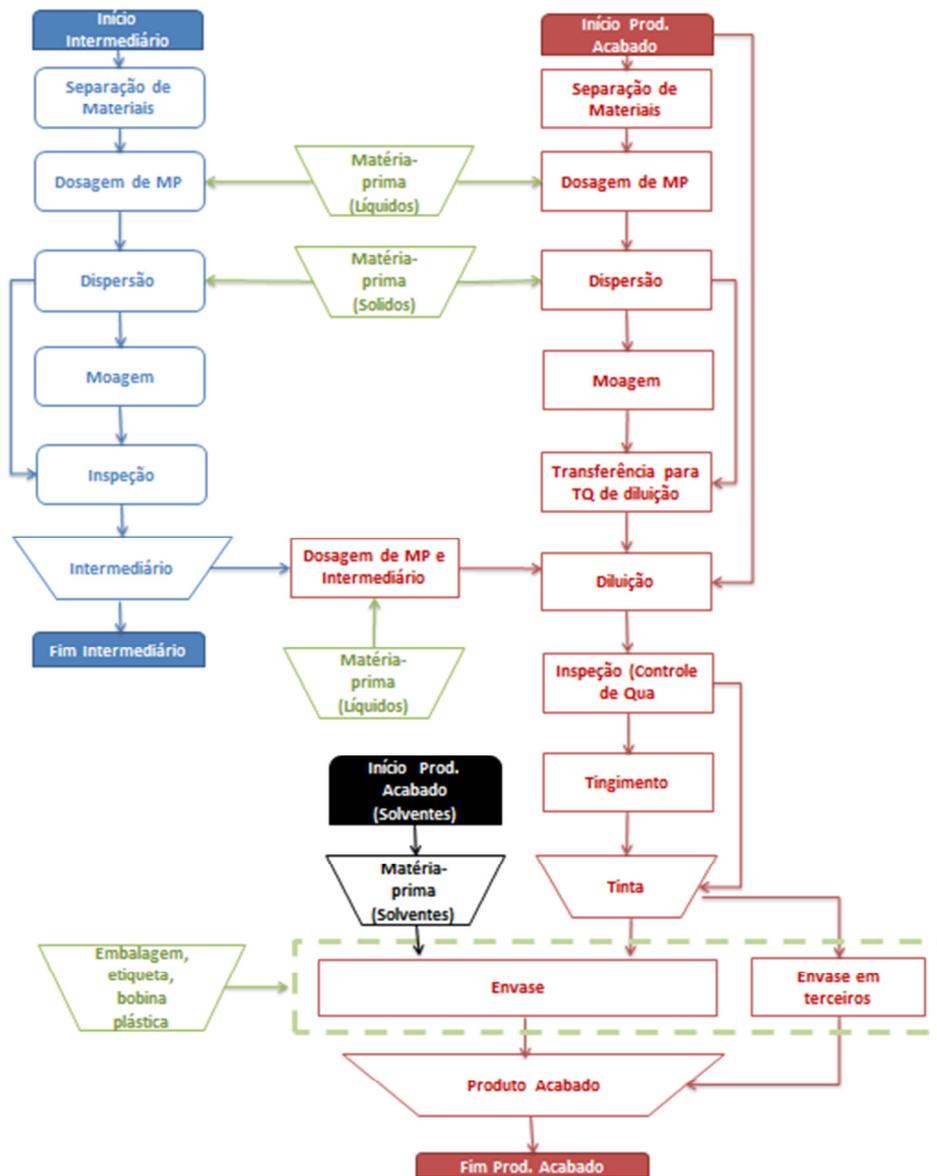


Figura 29 – Fluxograma do processo produtivo para fabricação de tintas

As etapas contidas no fluxograma acima foram condensadas e apenas as mais restritivas serão sequenciadas pelo *Preactor*.

Como exemplo, segue figura representando o sequenciamento de uma Ordem de produção e uma tabela contendo o roteiro de produção da mesma.

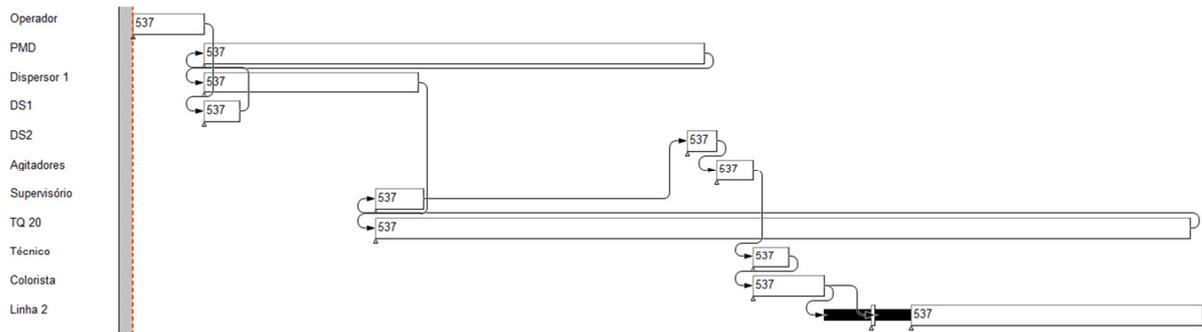


Figura 30 – Sequenciamento de uma Ordem de produção de tinta pelo *Preactor*.

Produto	=	Data de Entrega	<=	Prioridade	=	Quantidade	Nº da Oper	Operação Nº	Operação	Sigla da Operação
CORALIT AB BRANCO	=	11-07-2001	<=	2011088198.50	=	15000	11	10	Separação de Materiais	SEP
						15000	12	20	Preparação da Dispersão	PDI
						15000	13	30	Dispersão	DIS
						15000	14	40	Dispersão Gel	DGE
						15000	15	50	Alocação de Tanque	ALO
						15000	16	60	Diluição	DIL
						15000	17	70	Dosagem	DOS
						15000	18	80	Agitação	AGI
						15000	19	90	LCQ	LCQ
						15000	20	100	Tingimento	TIN
						180	110	110	Envase	ENV
						14820	110	110	Envase	ENV

Figura 31 – Roteiro de Produção da Ordem sequenciada

O descritivo resumido do que cada etapa representa na prática pode ser encontrado abaixo:

- **Separação de Material:** A etapa de separação de material apenas indica que existe disponibilidade de material e que o operador já separou os insumos necessários para o processamento de toda a ordem de produção. Isso evita que qualquer operação seja planejada sem que haja falta de material.
- **Dispersão:** Essa etapa envolvem moinhos para que as matérias primas sólidas sejam eliminadas e transformadas em partículas de tamanho uniforme. É nessa etapa que os insumos são distribuídos uniformemente no lote de produção.
- **Dosagem:** A dosagem é a etapa produtiva que envia o material processado na Dispersão para o Tanque (a operação de tanque será descrita nos próximos itens).
- **Agitação:** A agitação é uma atividade dentro do tanque que tem por objetivo misturar todo o material, permitindo que ele seja envasado nos recipientes e para evitar que o produto coagule dentro do tanque.

- Tanque: A etapa de tanque representa a ocupação dos tanques de armazenagem das tintas. É dentro dos tanques que o produto é agitado pelo processo de agitação e envasado nas linhas de envase. A atividade de Tanque possui características únicas, como a sua ocupação, que é feita com 40% do início da dosagem até 100% de conclusão da última etapa de envase.
- Técnico – Controle de Qualidade: Essa atividade é responsável por garantir que a cor, viscosidade e outros parâmetros da tinta está de acordo com aquela encomendada pelo cliente. Existem aspectos técnicos característicos nesta etapa que não são pertinentes neste trabalho. O importante para o sequenciamento é saber que a sua alocação deve ser feita paralelamente com o Tingimento.
- Tingimento: Representa a etapa onde o colorista injeta os corantes necessários para que a coloração final da tinta seja 100% compatível com a demandada. Essa etapa trabalha em conjunto com o Controle de Qualidade, que controla a cor da tinta.
- Injeção: Etapa de injeção propriamente dita da tinta nas embalagens. Existem, atualmente, cinco linhas de envase na empresa estudada, sendo essas linhas os gargalos produtivos da fabricação. O envase é feito por embalagem, ou seja, cada operação de envase é feita por embalagem demandada pelo cliente. Lembrando que é possível que um lote de produção produza tintas para atender a mais de um cliente.

5.2. COLETA DE DADOS

Os dados foram inteiramente fornecidos pela empresa, resultando nas diversas tabelas necessárias para os *inputs* do *Preactor*.

- Tabela de Lista de Recursos: Fornece todos os Recursos produtivos que serão utilizados para sequenciar as atividades descritas nos roteiros

Recursos [Registro 1 de 83]						
<input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Visualizar"/> <input type="button" value="Mais Ações"/>						
Nome	Descrição	Capacidade Mínima	Capacidade Máxima	Capacidade Nominal	Restrição de Embalagem	Finito ou Infinito
Operador	SR101	0	0	0	N	Infinito
PMD	SR201	0	0	0	N	Finito
Compactor	SR202	0	0	0	N	Finito
Dispensor 1	SR203	0	0	0	N	Finito
Dispensor 2	SR204	0	0	0	N	Finito
DP10	SR205	0	0	0	N	Finito
DS1	SR206	0	0	0	N	Finito
Cowle 5	SR207	0	0	0	N	Finito
Cowle 6	SR208	0	0	0	N	Finito
Cowle 7	SR209	0	0	0	N	Finito
Cowle 8	SR210	0	0	0	N	Finito
Cowle 9	SR211	0	0	0	N	Finito
Drais 1	SR212	0	0	0	N	Finito
Drais 2	SR213	0	0	0	N	Finito
Moinho 3	SR301	0	0	0	N	Finito
Moinho 4	SR302	0	0	0	N	Finito
Moinho 5	SR303	0	0	0	N	Finito
Moinho 6	SR304	0	0	0	N	Finito
Moinho 9	SR305	0	0	0	N	Finito
Moinho Zeta	SR306	0	0	0	N	Finito
DS2	SR401	0	0	0	N	Finito
DS3	SR402	0	0	0	N	Finito
DS5	SR403	0	0	0	N	Finito
Agitadores	SR404	0	0	0	N	Infinito
Supervisorio	SR405	0	0	0	N	Infinito
TQ 19	SR406	5000	20000	0	N	Finito

Figura 32 – Tabela de Recursos

- Tabela de Produtos: Armazena todos os roteiros de fabricação de todos os produtos, como já descrito nos itens acima deste trabalho.

