

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

AGNES GRANATO

**ESTUDO DO SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE  
MEIAS UTILIZANDO UM *SOFTWARE APS***

JUIZ DE FORA

2016

AGNES GRANATO

**ESTUDO DO SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE  
MEIAS UTILIZANDO UM *SOFTWARE APS***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: M. Sc., Márcio Oliveira

JUIZ DE FORA

2016

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Granato, Agnes.

Estudo do sequenciamento da produção em uma indústria de meias utilizando um software APS / Agnes Granato. – 2016.

72 f. : il.

Orientador: Márcio de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2016.

1. Indústria têxtil. 2. Programação da produção. 3. Sistemas APS.  
I. Oliveira, Márcio de, orient. II. Título.

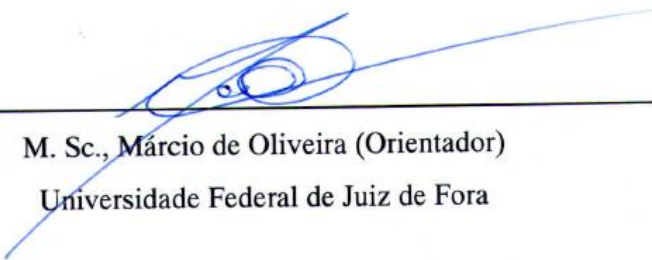
AGNES GRANATO

**ESTUDO DO SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA  
DE MEIAS UTILIZANDO UM *SOFTWARE* APS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a Faculdade de Engenharia  
da Universidade Federal de Juiz de Fora,  
como requisito parcial para a obtenção  
do título de Engenheiro de Produção.


Aprovada em 02 de agosto de 2016

BANCA EXAMINADORA



---

M. Sc., Márcio de Oliveira (Orientador)  
Universidade Federal de Juiz de Fora



---

D. Sc., Fernando Marques de Almeida Nogueira  
Universidade Federal de Juiz de Fora



---

D. Sc., Roberto Malheiros Moreira Filho  
Universidade Federal de Juiz de Fora

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço aos meus pais por me incentivarem e tornarem minha formação possível. Agradeço também ao meu noivo por estar sempre ao meu lado oferecendo apoio durante as dificuldades e obstáculos encontrados nestes últimos anos e por toda compreensão ao longo da execução deste trabalho. Ao meu orientador Márcio, agradeço por toda atenção, ajuda, e pelas sugestões que, certamente, contribuíram para um trabalho melhor e também agregaram meu conhecimento. À empresa Malhas D'Estefano, agradeço por permitir que a mesma servisse de laboratório para a realização do estudo. Obrigada também por toda a atenção que me foi dada durante as visitas e por não medir esforços para ajudar no que podiam.

## RESUMO

O presente trabalho acadêmico tem por objetivo o estudo do sequenciamento da produção de uma fábrica de meias da cidade de Juiz de Fora - MG, verificando a possibilidade de geração de um sequenciamento mais eficiente e obtenção de um maior aproveitamento dos recursos produtivos disponíveis, utilizando, como ferramenta de auxílio, um *software APS* denominado Preactor. O estudo foi conduzido, em primeiro lugar, por visitas à fábrica para entender o funcionamento da mesma e obter os dados necessários. Em seguida, houve uma fase de análise, seleção e organização das informações, de modo a prepará-las para a modelagem do problema no *software*. O próximo passo foi cadastrar as informações dos recursos, produtos e das ordens de produção no Preactor e executar o sequenciamento, utilizando três regras distintas. Com base nestes resultados, foram feitas análises quantitativas do *lead time* e dos tempos de espera, processamento, máquina parada, *setup* e antecedência. Também foram analisados os fatores subjetivos que podem influenciar nos resultados. Ao final, foi possível observar que existe a possibilidade de aumentar a eficiência da forma de sequenciamento da empresa, mesmo que não haja a aquisição do *software* utilizado neste trabalho.

Palavras-chave: Indústria Têxtil, Programação da Produção, *APS*.

## **ABSTRACT**

This academic work aims to study the production sequencing in a socks factory in the city of Juiz de Fora – MG, attesting the possibility of generating a more efficient schedule and obtaining increased utilization of the productive resources available, using as support tool, an APS software called Preactor. The study was conducted, firstly, by factory visits to understand how it works and obtain the necessary data. Then, there was a phase of analysis, selection and organization of the information, as to prepare it for modeling the problem on the software. The next step was to register the resource, product and production orders information on Preactor and sequence orders, using three different rules. Based on these results, a quantitative analysis of lead, wait, processing, down, setup and anticipation times were made. Subjective factors that could influence the results were also analyzed. Finally, it was observed that there rather is a possibility to increase the efficiency of the company's current form of sequencing, even without acquiring the software used in this work.