Produtos [Registro 1 de 522]									
<input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Visualizar"/> <input type="button" value="Mais Ações"/>									
Código do Produto	Nome	Código da Tinta	Tipo de Embalagem	Curva ABC	Mínimo de Envase	Conjugado	Fabrica	Envase	MultiploEnvase
11148498001	FUNDO PREP B AGUA	121484980	1	B	648	Sim	Sim	Sim	Não
11148498005	FUNDO PREP B AGUA	121484980	5	A	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201000101	CORALSOL BRANCO	122010001	1	A	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201000104	CORALSOL BRANCO	122010001	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201000201	CORALSOL BRANCO GELO	122010002	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201000204	CORALSOL BRANCO GELO	122010002	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201000801	CORALSOL PRETO	122010008	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201000804	CORALSOL PRETO	122010008	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201001601	CORALSOL PLATINA	122010016	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201001604	CORALSOL PLATINA	122010016	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201016301	CORALSOL AZUL MAR	122010163	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201016304	CORALSOL AZUL MAR	122010163	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201016401	CORALSOL AZUL DEL REY	122010164	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201016404	CORALSOL AZUL DEL REY	122010164	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201016501	CORALSOL CELESTE	122010165	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201016504	CORALSOL CELESTE	122010165	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201035001	CORALSOL VERMELHO	122010350	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201035004	CORALSOL VERMELHO	122010350	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201050001	CORALSOL AMARELO	122010500	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201050004	CORALSOL AMARELO	122010500	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201065101	CORALSOL VDE FOLHA	122010651	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201065104	CORALSOL VDE FOLHA	122010651	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201080201	CORALSOL MARROM	122010802	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201080204	CORALSOL MARROM	122010802	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201081701	CORALSOL CREME	122010817	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201081704	CORALSOL CREME	122010817	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201081801	CORALSOL MARFIM	122010818	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201081804	CORALSOL MARFIM	122010818	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201082201	CORALSOL COLORADO	122010822	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201082204	CORALSOL COLORADO	122010822	4	C	648	Sim	Sim	Sim	Não
11201082801	CORALSOL TABACO	122010828	1	C	648	Sim	Sim	Sim	Não

Figura 33 – Tabela de Produtos

- Tabela de Recursos Secundários: informa todos os Recursos Secundários contidos no modelo.

Recursos Secundários [Registro 1 de 7]					
<input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Visualizar"/> <input type="button" value="Mais Ações"/>					
Nome	Tipo	Cor do Gráfico	Cor do Máximo	Usar como Restrição	Mostrar Gráfico?
Colorista	Operador	Cinza	Cinza	Não	Sim
Dispersão	Não especificado	Cinza	Cinza	Não	Sim
Diluição	Não especificado	Cinza	Cinza	Não	Sim
Laboratório	Não especificado	Cinza	Cinza	Não	Sim
Empilhador	Não especificado	Cinza	Cinza	Não	Sim
Envase	Não especificado	Cinza	Cinza	Sim	Sim
Linha Coringa	Não especificado	Cinza	Cinza	Sim	Sim

Figura 34 – Tabela de Recursos Secundários

- Tipos de Embalagem: As embalagens são os recipientes utilizados na etapa de envase. São essas embalagens que serão de fato despachadas para os clientes.

Tipos de Embalagem [Registro 1 de 10]			
<input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Mais Ações"/>			
Código da Embalagem	Nome	Tipo de Embalagem	Tamanho
1	Galão	Galão	M
4	Quarto	Quarto	P
5	Lata	Lata	G
16	Welba 16	Tambor	T
18	Balde	Balde	G
32	Welba 32	Tambor	T
38	Lata 5L	Lata 5L	5L
95	Welba 95	Tambor	T
96	Quarto Hammerite	Quarto Hammerite	M
97	Galão Hammerite	Galão Hammerite	GH

Figura 35 – Tipos de Embalagem

- Tintas por Tanque: Informa a quantidade mínima e máxima que podem ser alocados dentro de um tanque. Ou seja, caso uma Ordem de produção tenha uma volume a ser produzido maior que o volume máximo de um determinado tanque, esta Ordem não poderá ser alocado dentro deste tanque.

Tintas vs Tanques [Registro 1 de 1376]					
<input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Mais Ações"/>					
Código da Tinta	Prioridade	Uso Emergencial	Recurso Tanque	Quantidade Mínima	Quantidade Máxima
121484980	1	N	SR417	5000	10290
121484980	2	N	SR422	2500	5130
121484980	3	N	SR421	2500	5130
121484980	4	N	SR420	1500	3040
122010001	1	N	SR406	10000	20000
122010001	2	N	SR407	10000	20000
122010001	3	S	SR411	10000	20000
122010001	4	S	SR416	10000	20000
122010001	5	N	SR408	5000	10290
122010002	1	N	SR418	10000	20000
122010002	2	N	SR419	10000	20000
122010002	3	N	SR428	5000	10290
122010002	4	N	SR429	5000	10290
122010002	5	N	SR423	5000	10290
122010002	6	N	SR434	2500	5130
122010002	7	S	SR437	1500	5130
122010002	8	S	SR433	1500	3040
122010008	1	N	SR418	10000	20000
122010008	2	N	SR419	10000	20000
122010008	3	N	SR431	5000	10290
122010008	4	N	SR428	5000	10290
122010008	5	N	SR429	5000	10290
122010008	6	N	SR437	1500	5130
122010008	7	N	SR427	2500	5130

Figura 36 – Tintas por Tanques

o Tanques por Envasadoras: O recurso secundário Linha Coringa tem uma característica especial. Sua utilização depende de qual Tanque a tinta está alocada e qual linha de envase está sendo utilizada para envasar o produto nas embalagens. Essa tabela informa qual tanque a tinta deve estar alocada para que a linha de envase utilize uma linha coringa. A título de informação, existem três linhas coringas disponíveis no chão de fábrica, ou seja, é impossível que mais de três operações de envase que utilizem linha coringa sejam sequenciadas ao mesmo tempo.

Tanques vs Envasadoras [Registro 1 de 219]		
 Salvar  Editar ▼  Mais Ações ▼		
Recurso Tanque	Recurso Envase	Usa linha coringa
SR406	SR701	1
SR406	SR702	1
SR406	SR703	0
SR406	SR704	0
SR406	SR705	1
SR407	SR701	1
SR407	SR702	1
SR407	SR703	0
SR407	SR704	0
SR407	SR705	1
SR408	SR701	1
SR408	SR702	1
SR408	SR703	0
SR408	SR704	0
SR408	SR705	1
SR409	SR701	1

Figura 37 – Tanques por Envasadoras

○ Produtos por Envasadoras: A velocidade da etapa de envase depende do produto que está sendo envasado e em qual envasadora ele foi alocado. Isso se deve à características físicas do produto como a viscosidade do mesmo. Outra característica das linhas coringas é a velocidade de envase: caso a envasadora utiliza linha coringa no seu processamento, a velocidade de processo é menor. Em outras palavras, a duração da operação é maior, impactando no lead time final da ordem. Essa tabela informa a velocidade de envase por produto envasado por envasadora.

Produtos vs Envasadoras [Registro 1 de 1796]					
<input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Mais Ações"/>					
Código do Produto	Nome	Recurso Envase	Velocidade Principal	Velocidade Secundária	VolumeEmbalagem.t
11148498001	FUNDO PREP B AGUA	SR701	18	18	3.60
11148498001	FUNDO PREP B AGUA	SR702	18	18	3.60
11148498001	FUNDO PREP B AGUA	SR703	18	18	3.60
11148498001	FUNDO PREP B AGUA	SR704	38	38	3.60
11148498005	FUNDO PREP B AGUA	SR705	2	2	18.00
11201000101	CORALSOL BRANCO	SR701	24	24	3.60
11201000101	CORALSOL BRANCO	SR702	24	24	3.60
11201000101	CORALSOL BRANCO	SR703	24	24	3.60
11201000101	CORALSOL BRANCO	SR704	40	40	3.60
11201000104	CORALSOL BRANCO	SR701	41	41	0.90
11201000104	CORALSOL BRANCO	SR702	41	41	0.90
11201000104	CORALSOL BRANCO	SR703	41	41	0.90
11201000201	CORALSOL BRANCO GELO	SR701	24	24	3.60
11201000201	CORALSOL BRANCO GELO	SR702	24	24	3.60
11201000201	CORALSOL BRANCO GELO	SR703	24	24	3.60
11201000201	CORALSOL BRANCO GELO	SR704	40	40	3.60
11201000204	CORALSOL BRANCO GELO	SR701	41	41	0.90
11201000204	CORALSOL BRANCO GELO	SR702	41	41	0.90
11201000204	CORALSOL BRANCO GELO	SR703	41	41	0.90
11201000801	CORALSOL PRETO	SR701	24	24	3.60
11201000801	CORALSOL PRETO	SR702	24	24	3.60
11201000801	CORALSOL PRETO	SR703	24	24	3.60
11201000801	CORALSOL PRETO	SR704	40	40	3.60
11201000804	CORALSOL PRETO	SR701	41	41	0.90
11201000804	CORALSOL PRETO	SR702	41	41	0.90
11201000804	CORALSOL PRETO	SR703	41	41	0.90

Figura 38 - Produtos por Envasadoras

- Tintas por Lotes Padrão: Informa os tamanhos de lote padrão por tinta. Utilizado para a geração das ordens.

Tinta vs Lote Padrão [Registro 1 de 227]		
<input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Mais Ações"/>		
Código do Produto	Nome	Tamanho do Lote
11201000101	CORALSOL BRANCO	20000
11201000104	CORALSOL BRANCO	20000
11202282701	EMBELEZA CERAMICA	20000
11202282704	EMBELEZA CERAMICA	20000
11202401401	TINTA GRAFITE CLARO	20000
11202401401	TINTA GRAFITE CLARO	10000
11202401404	TINTA GRAFITE CLARO	20000
11202401404	TINTA GRAFITE CLARO	10000
11202401901	TINTA GRAFITE ESCURO	20000
11202401901	TINTA GRAFITE ESCURO	10000
11202401904	TINTA GRAFITE ESCURO	20000
11202401904	TINTA GRAFITE ESCURO	10000
11202636801	ZARCORAL FDO ANTIOXIDO	20000
11202636804	ZARCORAL FDO ANTIOXIDO	20000
11211000101	CORALIT AB BRANCO	15000
11211000104	CORALIT AB BRANCO	15000
11211000116	CORALIT AB BRANCO	15000
11211000118	CORALIT AB BRANCO EX	15000
11211000132	CORALIT AB BRANCO	15000
11211001701	CORALIT AB ALUMINIO	10000
11211001701	CORALIT AB ALUMINIO	5000
11211001704	CORALIT AB ALUMINIO	10000
11211001704	CORALIT AB ALUMINIO	5000

Figura 39 - Tintas por Lotes

- **Geração das Ordens:** As ordens e todas as atividades a serem sequenciadas pela Regra de Programação são geradas pelo *DefPro*, que recebe a demanda como *input* e gera as ordens a partir de regras específicas, como tamanho dos lotes, grupo de recursos, entre outros.
- **Regra de Programação da Produção:** A Regra de Programação personalizada, foco deste trabalho, foi desenvolvida a partir de especificações feitas junto ao cliente. Cada função desenvolvida pela regra será descrito nos próximos itens.

5.3. DEFPRO

O *DefPro* é, em termos, um gerador de Ordens de Produção. Sua integração com o *Preactor* é a base para o Sequenciamento das Operação, pois é ele quem as cria, de acordo com diversas regras:

5.3.1. Acesso

O acesso ao *DefPro* é feito através de um botão no quadro de programação do *Preactor*. A tela abaixo apresenta a demanda importada do ponto de pedido com as configurações do produto.

Item	Qtd Max Lote	Qtd Envasada	Qtd PP	Dt Entrega	Curva ABC	Tinta	Conjuga	Fabrica?	Tem Envase?	Min Fabric.	Max Fabric.	Emb.	Esto Estim.
11211000101	6000	0	68700	02/11/2000	A	1221100...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	15000	15000	1	3088
11230600101	40000	0	58420	27/10/2000	A	1223060...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	20000	20000	1	-309
11211100101	40000	0	49162	08/11/2000	A	1221110...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	20000	20000	1	-919
11211000104	30000	0	30535	05/11/2000	A	1221100...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	15000	15000	4	4319
113.99195.01	20000	0	33805	13/11/2000	A	113.99195	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1500	20000	1	6530
11212000101	20000	0	32023	05/11/2000	A	1221200...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	20000	20000	1	-167
113.99060.01	20000	0	31617	06/11/2000	A	113.99060	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1500	20000	1	7125
113.92180.01	20000	0	28941	11/11/2000	A	113.92180	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10000	20000	1	8269
113.99170.01	20000	0	27609	11/11/2000	A	113.99170	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1500	20000	1	2297
11211200101	20000	0	25788	12/11/2000	A	1221120...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	20000	20000	1	6537
11211000201	20000	0	24190	10/11/2000	A	1221100...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1500	20000	1	6582
113.92183.01	20000	0	23017	14/11/2000	B	113.92183	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10000	20000	1	3240
11211001401	20000	0	21712	06/11/2000	A	1221100...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1500	10000	1	510
11215100101	20000	0	21107	11/11/2000	A	1221510...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5000	10000	1	2257
11148498005	10000	0	18936	05/11/2000	A	1214849...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1500	10000	5	4725
11211050001	10000	18733	18733	09/11/2000	A	1221105...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5000	10000	1	82

Figura 40 – Tela inicial do DefPro com a Demanda importada

No segundo momento são geradas as ordens de fabricação e envase.

Tinta	Emb.	Qtd Demanda	Qtd Fabricar	Dt Entrega	Conjuga	Fabrica	Envase	Lote Padrao	Solver	Min Fabric.	Max Fabric.	Qtd Excesso	Lista Tanque
122152016	1	333	800	08/11/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	800	5000	467	:SR439
122152820	1	429	800	08/11/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	800	5000	371	:SR439
122152004	1	169	800	22/11/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	800	5000	631	:SR439
122152020	1	234	800	30/11/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	800	5000	566	:SR439
122152831	1	180	800	01/12/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	800	5000	620	:SR439
135.00357	1	607	1500	28/09/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1500	10000	893	SEM TA...
135.00349	1	1203	1500	03/10/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1500	10000	297	SEM TA...
135.00306	1	734	1500	10/10/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1500	10000	766	SEM TA...
135.00310	1	1207	1500	11/10/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1500	10000	293	SEM TA...
135.00388	1	675	1500	12/10/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1500	10000	825	:SR426
135.00322	1	770	1500	14/10/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1500	10000	730	SEM TA...
135.00307	1	740	1500	15/10/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1500	10000	760	SEM TA...
136.00306	1	127	1500	16/10/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1500	10000	1373	SEM TA...
135.00351	1	514	1500	17/10/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1500	10000	986	SEM TA...
135.00378	1	863	1500	18/10/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1500	10000	637	:SR426
135.00382	1	371	1500	20/10/2000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1500	10000	1129	:SR426

Figura 41 – Tela inicial do DefPro com as Ordens geradas

O botão Salvar Sequência é usado para confirmar a numeração das ordens de fabricação e envase.

5.3.2. Regras do DefPro

a) Usar como prioridade a data de entrega, curva ABC e maior volume. Ou seja, o *DefPro* gerar um número de prioridade para as ordens de produção de forma que atenda, em ordem decrescente de prioridade, a data de entrega, a curva ABC do produto demandado e o volume do pedido.

b) Obedecer ao roteiro condicional e fluxo alternativo. A quantidade a fabricar determina o roteiro que será usado. Existem mais de um roteiro possível para uma ordem, dependendo do produto que será envasado, do volume do mesmo e em quais embalagens ele será envasado.

c) A tabela de Produto Final possui uma configuração de ordem se deve ou não criar ordem de envase, fabricação ou ambas. Para os produtos que só envasam deve existir uma operação de configuração no roteiro, para obter a família de cor e o tipo de cor. Em outros termos, é possível que uma ordem seja de apenas envase (operação de tanque mais operações de envase), apenas de fabricação da tinta ou ambas (situação mais comum)

d) Regra de mínimo de envase:

A tabela Produto Final contém o campo mínimo de envase que irá determinar qual é o mínimo que aquele produto pode ser envasado, esse campo deverá ser considerado pelo *DefPro* depois que utilizar o *solver* e se caso o *solver* gerar uma quantidade menor que a do campo mínimo de envase, essa quantidade deverá ser distribuída para o produto que não é múltiplo de envase com menor dias de giros.

Aplicar o *solver* quando existir excesso e quando conjugar embalagens.

O *solver* é aplicado para determinar o menor dia de giro do produto no estoque variando o excesso. Segue a fórmula:

Dias de giro = ((volume a produzir + estoque estimado no final do horizonte) /
Projeção de faturamento) * 30 dias

Minimiza a célula da fórmula: Max(dias de giro) – Min(dias de giro)

e) Quando selecionar os tanques possíveis verificar a restrição da embalagem ao selecionar o tanque. A ordem de fabricação de item conjugado conterá a referência do menor código de embalagem, da menor data de entrega e do maior valor para Curva ABC.

f) Se a quantidade da demanda for maior que o lote máximo de fabricação será criada uma ordem com este volume. Se o volume resultante for menor que o lote máximo ele será conjugado com outros produtos da mesma tinta. Se ocorrer excesso, aplicar o *solver*.

Para minimizar o *setup* de embalagens, serão criadas as ordens com quantidade máxima de fabricação e na última ordem estarão os produtos conjugados, se houver excesso será aplicado *solver*.

Segue o exemplo: Demanda 25000 litros, tamanho padrão 20000 litros

Resultado:

Será criada uma ordem de fabricação de 20000 litros sem conjugar e outra de 20000 conjugando outros produtos da mesma tinta.

Quando não conjuga, a quantidade a envasar é a mesma da fabricação. Não há distribuição de excesso.

Campanha

Usada para aumentar a produção de produtos de uma determinada família de cor a fim de otimizar *setup* para atender uma demanda alta. Isso implica em alterar os cadastros de produtos, lotes padrões e a lista de tanques que se pode fabricar.

Por exemplo, tanques de 20.000 litros passam a só fabricar brancos e o tamanho padrão a ser 20.000 litros para todos os brancos.

As tabelas de Produto Final, Tinta vs Tanques e Lote padrão serão duplicadas para gravar esses cadastros de campanha.