**Keywords:** Textile Industry, Production Programming, APS

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Fluxo de informações no sistema de PCP .....                                      | 15 |
| Figura 2 - Contexto do PCP nos diferentes níveis de planejamento .....                       | 25 |
| Figura 3 - Exemplo de ambiente <i>job shop</i> para programação.....                         | 31 |
| Figura 4 – Funcionamento básico dos sistemas <i>APS</i> .....                                | 37 |
| Figura 5 - Fluxograma do processo produtivo .....  | 46 |
| Figura 6 - Estatísticas da programação gerada pela regra <i>minimize overall setup</i> ..... | 54 |
| Figura 7 - Estatísticas da programação gerada pela regra <i>preferred sequence</i> .....     | 55 |
| Figura 8 - Estatísticas da programação gerada pela regra <i>parallel loading</i> .....       | 55 |
| Figura 9 - Histogramas do makespan de cada máquina para cada programação.....                | 59 |



## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1 - Regras de sequenciamento .....  | 32 |
| Quadro 2 – Relação entre regras de sequenciamento e objetivos.....   | 34 |
| Quadro 3 - Regras padrão do Preactor APS .....   | 42 |
| Quadro 4 - Quadro comparativo entre programação real da fábrica e programações geradas pelo Preactor ..... | 57 |
| Quadro 5 - Comparativo entre as versões do Preactor .....  | 66 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Dados para montagem da matriz de <i>setup</i> .....                | 50 |
| Tabela 2 - Quantidade de operadores disponíveis .....                         | 51 |
| Tabela 3 - Tempos resultantes da programação executada pela fábrica.....      | 56 |
| Tabela 4 - Informações utilizadas para o cadastro de recursos primários ..... | 67 |
| Tabela 5 - Informações utilizadas para o cadastro de produtos.....            | 68 |
| Tabela 6 - Dados das ordens de produção consideradas no estudo .....          | 70 |

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção

*APS – Advanced Planning and Scheduling*

*ATO – Assembly to Order*

*BoM – Bill of Materials*

CNC – Comando Numérico Computadorizado

*CR – Critical Ratio*

*CTP – Capable to Promise*

*EDD – Earliest Due Date*

*ERP – Enterprise Resource Planning*

*FCFS – First Come First Served*

*FCS – Finite Capacity Scheduling*

FIEMG – Federação da Indústrias do Estado de Minas Gerais

*FIFO – First In First Out*

*FOR – Fewest Operations Remaining*

*IIE – Institute of Industrial Engineers*

*LSU – Least Setup*

*LWR – Least Work Remaining*

MPE – Micro e Pequenas Empresas

*MRP – Material Requirement Planning*

*MRP II – Manufacturing Resource Planning*

*MTO – Make to Order*

*MTS – Make to Stock*

*NQ – Next Queue*

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PMP – Plano Mestre de Produção

*R - Random*

SINDIVEST – Sindicato do Vestuário de Minas Gerais

*SPT – Shortest Processing Time*

*ST – Slack Time*

*ST/O – Slack Time for Operation*

TI – Tecnologia da Informação

*WIP – Work-in-Process*

*WSPT – Weighted Shortest Processing Time*

## **SUMÁRIO**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>15</b> |
| 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....  | 15        |
| 1.2. JUSTIFICATIVA .....   | 16        |
| 1.3. ESCOPO DO TRABALHO .....  | 19        |
| 1.4. ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS .....  | 20        |
| 1.5. DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA .....  | 20        |
| 1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO .....   | 22        |
| <br>   |           |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                      | <b>24</b> |
| 2.1. CONCEITO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO .....                 | 24        |
| 2.2. PLANEJAMENTO HIERÁRQUICO DA PRODUÇÃO .....                            | 24        |
| 2.3. SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO .....                                      | 26        |
| 2.3.1. CAMPO $\alpha$ - AMBIENTES DE PRODUÇÃO .....                        | 27        |
| 2.3.2. CAMPO $\beta$ – RESTRIÇÕES E CARACTERÍSTICAS DE PROCESSAMENTO ..... | 28        |
| 2.3.3. CAMPO $\gamma$ – FUNÇÕES OBJETIVO .....                             | 30        |
| 2.3.3.1. REGRAS DE SEQUENCIAMENTO .....                                    | 31        |
| 2.3.3.2. METAHEURÍSTICAS .....   | 35        |
| 2.4. SISTEMAS APS ( <i>ADVANCED PLANNING AND SCHEDULING</i> ) .....        | 36        |
| 2.4.1. PREACTOR APS .....  | 39        |
| <br>   |           |
| <b>3. DESENVOLVIMENTO DO MODELO PARA A PROGRAMACÃO DA PRODUÇÃO .....</b>   | <b>45</b> |
| 3.1. DESCRIÇÃO DA EMPRESA .....  | 45        |
| 3.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO .....                                 | 46        |
| 3.2.1. O SETOR DE TECELAGEM .....  | 47        |
| 3.3. PROBLEMA MODELADO NO PREACTOR .....                                   | 49        |
| 3.3.1. CADASTRO DE RECURSOS PRIMÁRIOS .....                                | 49        |
| 3.3.1.1. MATRIZ DE <i>SETUP</i> .....                                      | 50        |
| 3.3.2. CADASTRO DE RECURSOS SECUNDÁRIOS .....                              | 51        |
| 3.3.3. CADASTRO DE PRODUTOS .....  | 51        |
| 3.3.4. CADASTRO DE ORDENS DE PRODUÇÃO .....                                | 52        |