Para o *DefPro* considerar essa nova configuração é necessário ir na tabela de Parâmetros Gerais e habilitar o parâmetro Campanha.

5.3.3. Quebra de Lote

Após as ordens terem sido geradas no *DefPro*, a regra de seqüenciamento no *Preactor* desprogramará, caso o usuário assim deseje, todas as ordens Não Iniciadas que não estejam congeladas e programará todas as ordens com status 'DefPro', 'Liberada' e 'Não Liberada' de acordo com a prioridade.

Nesse momento a regra de seqüenciamento do *Preactor* testará a data de entrega ordem a ordem. Caso atenda, as ordens subseqüentes serão testadas.

Caso contrário, a regra de seqüenciamento enviará o número da ordem ao *DefPro* para quebrar o lote e obter informações chaves que serão utilizadas para criar as novas ordens, por exemplo, o volume de fabricação, a tinta, o produto envasado, a quantidade de envase e a quantidade excedida de fabricação. Com base nessas informações, o quadro de configuração do *DefPro* será atualizado e as regras do *DefPro* aplicadas nas novas ordens geradas.

Na tabela de ordem do *DefPro* serão geradas novas ordens com a tinta correspondente, uma com a quantidade imediatamente inferior sem os excessos de fabricação, outra com a quantidade restante podendo essa ser dividida em novos lotes, caso não seja encontrado tanque de fabricação para o volume especificado o *DefPro* retornará para a regra de seqüenciamento nenhuma ordem, a qual, manterá o atraso da ordem original. Exemplo: Volume da Ordem de Teste: 20.000

Tabela 2 – Tabela de Exemplo para Quebre de Lote do *DefPro*

Tanque	Mín. Tanque	Máx. Tanque	Lote Padrão	Resultado
T1	10.000	20.000	10.000, 20.000	Gera 2 ordens de configuração de 10.000. Retorna 2 ordens para a regra de seqüenciamento efetuar o teste.
T2	5.000	10.290		

Caso as ordens sejam geradas com sucesso, o *DefPro* retornará as novas ordens para a regra de seqüenciamento do *Preactor* que testará a capacidade dos tanques novamente.

O término do teste será quando atingir o valor parametrizado, definido na tabela Parâmetros Gerais, ou quando não é possível quebrar mais o lote.

Existem casos que o lote não pode ser quebrado porque o produto é fabricado em lotes padrões de 20000 litros.

5.3.4. Fluxograma

Em resumo, o fluxograma abaixo ordena todas as atividades feitas pelo *DefPro*:

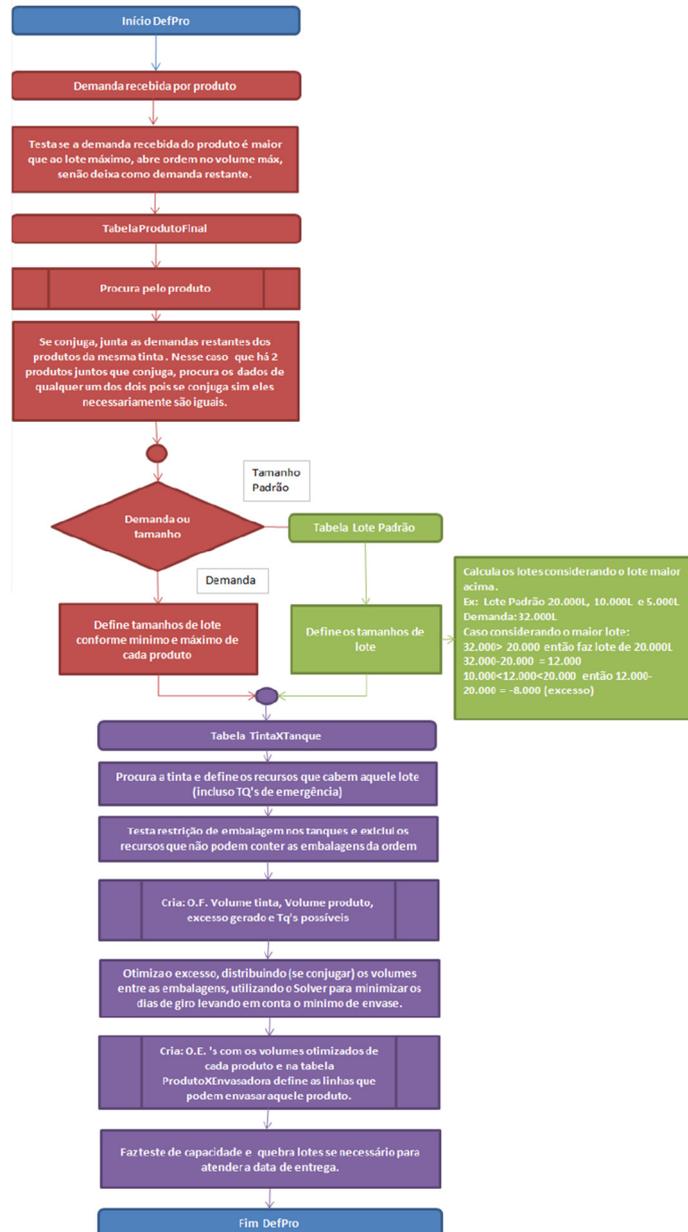


Figura 42 – Atividades Ordenadas do DefPro

5.4. REGRA DE SEQUENCIAMENTO

A regra desenvolvida para o sequenciamento da produção, foco deste trabalho, foi especificada de acordo com a necessidade da empresa estudada.

Para que as rotinas especificadas para a solução funcionem corretamente foi definido um fluxo de funcionamento da solução como um todo. Este fluxo visa

manter a integridade e confiabilidade dos dados gerados pelo *Preactor* e suas integrações com demais sistemas. Abaixo temos esse fluxo:

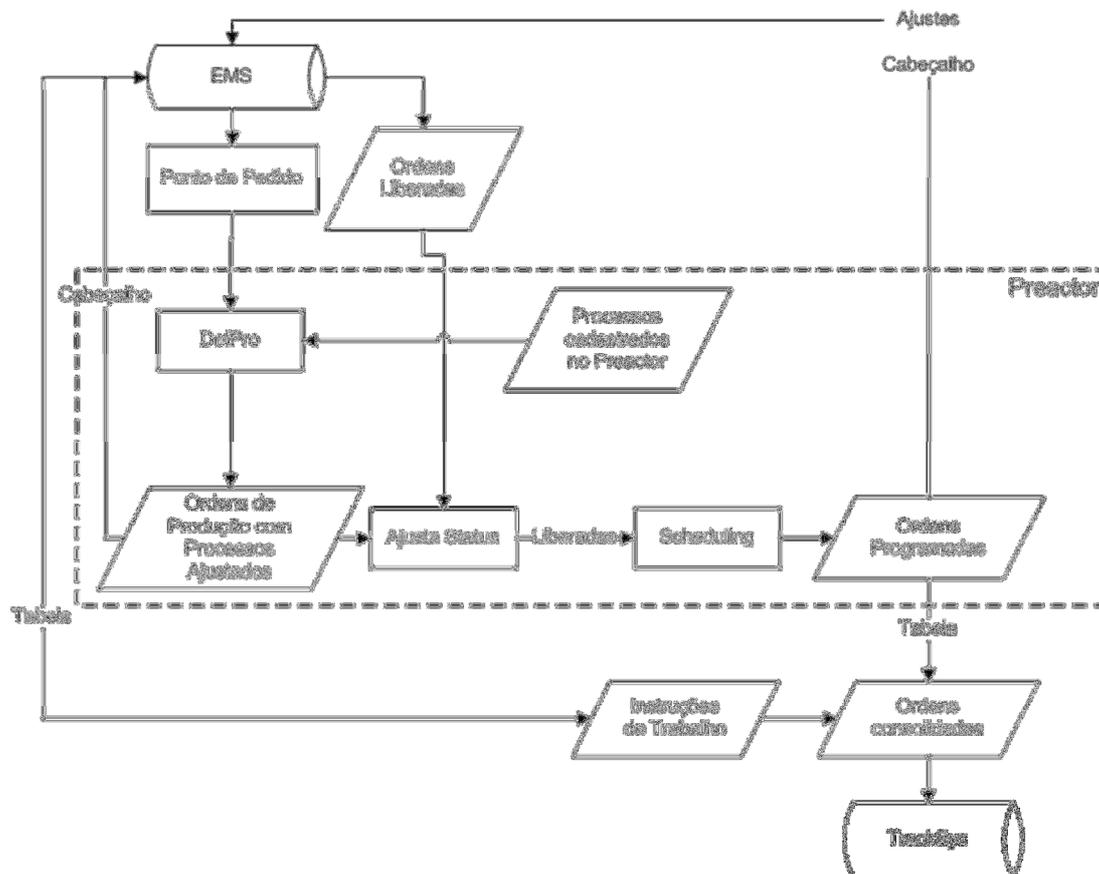


Figura 43 – Fluxo Geral da Solução

Em resumo, segue descritivo das principais etapas da solução como um todo.

- Importação das informações básicas: Recursos, Grupo de Recursos, Produtos, Roteiro, Família de cores, Matriz de família de cores, Tipo de tinta Base, Tintas, Tintas x Tanques, Lista de Materiais, Tipo de Embalagem, Tabela de Produtos vs Envasadora, Tabela de Tinta vs Lote Padrão, entre outras tabelas.
- Geração das ordens de produção através do *DefPro*.
- Desprogramação de todas as ordens não iniciadas, caso o usuário assim deseje.
- Roda-se a regra de sequenciamento para todas as ordens. A regra deve sequenciar ordem a ordem considerando as regras de porcentagem de transferência

fixa e estender operação tanque, que serão descritas nos itens seguintes deste trabalho.