|  |                  |
|--|------------------|
| 3.3.5. REGRAS UTILIZADAS PARA PROGRAMAÇÃO .....      | 52               |
| <b><u>4. RESULTADOS.....</u></b>                     | <b><u>54</u></b> |
| 4.1. RESULTADOS ALCANÇADOS.....                      | 54               |
| 4.2. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....                  | 56               |
| <b><u>5. CONCLUSÕES .....</u></b>                    | <b><u>60</u></b> |
| <b><u>REFERÊNCIAS.....</u></b>                       | <b><u>62</u></b> |
| <b><u>ANEXO I – VERSÕES DO Preactor.....</u></b>     | <b><u>65</u></b> |
| <b><u>ANEXO II – RECURSOS PRIMÁRIOS.....</u></b>     | <b><u>67</u></b> |
| <b><u>ANEXO III – PRODUTOS.....</u></b>              | <b><u>68</u></b> |
| <b><u>ANEXO IV – ORDENS DE PRODUÇÃO .....</u></b>    | <b><u>69</u></b> |
| <b><u>ANEXO V – TERMO DE AUTENTICIDADE .....</u></b> | <b><u>71</u></b> |
| <b><u>ANEXO VI – DECLARAÇÃO DA EMPRESA .....</u></b> | <b><u>72</u></b> |

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Segundo Sipper e Bulfin Junior. (1997), o mercado global tem dado cada vez mais importância para a competição. A filosofia de produção em massa está sendo substituída por uma filosofia de manufatura de classe mundial, onde os clientes estão demandando maior variedade de produtos a baixos custos, sem deixar de ter qualidade. Com isto, a competitividade entre empresas se dá na manufatura de produtos que precisam atender as expectativas e necessidades dos clientes. O surgimento desse novo tipo de mercado fez também surgir o desenvolvimento de novo materiais, novos processos produtivos e novas tecnologias. O ciclo de vida dos produtos se torna menor, assim como os volumes de produção, dado o aumento da variedade na oferta destes produtos.

Segundo Martins e Sacomano (1994), o sistema de PCP compila informações vindas de diversas áreas do sistema de manufatura e coordena a produção emitindo ordens de produção e compras, gerenciando, assim, os fluxos de material e informação. Este conceito pode ser observado na Figura 1.

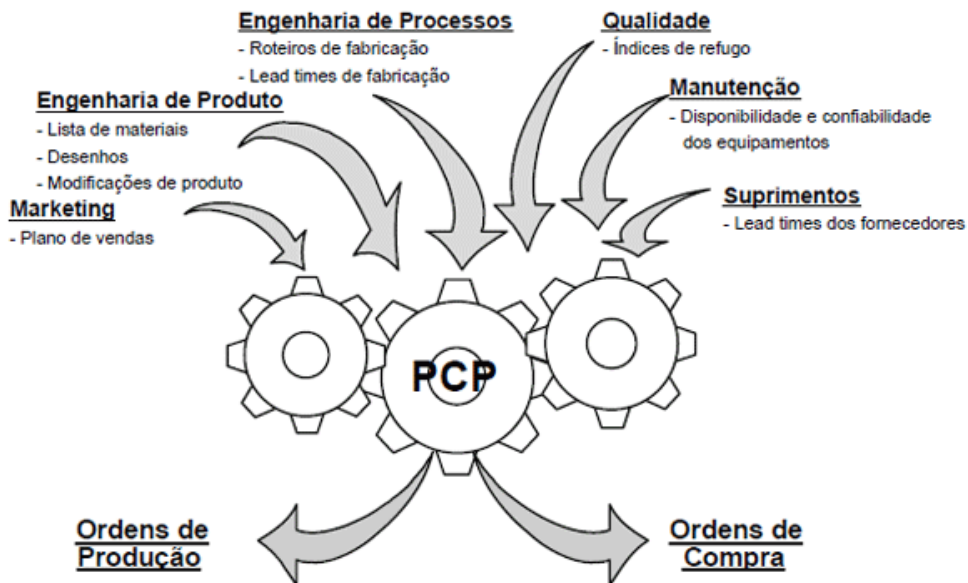


Figura 1 – Fluxo de informações no sistema de PCP  
Fonte: Martins e Sacomano (1994)

Em um horizonte de planejamento de curto prazo, uma das principais atividades do sistema de PCP é a de alocar tarefas nos recursos de produção, surgindo, então, os problemas de *scheduling* (SIPPER; BULFIN JUNIOR, 1997).

A atividade de *scheduling*, ou sequenciamento, é um processo de tomada de decisão de importância significativa para a maior parte das indústrias de manufatura ou serviços, pois pode ser utilizado em diversos aspectos do processo de transformação. Com o uso de técnicas matemáticas e métodos heurísticos, tarefas são alocadas para serem processadas em recursos que possuem capacidade limitada. “A alocação adequada de recursos permite que uma empresa otimize os seus objetivos e alcance suas metas” (PINEDO; CHAO, 1999, p. 2).

## 1.2. JUSTIFICATIVA

A Engenharia de Produção, segundo o *IIE*, ou *Institute of Industrial Engineers* (2016), está ligada ao projeto, melhoria e instalação de sistemas integrados, onde estão incluídos recursos humanos, materiais, informações, energia e equipamentos. Utilizam-se conhecimentos matemáticos, físicos e de ciências sociais especializados em conjunto com metodologias e princípios de engenharia para especificar, predizer e avaliar os resultados atingidos por tais sistemas. Esta engenharia é responsável por desenvolver processos e sistemas com maior qualidade e produtividade, buscando sempre reduzir desperdícios de dinheiro, tempo, material e demais recursos.

Para que as organizações consigam realizar as atividades acima citadas, é indispensável que as mesmas tenham Planejamento e Controle da Produção, aqui tratado como PCP. Para Slack, Chambers e Johnston (2007), toda operação precisa ser planejada e controlada, mesmo que o grau de detalhamento e formalidade possa variar, dependendo da empresa em questão.

O PCP é responsável por gerir os recursos produtivos de tal forma que a demanda de mercado seja atendida, atuando em diferentes horizontes de tempo, cada qual com suas especificidades. À medida que o horizonte de planejamento diminui, as quantidades de planejamento e controle necessárias se alteram. O PCP de longo prazo possui maior parcela de planejamento e um controle muito pequeno, pois lida com atividades que acontecerão em um futuro relativamente longe, enquanto que no curto prazo, a parcela de controle é



significativamente maior que a de planejamento pelo fato de lidar com as atividades que estão prestes a serem executadas (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2007).

O presente trabalho estuda uma das atividades realizadas no planejamento de curto prazo, que é a programação e sequenciamento da produção. Uma programação da produção adequada às necessidades de uma empresa é de suma importância para a mesma, pois um sequenciamento automático gerado por um programa pode reduzir o tempo ocioso de material que fica aguardando em fila para ser processado por determinado equipamento. Com isto, pode-se obter previsões mais precisas de quando pedidos estarão prontos, oferecendo mais confiabilidade aos clientes, além de diminuir a quantidade de estoque em processo, aumentar a produtividade e eficiência dos recursos, podendo acarretar, então, na redução dos custos de produção (NC SYSTEMS, 2016), contribuindo, assim, para um dos maiores objetivos da engenharia de produção.

Uma ferramenta que está sendo utilizada por empresas para auxiliar suas áreas de PCP na atividade de sequenciamento da produção é o sistema *Advanced Planning and Scheduling (APS)*, ou sistema de programação avançada. Segundo Corrêa e Corrêa (2012), a característica que mais diferencia os APS de outros tipos de sistemas de programação da produção é sua capacidade de considerar um número grande de fatores que influenciam os programas, buscando uma solução viável que atinja determinados objetivos de desempenho.

O estudo é relevante para a organização, uma indústria têxtil e mais especificamente uma fábrica de meias, onde o trabalho foi realizado. O setor é composto por todas as indústrias da cadeia têxtil, podendo elas possuir uma ou mais das quatro principais etapas: fiação, tecelagem, acabamento e confecção (ABDI, 2008).

De acordo com publicação da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT) (2016), a cadeia têxtil e de confecção obteve um faturamento de US\$53,6 bilhões e estima-se que foram produzidas 6 bilhões de peças de vestuário, cama, mesa e banho no ano de 2015. Foram 8 milhões de trabalhadores envolvidos nesta produção direta ou indiretamente, sendo que desta quantidade 1,6 milhão é a parte que representa os trabalhadores diretos, fazendo deste setor o segundo maior empregador dentre as indústrias de transformação no Brasil, ficando atrás somente das indústrias de alimentos e bebidas.

As 33 mil empresas formais que compõe o setor têxtil brasileiro formam o quarto maior parque produtivo de confecção no mundo e colocam o Brasil em quinto lugar no

*ranking* dos maiores produtores têxteis no mundo (ABIT, 2016). Apenas na Zona da Mata Mineira, eram 1.856 empresas do setor industrial têxtil e de confecções em 2014, o que para o ano, representava 21,3% dos estabelecimentos industriais. Dos 126.400 empregos industriais da região, aproximadamente 22,9% pertenciam ao setor aqui tratado (SISTEMA FIEMG, 2014).

Um jornal de Minas Gerais menciona que no atual ano as indústrias de meias em Juiz de Fora pretendem dar maior foco nas vendas para o exterior, dada a retração de 10% evidenciada no ano de 2015. Como ainda não há expectativas de melhoria da situação econômica nacional, o setor enxerga, na exportação, uma oportunidade para este momento em que a moeda nacional se encontra desvalorizada para, assim, tentar impedir que os impactos da crise sejam repetidos ou agravados em 2016. Ainda de acordo com o autor, o presidente do Centro Industrial de Juiz de Fora, Leomar Delgado, acredita que seja possível obter uma menor retração neste ano se o mercado externo for desenvolvido e obtiverem maior competitividade (TRIBUNA, 2016). Segundo Sanches (2010), ter alta competitividade requer que empresas estejam sempre buscando aperfeiçoar os sistemas produtivos e torná-los mais eficientes. Medidas que melhorem a programação da produção, como, por exemplo, reformular a metodologia utilizada para sequenciar ordens, são importantes para tratar eficiência.