- Executa-se o Teste de Capacidade de Tanques para a ordem atual.

- Sequenciam-se as linhas de envase considerando a regra de volume mínimo para separação do envase, a regra para cálculo da velocidade de envase e o Uso das Linhas Coringas.

- Se não for possível atender a data de entrega com o tamanho de lote atual a regra deve quebrar o lote e o processo é realizado novamente com o novo tamanho de lote até que seja atendida a data de entrega ou o número máximo em que lote pode ser quebrado seja atingido, neste caso a Ordem original é programada;

- Assim que as ordens estejam programadas, todas com status *Defpro* devem ser enviadas ao ERP para alteração do Status (Liberada/Não liberada).

- O ERP devolve a lista de Ordens com os Status atualizados.

- Os Status das Ordens são atualizados, as ordens são então desprogramadas.

- As Ordens com Status Liberada são programadas Ordem a Ordem.

- Roda-se o teste de Capacidade para a ordem atual.

- São Sequenciadas as linhas de envase considerando a regra de volume mínimo para separação do envase, a regra para cálculo da velocidade de envase e o Uso das Linhas Coringas.

- A programação com as ordens liberadas é salva e enviada.

5.4.1. Rotinas da Regra

Foram desenvolvidas várias rotinas especiais para atender as necessidades específicas do processo produtivo de tintas. Todas as rotinas foram dimensionadas e validadas junto ao cliente. Abaixo segue descritivo dessas rotinas.

5.4.1.1. Ordem de Sequenciamento

Após as ordens terem sido geradas no *DefPro*, o usuário do *Preactor* deverá chamar a regra de sequenciamento. A regra irá utilizar como base a programação para frente por prioridade e sequenciará ordem a ordem. O campo prioridade é numérico e será calculado pelo *DefPro* utilizando a seguinte fórmula:

$$DATA DE ENTREGA \textit{(formato Juliano)} * 1000 + CURVA ABC - QUANTIDADE DA ORDEM / 10000$$

Onde: Os valores para Curva ABC são: A = 100, B = 200, C = 300.

5.4.1.2. Porcentagem de Transferência Fixa

Durante o sequenciamento de uma ordem, deverá ser levada em consideração a porcentagem de transferência podendo esta ser fixa ou não. Nos casos onde houver porcentagem de transferência e ela sendo fixa, a próxima operação deverá ser iniciada exatamente no tempo estabelecido. Caso não haja disponibilidade do recurso para a operação, a ordem será atrasada até que se consiga um programação que atenda a esta regra, ou desprogramada por falta de disponibilidade de recurso.

5.4.1.3. Teste de Capacidade do Tanque

Durante o sequenciamento priorizar os tanques de menor volume testando, por grupos, se atenderá ou não a data de entrega. Teste de capacidade do tanque será

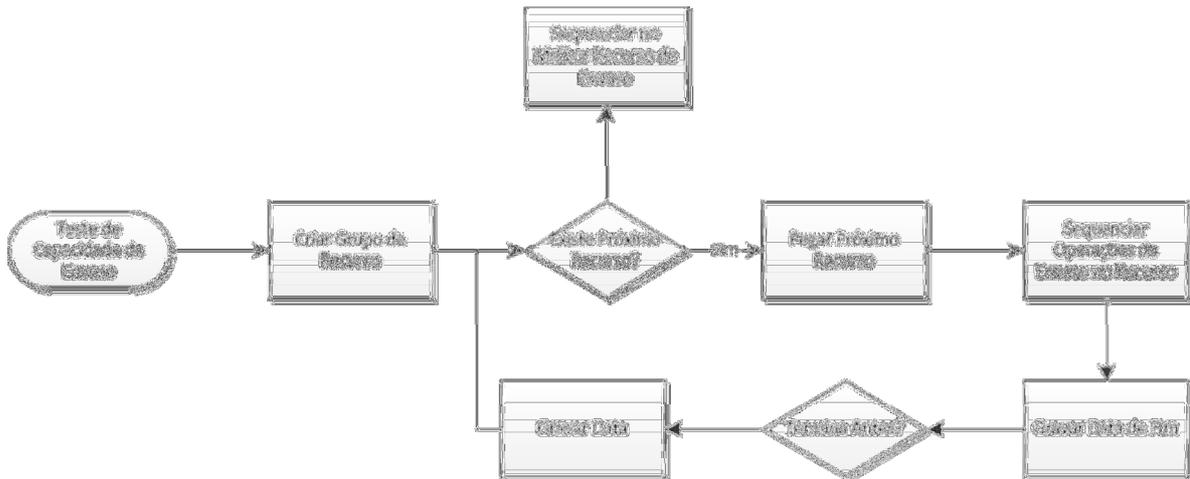


Figura 45 – Fluxograma do Teste de Capacidade do Envase

5.4.1.5. Velocidade das Linhas de Envase

Durante o sequenciamento a regra deve calcular o tempo de processamento da operação de envase. O calculo é feito utilizando a seguinte formula:

Volume (Quantidade da Operação Envase - Litros) / Tamanho da Embalagem (Tabela Produto vs Envasadora - Litros) / Velocidade da linha (Tabela Produtos vs Envasadoras – Embalagens por Minuto) / Eficiência do Recurso (Na tabela de Recursos – Porcentagem).

Sendo que cada linha de envase pode assumir duas velocidades, a primeira utilizada de forma padrão e a segunda velocidade quando se usa linhas coringas.

5.4.1.6. Volume Mínimo para Separar Envase

A regra irá verificar em qual linha de envase serão programadas as ordens. A regra deverá considerar que todos os envases da ordem serão programados na mesma linha, com exceção para os casos onde o volume mínimo para separar envase for atingido. Neste caso se houver entre as operações de envase alguma onde o tipo de embalagem seja igual a galão deve-se realizar o teste com essa operação de envase na linha especifica para envase de galões.

Na prática, essa rotina tem por objetivo reduzir a quantidade de setups que serão efetuados durante o processo produtivo, principalmente devido a troca de tintas com cores diferentes, pois o setup para tal utiliza uma grande quantidade de solventes, que são caros e prejudiciais à natureza.

5.4.1.7. Uso de Tanque Emergencial

O *DefPro* deverá gerar dois grupos de recurso para uma ordem, um contendo o grupo de recursos normal e outro grupo contendo, além dos os tanques normais, os tanque emergenciais. O programador irá utilizar uma *flag* para marcar qual grupo irá utilizar e automaticamente será alterado o grupo de recursos para a Ordem na própria configuração do *Preactor*. Para que a programação fique correta as ordens terão que ser desprogramadas e programadas novamente utilizando a regra de sequenciamento.

Figura 46 – Flag para usar Tanque Emergencial

O uso de tanque emergencial é utilizado quando as datas de entrega das Ordens estão apertadas, necessitando de mais opções para o sequenciamento das Ordens para que o Teste de Capacidade tenha mais chances de atender a data de entrega.

5.4.1.8. Linhas Coringas

Durante o sequenciamento das operações de envase a regra deverá verificar se a linha de envase selecionada utiliza linhas coringa para o tanque que está sendo utilizado. Nesse caso deverá ser verificado se existem linhas coringa disponíveis para o uso da linha de envase. O máximo de uso de linhas coringa é de três linhas.

O controle do uso será feito por uso de restrição secundária especificado no momento do sequenciamento.

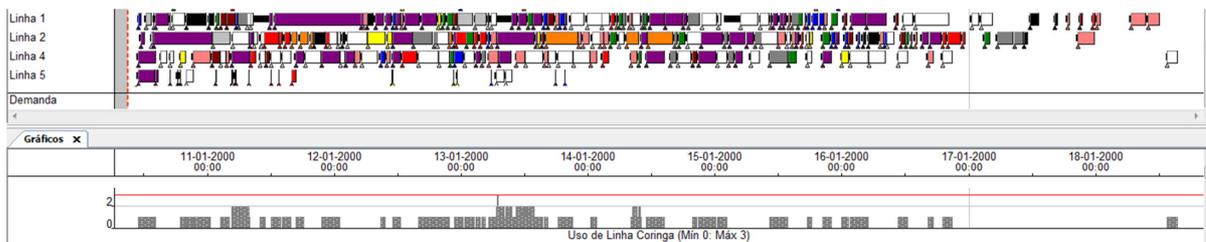


Figura 47 - Operações de Envase e o gráfico de utilização de linhas coringas

As linhas coringas são utilizadas quando um produto está alocado em um determinado tanque e será envasado em linhas de envase específicas. Isso ocorre pois, para determinadas configurações, a tinta deverá passar por linhas de conexão (linhas coringas) para que seja possível essa transferência do tanque para a linha. A tabela Tanques por Envasadoras informa se será utilizado Linha Coringa ou não. Veja abaixo imagem para exemplificar:

Tanques vs Envasadoras [Registro 10 de 220]		
 Salvar Editar ▼ Mais Ações ▼		
Recurso Tanque	Recurso Envase	Usa linha coringa
SR406	SR701	1
SR406	SR702	1
SR406	SR703	0
SR406	SR704	0
SR406	SR705	1
SR407	SR701	1
SR407	SR702	1
SR407	SR703	0
SR407	SR704	0
SR407	SR705	1
SR408	SR701	1

Figura 48 - Tabela Tanques por Envasadoras

No exemplo assim, a linha realçada representa que, caso o produto esteja alocado no tanque SR407 (Tanque 20) e o produto envasado na linha SR705 (Linha 5) o produto deverá passar por uma Linha Coringa para poder realizar o processamento. Atualmente existem três linhas coringas na empresa, o que significa na prática que não é possível sequenciar mais de três envases ao mesmo tempo que utilizam Linhas Coringas para a transferência do tanque para a linha de envase.