Ao realizarem pesquisa sobre as micro e pequenas empresas (MPEs) do setor têxtil e vestuário do município de Juiz de Fora, Arruda e Sanabio (2013), verificaram que em todo o Brasil, uma parte significativa das indústrias têxteis e de vestuário é composta por MPEs. Muitas destas são de cunho familiar e, por este motivo, fazem uso de estratégias, materiais e processos diferentes. Uma das características das MPEs apontadas como ponto fraco é a de falta de planejamento adequado da produção, que é comumente realizado pelo próprio empresário que nem sempre possui conhecimento específico o suficiente para a realização de tal atividade. Além de gerar desperdícios, pode acabar atrapalhando a contratação de funcionários, pois muitas vezes a jornada de trabalho precisa ser prolongada, acarretando na desmotivação dos trabalhadores (SINDIVEST, 2008 *apud* ARRUDA; SANABIO, 2013).

Neste sentido, uma programação da produção melhor adequada às particularidades da empresa pode ser um diferencial competitivo por permitir um planejamento mais preciso e que os sistemas sejam mais eficientes e dinâmicos com processos decisórios mais rápidos.

Estes aspectos, juntamente com uma alta confiabilidade de entrega, são indispensáveis para empresas que desejam concorrer no mercado internacional (MARTINS, 2013).

Portanto, o estudo que será realizado na fábrica de meias para oferecer uma proposta de sequenciamento e programação da produção mais eficiente, pode ser benéfico não só para a própria empresa estudada, mas também pode gerar informações úteis para outras indústrias regionais do setor. Com a definição de uma metodologia que gere resultados melhores na fábrica de meias, é possível que outras fábricas, que possuem porte, características do ambiente de produção, restrições e objetivos semelhantes, ao adotarem as práticas propostas, possivelmente também desfrutem de suas vantagens.

### 1.3. ESCOPO DO TRABALHO

A aplicação prática do trabalho foi realizada em uma fábrica de meias localizada na cidade de Juiz de Fora, para qual foram feitas propostas de sequenciamento de 262 ordens de produção, liberadas nos dias 06, 07 e 08 de junho de 2016, para o setor de tecelagem.

Três programações da produção geradas pelo Preactor foram comparadas com a programação real da fábrica ao quantificar os seguintes dados de cada uma: *makespan* (o que o Preactor apresenta como *lead time*), tempo total de processamento, tempo total de espera, tempo total de máquina parada e tempo total de antecipação. Para as programações do *software*, também foi possível obter o tempo total de *setup*, enquanto que para a programação real, não houve como destacar a parcela do tempo de máquina parada que poderia ser atribuída ao *setup*.

Um fator limitante para a execução do trabalho foi a disponibilidade de dados por parte da empresa. Uma vez que a mesma não mantinha registros de alguns dos dados necessários, foi preciso estabelecer uma forma de adquirir as informações. A coleta de dados foi executada pelos operadores no chão de fábrica, o que pode ter gerado inconsistências nos registros e as informações foram, posteriormente, analisadas, filtradas e selecionadas para a realização do trabalho.

Outra questão a ser mencionada é que foram utilizados os recursos básicos do programa, como por exemplo, as regras de sequenciamento já disponibilizadas por padrão. O sistema permite que sejam criadas regras personalizadas para melhor atender as necessidades

de uma organização e que poderiam gerar resultados mais satisfatórios. Contudo, este é um recurso que não foi utilizado pelo fato da utilização desse tipo de regras ser inviável para a empresa, dado que o problema se tornaria complexo demais para ser solucionado sem o auxílio de um *software*, como é o caso da Malhas D'Estefano.

Uma característica dos sistemas *APS* que deve ser considerada e que certamente afeta a eficiência das programações geradas é a de considerar os tempos e a previsão de demanda definidos pelo usuário como determinísticos. Como em todo sistema existe algum grau de variabilidade dos tempos relacionados ao processo, a execução do programa gerado pode se desviar do planejado, que será em maior grau quanto maior for a variação. Existe também o fato do sistema utilizar restrições e informações lineares, o que pode impedir, por exemplo, que haja economia de escala na determinação dos tamanhos de lotes.

#### 1.4. ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo geral identificar, em uma indústria têxtil, se há possibilidade de aumento da eficiência da programação da produção, quando comparada à atual forma de programação, ao obter melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, utilizando, para tanto, conceitos e técnicas de sequenciamento da produção e um sistema *APS*.

Para atingir tal objetivo, foi necessário o estabelecimento de alguns objetivos específicos como: obter conhecimento da atual forma de programação da produção; determinar as restrições do ambiente de produção; coletar dados necessários (referências de produtos, tempos de processamento, quantidades e tipos de recursos e tamanho de lotes); obter a programação da produção para um determinado período passado; modelar o ambiente no *software* e gerar outras possibilidades de sequenciamento que possam ser realizadas.

#### 1.5. DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

O trabalho foi composto por cinco etapas principais, começando pela definição dos objetivos e o escopo do trabalho em questão. Em seguida, foi feita uma pesquisa bibliográfica, composta por uma revisão teórica de Planejamento e Controle da Produção e dos conceitos de *scheduling*. Também fizeram parte da pesquisa, artigos e outras literaturas sobre atividades e

aplicações já realizadas sobre o tema. O conhecimento destas experiências prévias auxiliou na elaboração da metodologia utilizada para a realização do estudo na fábrica de meias.