5.4.1.9. Estender Operação do Tipo Tanque

As operações do tipo tanque deverão ser estendidas até o fim da última operação de envase. Para a identificação desta operação será utilizado um campo identificador. A regra deverá ser aplicada após o sequenciamento da Ordem uma vez que depende das operações posteriores.

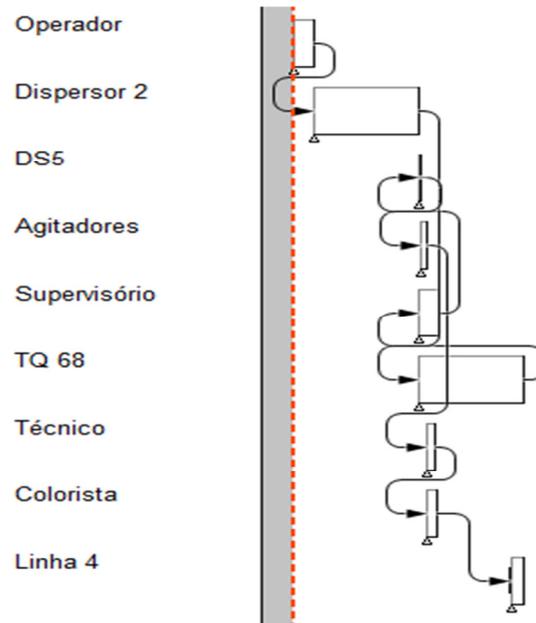


Figura 49 – Operação de tanque estendida até o final da Operação de Envase.

Essa funcionalidade foi criada para atender a uma situação específica que não pode ser tratada de maneira padrão no *Preactor*. O produto a ser envasado ocupa o tanque até que todo o líquido tenha sido processado nas linhas de envase. Isso é válido já que o tanque representa um papel de armazenagem e distribuição do produto nas envasadoras.

5.4.1.10. Quebra de Lote

Se durante os testes de capacidade e de envase for constatado que não será possível atender a data de entrega será realizada a quebra do lote de acordo com os parâmetros estipulados para o teste.

Para que a quebra de lotes ocorra o *Preactor* deverá passar para o *DefPro* o número da Ordem que se deseja quebrar. O *DefPro* irá gerar novamente ordens para a respectiva demanda com tamanho de lote padrão inferior ao atual, de acordo com a tabela de lote padrão.

O *DefPro* deverá retornar após criar as ordens uma lista com os números de ordens criadas e os testes de capacidade deverão ser executados novamente até que as ordens atendam o prazo de entrega ou seja atingido a quantidade máxima de

quebras de lotes. Caso a ordem gerada não atenda a data de necessidade será restaurada a ordem original.

5.4.1.11. Folga Máxima Após Operação Anterior

Após todo o sequenciamento da Ordem de produção, será verificado se a restrição de Folga Máxima é atingida entre a primeira Operação de envase e o início da operação anterior à essa operação. Em geral, essa folga é de dez horas, ou seja, após o término da operação antecessora à primeira operação de envase, não deve existir uma folga maior que dez horas. Caso essa restrição não seja respeitada, toda a Ordem será desplanejada e um novo sequenciamento para ela será feito em um momento mais a frente no horizonte de programação.

Editar Ordens Atributos da Operação	
<input checked="" type="checkbox"/> Permitir Sequenciamento	
Percentual de Transferência	100.00
TempoTransf	0 Horas 45 Mins
<input type="checkbox"/> Transferência Fixa?	
Descrição do Recurso	SR601
Centro de Trabalho	Não especificado
Quantidade de Transferência	5000.00
<input type="checkbox"/> Sincronizar Transferência	
Folga Mínima Após Operação Anterior	0 Horas 00 Mins
Razão Crítica	52705.90
Horizonte de Otimização	7 Dias 0:00
Observações	
Tempo Máximo Para Próxima Operação	10 Horas 00 Mins
Tipo do Intervalo	Sem Limite
% Máximo de Incremento na Duração	Infinito
Tipo da Operação	

Figura 50 – Local da informação Tempo Máximo para Próxima Operação

A Folga Máxima para Próxima Operação impede que o produto a ser envasado fique armazenado durante muito tempo nos tanques. Essa armazenagem pode degradar o produto, impossibilitando o seu uso, fazendo com que o material e capacidade utilizada para a produção do mesmo seja perdida.

5.4.1.12. Minimização de Setup

A processo produtivo de tintas agrediu muito a natureza, principalmente devido aos solventes usados nos tanques e linhas de envase para trocas de tintas. O tratamento desses solventes depois do uso é extremamente complicado e custoso, o que acaba fechando alternativas para uma tratativa mais completa da situação.

A imagem abaixo ilustra bem como ocorre o setup para troca de tinta. A linha 1 precisa de um setup para troca de cor (utilizando solventes) para a produção de uma tinta de cor verde depois de terminar de processar uma tinta de cor roxa.

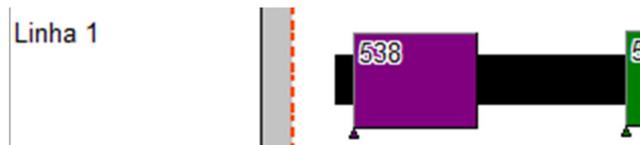


Figura 51 - Setup para Troca de Cor

A tabela abaixo mostra os valores dos tempos de setup que são utilizados quando ocorrem trocas de cores na Linha 1.

Tabela 3 - Tempos Setup para Troca de Cor

Setup Dependente da Família de Cor

To	From	Azul/Verde	Aluminio	Branco	Cinza	Cores Claras	Marrom/Vermelho	Preto	Vernizes	Amarelo Puro	Vermelho Puro	Preto Zero	Coralt Zero BT
Azul/Verde	Azul/Verde	0 Horas 30 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 35 Mins
Aluminio	Azul/Verde	0 Horas 40 Mins	0 Horas 30 Mins	0 Horas 40 Mins									
Branco	Azul/Verde	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 30 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 40 Mins
Cinza	Azul/Verde	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 30 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins
Cores Claras	Azul/Verde	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 30 Mins	0 Horas 40 Mins						
Marrom/Vermelho	Azul/Verde	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 30 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 30 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 35 Mins
Preto	Azul/Verde	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 30 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 30 Mins	0 Horas 35 Mins
Vernizes	Azul/Verde	0 Horas 30 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 30 Mins									
Amarelo Puro	Azul/Verde	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 30 Mins	0 Horas 40 Mins						
Vermelho Puro	Azul/Verde	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 30 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 30 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 35 Mins
Preto Zero	Azul/Verde	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 30 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 40 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 30 Mins	0 Horas 35 Mins
Coralt Zero BT	Azul/Verde	0 Horas 30 Mins	0 Horas 35 Mins	0 Horas 30 Mins									

Em vista disso, a Minimização de Setup vem com um apelo tanto econômico, na medida que o custo dos solventes é alto, tanto quanto ambiental, pois os solventes utilizados são extremamente tóxicos. Para tal, foram criadas duas rotinas para diminuir os setups para troca de cor, que são:

Agrupamento das Ordens por Horizonte de Agrupamento

A possibilidade de agrupar as Ordens apenas pelas cores de modo que todas as Ordens amarelas sejam sequenciadas primeiro para depois Ordens de alguma outra cor seja sequenciada parece, a primeira vista, ideal. Entretanto, Ordens com Data de

Entrega folgadas serão sequenciadas na frente de Ordens urgentes, o que gerará atrasos e, conseqüentemente, multas.

Desta forma, o parâmetro Horizonte de Agrupamento foi criado para que esse problema seja contornado. O Horizonte de Agrupamento tem a função de agrupar as Ordens por cor de acordo com uma quantidade de dias informado pelo usuário. Em resumo, os passos executados por essa rotina são:

a) Ordenar uma fila de Ordens de acordo com a prioridade calculada pelo DefPro. Lembrando que essa prioridade utiliza como base a Data de Entrega da Ordem.

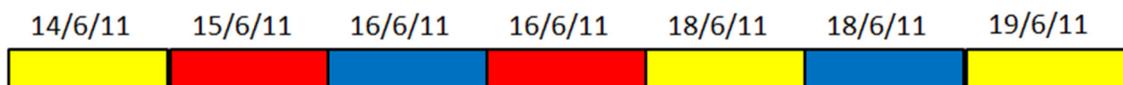


Figura 52 - Ordenação das Ordens por Prioridade

b) Após isso, imaginando um Horizonte de Agrupamento igual a três dias, as Ordens serão agrupadas de acordo com a sua cor dentro desse horizonte de dias. Ou seja, a primeira Ordem (amarela e com Data de Entrega para o dia 14/6) será utilizada como base para que Ordens amarelas sejam agrupadas três dias a frente (dias 14, 15 e 16). O resultado disso é mostrado na figura abaixo:

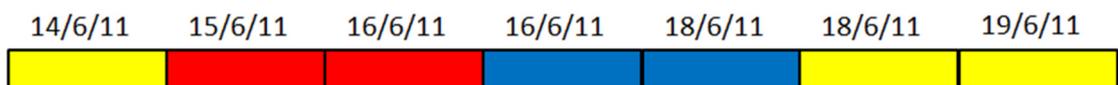


Figura 53 - Ordenação das Ordens por Prioridade e Horizonte de Agrupamento

Apesar de parecer a solução perfeita e que abrange duas situações distintas: Data de Entrega e Cor das Ordens, isso não é suficiente. Como existem cinco linhas de envase, o resultado do sequenciamento das Ordens acima pode ficar assim:

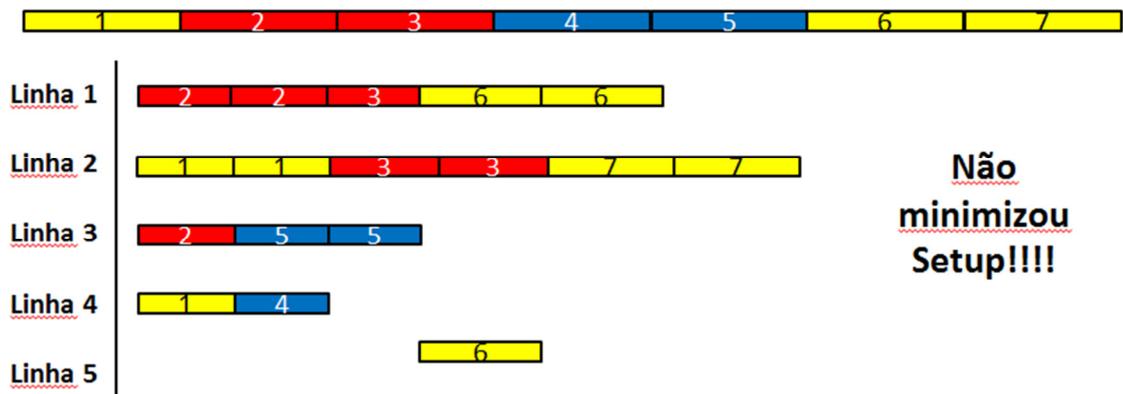


Figura 54 - Problema do Horizonte de Agrupamento

Os números nas Operações representam de qual posição da fila elas vieram, ou seja, as Operações com o número um foram sequenciadas primeiro, as com o número dois foram sequenciadas logo em seguida e assim por diante.

Para resolver esse problema, foi desenvolvida uma nova rotina que completa a solução proposta pelo Horizonte de Agrupamento.

Verificar Operações Antecessoras.

Essa rotina fará com que, antes que as Operações de envase da Ordem sejam sequenciadas, uma verificação das Operações antecessoras seja feita para tentar localizar Operações já sequenciadas e que tenham a mesma cor para que essas novas Operações de envase sejam alocadas na mesma linha que essas Operações já alocadas. Obviamente, além dessa verificação, a rotina deve respeitar a Data de Entrega da Ordem, ou seja, caso exista uma Operação de envase da mesma cor, mas caso o sequenciamento nessa linha acarrete em um atraso na Ordem, a rotina deverá procurar outra linha até achar uma que atenda a Data de Entrega. A imagem abaixo ilustra o básico executado nessa rotina:

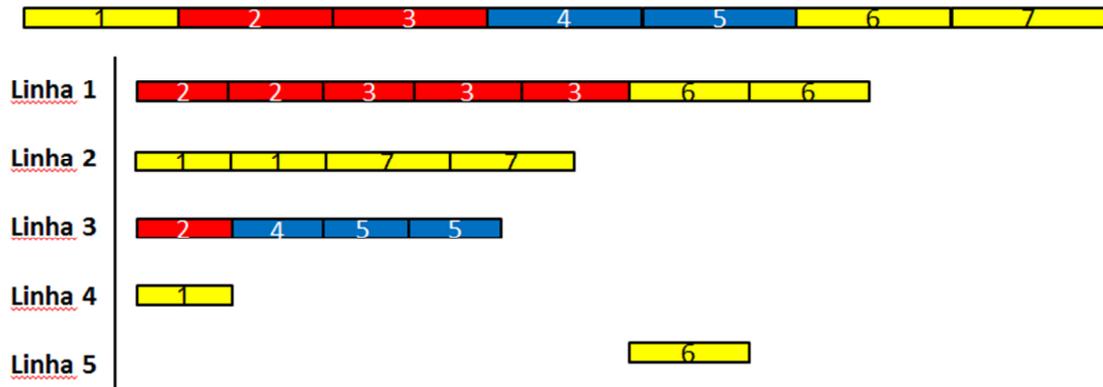


Figura 55 - Sequenciamento das Ordens com Horizonte de Agrupamento e Verificação das Operações Auxiliares.

Essas duas rotinas atuando em conjunto representam a solução ideal para a empresa, já que existirá uma redução drástica dos setups de troca de cor e o parâmetro principal e de interesse da empresa, que é atender a Data de Entrega, vai ser respeitado.

5.4.2. Sequenciamento das Operações

O sequenciamento utiliza o princípio do sequenciamento Ordem-a-Ordem, onde todas as operações de uma Ordem são sequenciadas antes que a próxima Ordem possa iniciar o sequenciamento. Tendo isso em vista, quando o usuário utilizar a Regra Personalizada para realizar o planejamento das operações, três perguntas serão feitas:

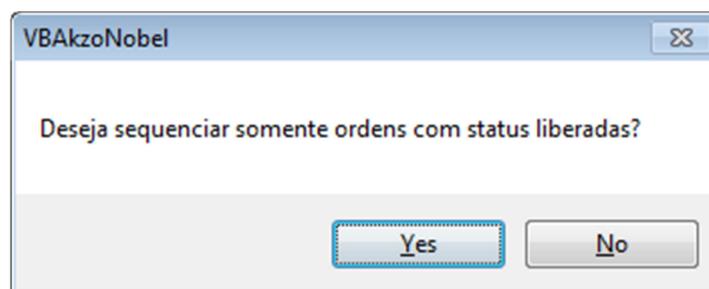


Figura 56 – Primeira pergunta antes de seqüenciar

Caso o usuário escolher a opção *Yes*, apenas as Ordens com o status *DefPro* serão sequenciadas, caso contrário todas as Ordens de produção serão alocadas no gráfico de *gantt*. Ordens com status *DefPro* são aquelas liberadas pelo ERP e que já podem de fato iniciar o processamento das atividades.

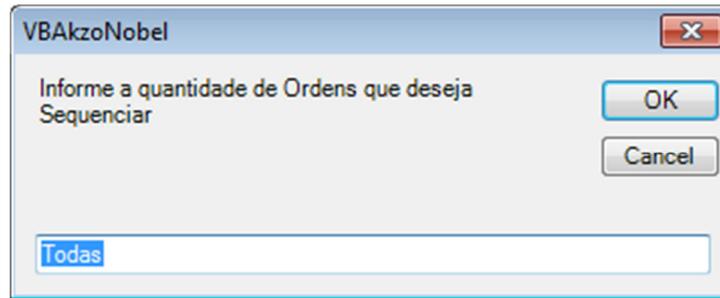


Figura 57 - Segunda pergunta antes de seqüenciar

O usuário tem a opção de escolher uma quantidade de Ordens que deseja programar. Essa funcionalidade melhora a performance da programação, pois apenas as Ordens mais prioritárias serão alocadas, melhorando o tempo de resposta da regra.

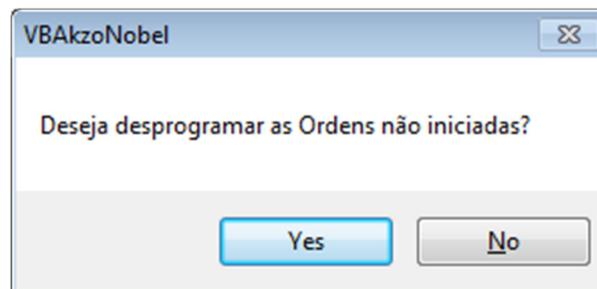


Figura 58 - Terceira pergunta antes de seqüenciar

Caso o usuário deseje desprogramar as Ordens não iniciadas, todas as Ordens que ainda não tiverem pelo menos uma Operação iniciada no chão de fábrica serão desalocadas do gráfico de *gantt* para que um replanejamento seja feito.

Após o usuário responder a essas três perguntas, as rotinas de sequenciamento iniciarão o processamento das atividades. Em resumo, existem duas grandes etapas a serem seguidas no sequenciamento de uma Ordem de produção:

a) Sequenciamento das operações anteriores à operação de tanque;

Essa etapa sequencia todas as operações que antecedem a alocação do tanque. A rotina que é executada nessa etapa e quando conveniente é a de Transferência Fixa

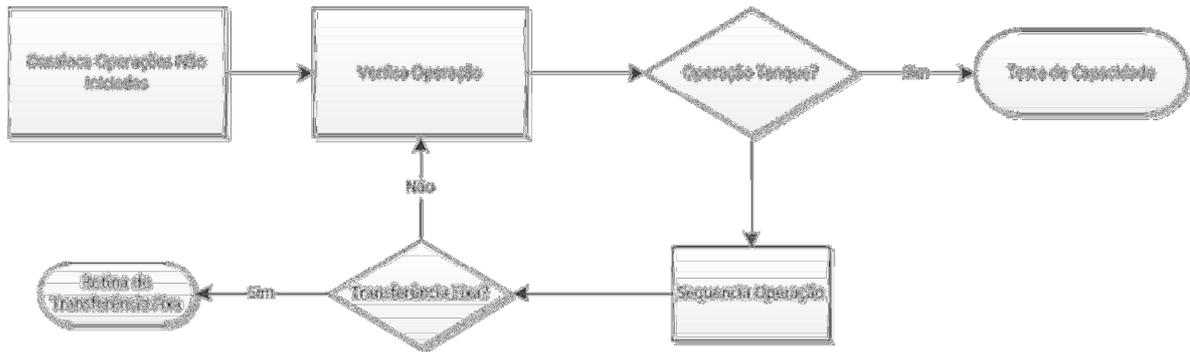


Figura 59 – Fluxograma da Etapa 1

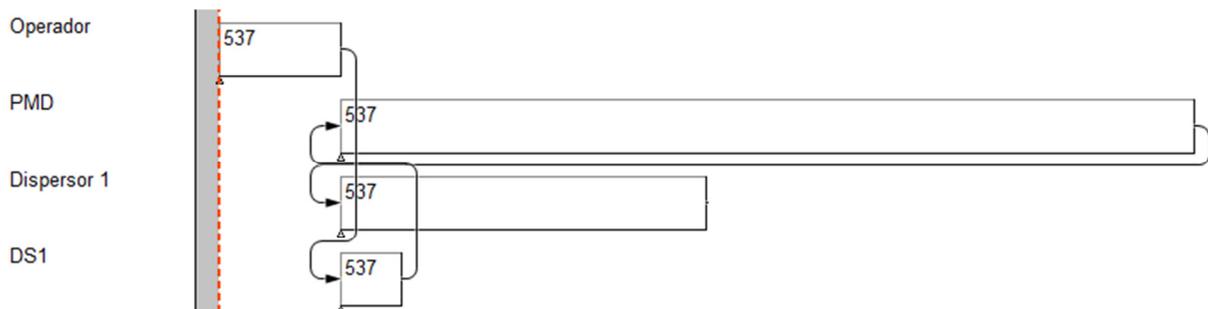


Figura 60 – Término da Etapa 1 da Regra para a Ordem 537

b) Sequenciamento da operação de tanque e envase;