Feita a revisão bibliográfica, iniciou-se a terceira etapa, a de coleta de dados. Em uma primeira visita, objetivou-se o conhecimento geral da empresa e de seu processo produtivo para determinar a viabilidade de realização do trabalho. Determinado que o estudo poderia ser executado, foi estabelecido que este englobasse apenas o setor de tecelagem, por motivos explicitados posteriormente, no capítulo três.

Para a realização do estudo, de comparação entre a programação da produção atualmente realizada e uma programação gerada pelo *software* Preactor, seria necessário saber como a produção ocorreu em um determinado período de tempo. Como não havia registro dessas informações, foi necessário executar uma coleta de dados no meio operacional.

Por meio de conversas durante visitas à fábrica, o método utilizado para a coleta foi estabelecido. Uma planilha foi colocada em cada um dos teares para que os operadores anotassem os dados das ordens de produção em cada máquina. Com as anotações, obteve-se os seguintes dados das ordens de produção: a referência (tipo) de produto, a quantidade produzida, a data e a hora que foi liberada para o chão de fábrica, a data e a hora que foi inserida na máquina para processamento e a data e hora que a ordem foi concluída.

Em seguida, estas informações foram inseridas em tabelas no Microsoft Excel e foram utilizadas para calcular os tempos totais de espera, de processamento e de máquina parada para cada tear considerado no estudo. Desta maneira é que foi definida a atual forma de programação da produção, utilizada posteriormente para comparação com os programas resultantes do Preactor.

Além das informações acima citadas, também foram adquiridos dados que a empresa já possuía, como a descrição dos diferentes tipos de teares e quais tipos de produtos podem ser processados em cada um, quantidade de operadores por turno e restrições de processamento. Com base em todos esses elementos, foi possível modelar o problema no Preactor.

Primeiramente, os recursos produtivos foram cadastrados e divididos em quatro grupos de recursos. Em seguida, foram cadastrados os produtos e foram definidas quais máquinas poderiam processar cada um. O próximo passo consistiu em inserir no *software* as ordens de produção consideradas e, por último, definir os recursos secundários (operadores).

Na quarta etapa do trabalho, foram geradas algumas possibilidades de programação para as tarefas dos pedidos para um determinado período de tempo. Analisaram-se as saídas geradas pelo programa e fizeram-se comparações com o sequenciamento usado pela empresa atualmente para identificar se existe a possibilidade de melhoria na eficiência da programação da produção e quais são as dificuldades encontradas que podem estar impedindo esta melhoria.

Por último, os resultados foram discutidos e o trabalho concluído com a elaboração de uma comparação quantitativa das regras utilizadas, que serão levadas ao gestor da fábrica de meias.

## 1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo, denominado de Introdução, trata dos assuntos iniciais do trabalho. Nele estão contidos as considerações iniciais sobre o tema a ser abordado, a justificativa da realização do trabalho sobre o tema escolhido, o escopo geral e os objetivos principais do trabalho, assim como a metodologia para a realização do mesmo.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica, onde primeiramente o conceito geral de Planejamento e Controle da Produção (PCP) é exposto. Em seguida, é explicada a hierarquia que existe no PCP, mostrando que existem três horizontes de planejamento distintos que possuem objetivos distintos. Também, o sequenciamento da produção é apresentado, assim como algumas metodologias e ferramentas de auxílio na obtenção da solução.

O capítulo três é destinado a explicar o desenvolvimento prático do trabalho. Nele estão delineados: uma descrição da empresa, assim como uma descrição do processo produtivo. O setor de tecelagem foi apresentado em maior detalhamento, por se tratar do setor que foi modelado no estudo. Neste capítulo também se encontra a descrição de como o modelo do ambiente fabril foi desenvolvido.

Com o modelo desenvolvido, apresentado pelo terceiro capítulo, e o auxílio do programa *APS*, os resultados para o problema foram gerados e são apresentados, juntamente com as análises, no quarto capítulo.

No último capítulo estão as considerações finais, explicitando se foi possível alcançar o objetivo principal do trabalho. Também são discutidas a importância e relevância dos resultados para a empresa em estudo, além de serem apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. CONCEITO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Segundo Corrêa e Corrêa (2012), a necessidade de planejamento está diretamente relacionada às tomadas de decisão em relação aos recursos produtivos físicos de uma instalação. Para melhor gerir estas necessidades, é importante conhecer o conceito de Planejamento e Controle da Produção, ou PCP. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2007), o planejamento e controle é gerir as atividades da operação de modo a satisfazer a demanda dos clientes.

O planejamento é a expressão do que se pretende fazer em algum momento no futuro, porém não é o planejamento que garante que aquele(s) evento(s) realmente acontecerá(ão). O controle é o processo que lida com as mudanças que podem ocorrer nas variáveis, o que significa identificar o que não está ocorrendo conforme o planejado e tomar ações para que a operação volte aos trilhos. Isso pode significar ajustar o plano original para garantir que os objetivos sejam alcançados (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2007).

De acordo com Vollmann *et al.* (2006), os sistemas de PCP lidam com todos os aspectos da produção, incluindo gestão de materiais, utilização das máquinas e recursos humanos, coordenação de fornecedores e clientes-chave. Como estas atividades são bastante dinâmicas, um bom sistema de PCP precisa estar em constante adaptação para conseguir lidar com mudanças no ambiente e nas estratégias da empresa, nas exigências impostas pelos clientes, ou com qualquer outro problema ou oportunidade que venha surgir dentro da cadeia de suprimentos.

### 2.2. PLANEJAMENTO HIERÁRQUICO DA PRODUÇÃO

“O PCP é responsável pela coordenação e aplicação dos recursos produtivos de modo a atender da melhor forma possível aos planos estabelecidos nos níveis estratégico, tático e operacional” (NANCI *et al.*, 2008, p. 7). A Figura 2 apresenta os horizontes de planejamento e sua relação com os níveis hierárquicos dentro de uma organização, assim como o tratamento que é dado para os produtos.



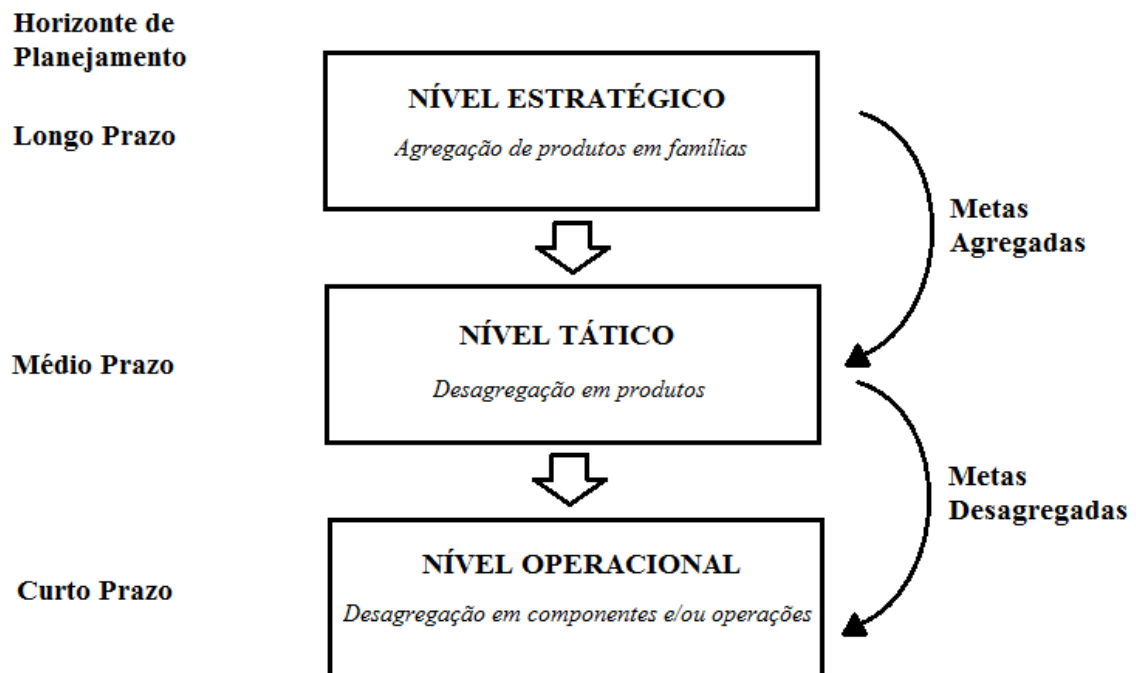


Figura 2 - Contexto do PCP nos diferentes níveis de planejamento  
Fonte: a autora

As atividades de apoio ao PCP podem ser divididas em três horizontes de tempo distintos: longo, médio e curto prazo, cada qual com atividades e níveis de agregação distintos. O foco do atual trabalho está no planejamento de curto prazo, onde se trata do processamento das operações produtivas.

“Um sistema produtivo será tão mais eficiente quanto consiga sincronizar a passagem de estratégias para táticas e táticas para operações de produção e venda dos produtos solicitados” (TUBINO, 2009, p. 2).

No curto prazo é realizado o planejamento operacional que, com um plano de produção estruturado e uma tática definida, torna-se necessária a elaboração da programação para produzir os bens ou serviços que os clientes desejam. Portanto, é neste ponto do planejamento que se determina a quantidade e a hora de se comprar, fabricar ou montar os itens que serão necessários para o produto final, além de também é realizar o sequenciamento das ordens de modo a utilizar os recursos da melhor maneira possível (TUBINO, 2009).

Vollmann *et. al.* (2006) citam que além de programar a utilização dos recursos, no curto prazo é importante acompanhar a execução das atividades para relatar, geralmente por indicadores de desempenho, se a produção está cumprindo com o planejado. Alguns exemplos

de indicadores de podem ser medidos são: utilização de mão-de-obra e equipamentos, atendimento dos pedidos de clientes, custos de produção, entregas atrasadas, dentre outros.

Segundo Tubino (2009), quanto mais eficiência e rapidez na identificação de problemas, mais rapidamente os mesmos serão solucionados, causando menores impactos e transtornos e garantindo que o programa seja cumprido.

### 2.3. SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO

A programação da produção é uma tarefa geralmente realizada pela área operacional, e, portanto, seu alcance é limitado quando se tratando tanto do horizonte de tempo de planejamento (comumente utilizando um horizonte de tempo de horas até uma semana) e setores que são afetados diretamente. Contudo, não significa que não seja importante para que a empresa atinja seus objetivos estratégicos pois uma empresa que não consegue prever e cumprir seus prazos de entrega corre riscos de ficar fora do mercado (LUSTOSA *et. al.*, 2008).