O Teste de Capacidade do Tanque é responsável pela alocação do tanque. Essa alocação é feita de forma que todas as Operações posteriores à alocação do tanque, que são o Controle de Qualidade, o Tingimento e as operação de Envase, terminem o mais cedo possível. A rotina Tanque Emergencial é executada quando o usuário assim desejar.

A alocação das operações de Envase devem ser feitas seguindo as rotinas de Linha Coringa, Minimização de Setup, Velocidade das Linhas de Envase, Folga Máxima após Operação Anterior e Volume Mínimo para Separar Envase. A rotina de Estender Tanque Até o Final do Envase é executada quando todas as operações de envase forem alocadas no gráfico.

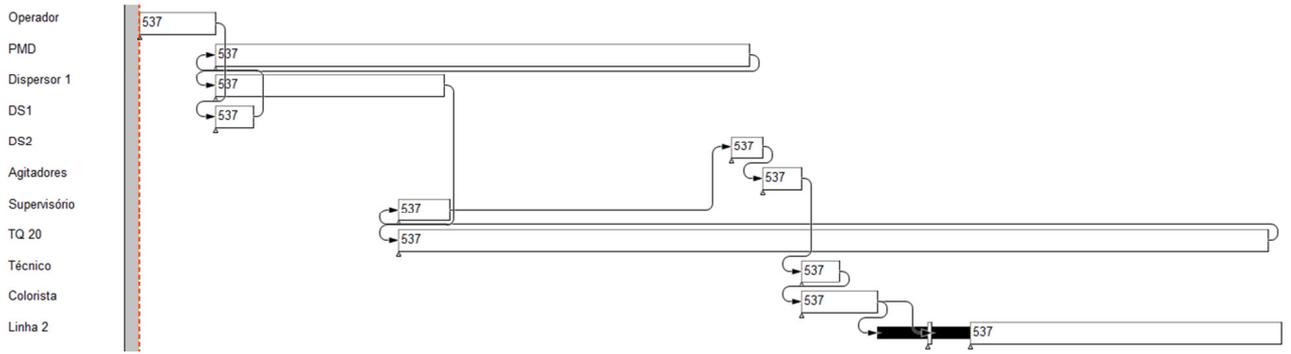


Figura 61 – Término da Etapa 2 da Regra para a Ordem 537

6. RESULTADOS

Os resultados do primeiro mês que a regra está sendo utilizada na empresa já são expressivos:

a) Redução do Tempo de Resposta à Variações do Sistema

Problemas no chão de fábrica, como quebra de máquinas, sempre ocorrerão. Antes da implantação do *Preactor*, quando um replanejamento era necessário, o programador da produção demorava cerca de cinco horas para responder a essa variação. Hoje esse tempo de resposta é reduzido para dez minutos.

b) Melhor utilização dos Recursos Produtivos

A capacidade produtiva da empresa aumentou em 10% apenas com a melhora no sistema de planejamento da produção.

c) Redução de *Setup*

Com a regra de Minimização de *Setup*, as trocas de cor foram reduzidas em 20%, gerando ganhos financeiros e redução do impacto ambiental oriundo dos solventes utilizados nos setups para troca de cor.

d) Melhora no Confiabilidade das Datas de Entregas Combinadas com o Cliente

Antes da implantação do *Preactor* com a Regra Personalizada, atrasos na entrega das Ordens era comum, o que gerava transtornos e multas. Com o *Preactor*, essa situação foi revertida e todas as datas de entrega foram atendidas durante o primeiro mês de utilização do sistema.

e) Melhor Gestão de Compra de Materiais

O setor de compras teve um ganho significativo em seus planejamentos. Com datas confiáveis de início das Ordens, é possível estimar com grande precisão as datas de compra de matérias-primas, levando em conta o *Lead Time* de aquisição das mesmas.

f) Melhor Planejamento de Manutenções

Com o sequenciamento fina da produção, é possível encontrar buracos no sequenciamento que permitem a alocação de manutenções planejadas sem que haja grandes perdas de capacidade devido às mesmas. Essa questão tende a diminuir a quantidade de paradas por quebras, já que mais manutenções poderão ser feitas nos recursos produtivos.

Outro fator que pode ser apontado foi a confirmação dos recursos gargalos como sendo as linhas de envase.

Esses resultados tendem a melhorar com o tempo, já que o sistema é novo dentro da cultura da empresa.

7. CONCLUSÃO

A melhoria da gestão da produção de empresas manufatureiras é um grande fator para o aumento de competitividade das mesmas. A melhor utilização de recursos produtivos, com o conseqüente aumento da capacidade produtiva sem alterações em quantidades de recursos ou maquinário é alcançada apenas com um planejamento mais eficiente das atividades. A melhora de parâmetros importantes, como a redução de quantidades de *setups* feitos, é um fator que, além de reduzir tempos de processos e custos de *setups*, reduz o impacto ambiental da empresa, melhorando o relacionamento da mesma com setores de proteção ambiental e com o governo, que constantemente oferece subsídios para empresas com pensamentos ambientais fortes.

Além disso, com um planejamento fino, a empresa detém um conhecimento maior do seu chão de fábrica, podendo, com isso, reduzir tempos de processamento, que são estimados levando em consideração eventuais atrasos e outros fatores que são melhores controlados e dimensionados quando existe uma visão mais confiável do seu sistema. Além disso, o fornecimento de datas de entrega das demandas é feito com uma base muito mais concreta, reduzindo ou eliminando atrasos, que geram multas e reduzem a confiança do cliente para com a empresa.

O mercado competitivo, além de gerar uma certa insegurança em relação à competitividade de seus produtos, é um importante requisito para manter as empresas atualizadas e abertas à inovações, sempre focando na melhoria de seus processos, redução de seus custos e aumento da confiabilidade de suas promessas.

O sequenciamento das operações de um sistema produtor de tintas contém grandes particularidades que precisaram ser tratadas para que os resultados fossem alcançados. Mas, após a utilização do sistema, chegou-se a conclusão que a implantação do *Preactor* somou valores a diversos setores da empresa, principalmente o PCP, permitindo que todos os resultados expostos fossem alcançados.

É importante ressaltar que o processo de melhoria é contínuo. Melhoras no *Preactor* podem e devem ser identificadas para que novas oportunidades de ganhos sejam desenvolvidas. Outro ponto importante é que esse tipo de solução é pioneira em sistemas APS na América Latina, em vista disso, os maiores ganhos ainda não puderam ser identificados devido à recente implantação da regra de sequenciamento. Uma análise mais profunda só poderá ser feita quando o *Preactor* estiver mais maduro na filosofia da empresa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. B. **O PPCP e as Ferramentas APS**. Vitória, 2009. 4p.

ARTIGUES, C. **Resource-Constrained Project Scheduling**, 4. ed. London, 2008, 311p.

BRUCKER, P. **Scheduling Algorithms**. 5. ed. 380p

CHIAVENATO, I. **Iniciação ao Planejamento e Controle de Produção**. 1. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1990. 117 p.

CORRÊA, H. L. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 5. ed. São Paulo, 2008, 434p.

GOLDRATT, E. M; COX, J. **A Meta**. 2. ed. Nobel, 2003,. 366p

LIDDELL, M. **O Pequeno Livro Azul da Programação da Produção**. 3. ed. Vitória: Mandacaru, 2010. 127p.

MAYNARD. **Maynard's Industrial Engineering Handbook**, 5.ed. Virginia: Zandin 2004, 2567p.

NAGEL, C. **Professional C# 2008. Indianapolis**. 1.ed. London:Wrox, 2008, 1782p

SLACK, N. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo, 2009. 703p.

TECMARAN CONSULTORIA E PLANEJAMENTO. **Curso de Configuração Preactor 11**. Vitória, 2011. 234 p.

TECMARAN CONSULTORIA E PLANEJAMENTO. **Curso do API do Preactor 11**. Vitória, 2011. 234 p.

TECMARAN CONSULTORIA E PLANEJAMENTO. **Guia de Introdução APS**. Vitória, 2006. 17 p.

TECMARAN CONSULTORIA E PLANEJAMENTO. **Guia do usuário: Preactor 11.** Vitória, 2011. 234 p.

TECMARAN CONSULTORIA E PLANEJAMENTO. **Treinamento Básico: Preactor 11.** Vitória, 2011. 168 p.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção.** 2.ed. São Paulo: Atlas, 2000. 220 p.

Ying, K. C; Liao, C. J. ***An Ant Colony Optimization for permutation flow-shop sequencing. Computers & Operations Research.*** 2004, 801p.