Corrêa e Corrêa (2012) definem sequenciamento e programação como:

- Sequenciamento é a definição da ordem que determinadas tarefas devem ocorrer dentro de um sistema produtivo para que os objetivos de desempenho desejados sejam alcançados;
- Programação é a alocação das tarefas sequenciadas no tempo, considerando as restrições definidas.

De acordo com Tubino (2009), processos repetitivos em lotes geralmente produzem um volume médio de produtos padronizados e os lotes de itens ou as ordens de fabricação possuem roteiros padrão para a execução das operações. Estas são realizadas em centros de trabalho, sendo que as ordens são priorizadas de acordo com regras pré-estabelecidas para, assim, gerar a sequência de carregamento dos recursos. Em geral, os equipamentos são menos especializados que, com uma equipe polivalente, consegue atender as necessidades, em diferentes volumes e variedade, dos clientes internos e/ou externos.

Tratando-se de sequenciamento e programação da produção, o mais comum é pensar em ambientes de manufatura. Contudo, os conceitos e métodos aqui expostos podem ser

utilizado para prestação de serviços também. Um estudo realizado por Ludwig, Anzanello e Vidor (2013) mostrou que é possível priorizar tarefas, utilizando regras de sequenciamento, em uma empresa desenvolvedora de *softwares*.

Da busca por métodos para solucionar os problemas de *scheduling* surge o desenvolvimento de modelos que ofereçam apoio à decisão aos gestores de produção para que consigam as melhores soluções para problemas específicos.

Geralmente a descrição dos problemas de *scheduling* é feita por três campos:  $\alpha | \beta | \gamma$ . O campo  $\alpha$  é que informa o ambiente de máquinas do sistema produtivo, contendo, portanto, apenas uma entrada. O campo  $\beta$  detalha as características do processamento e quais as restrições que o sistema possui. Este campo pode possuir múltiplas entradas ou nenhuma. Por último, o campo  $\gamma$  avisa qual o objetivo que o problema visa minimizar, geralmente tendo apenas uma entrada (PINEDO, 2008). Estes campos serão apresentados com maior grau de detalhamento nas próximas seções.

### 2.3.1. CAMPO $\alpha$ - AMBIENTES DE PRODUÇÃO

Lustosa *et. al.* (2008), considera que os ambientes produtivos podem ser enquadrados em um de quatro ambientes: máquina única, máquinas em paralelo, máquinas em série (*flow shop*) e oficina de máquinas (*job shop*). É importante ressaltar que máquina se refere à qualquer recurso produtivo, podendo ele ser uma estação de trabalho, uma máquina propriamente dita, empregados, etc..

- **Máquina única:** são programadas  $n$  ordens em apenas uma máquina. Apesar de aparentar ser um ambiente que dificilmente refletirá uma situação real, o ambiente de máquina única é importante para a apresentação dos fundamentos de programação que são úteis para solucionar problemas mais complexos. Além dessa utilidade, a máquina única pode também representar um recurso gargalo ou uma produção contínua, onde toda a linha ou a fábrica pode ser considerada como apenas um grande recurso produtivo (LUSTOSA *et al.*, 2008).
- **Máquinas em paralelo:**  $n$  ordens são programadas em  $m$  máquinas semelhantes, determinando quais ordens são processadas em cada recurso e qual será a sequência de processamento. As máquinas paralelas podem ser idênticas ou não. No caso de não

serem, os tempos de processamento de cada ordem pode variar conforme o recurso no qual será processada (LUSTOSA *et al*, 2008).

- **Máquinas em série ou fluxo:** n ordens são programadas para serem processadas sequencialmente por m máquinas, sendo que existem tempos de processamento específicos para cada ordem em cada máquina. Dentro dessa categoria de ambiente produtivo, existem ainda algumas variantes. As ordens podem ter o mesmo roteiro de fabricação (*pure flow shop*), ou seja, todas as ordens passam por todas as etapas, ou podem existir alguns casos onde algumas ordens podem não passar por todas as etapas. Neste caso, os roteiros são variáveis (*general flow shop*) pois algumas etapas podem ser puladas. Outros fatores a serem considerados para este ambiente poderiam ser se existem máquinas paralelas em um ou em todas as etapas do processo, se há limite de espaço para a fila entre os postos de trabalho, etc. (LUSTOSA *et al*, 2008).
- **Oficina de máquinas:** n ordens são programadas em m máquinas, sendo que cada ordem pode possuir um roteiro específico e existe a possibilidade de um produto ser processado por uma máquina mais de uma vez (LUSTOSA *et al*, 2008).

### 2.3.2. CAMPO $\beta$ – RESTRIÇÕES E CARACTERÍSTICAS DE PROCESSAMENTO

Neste campo são informados alguns dados importantes para a programação e sequenciamento dos *jobs*. Como mencionado anteriormente, não é obrigatório que o campo  $\beta$  possua todas ou qualquer das informações que serão explicadas a seguir, conforme Pinedo (2008):

- ***release date* (data de liberação)** indica que o processamento de um *job* não pode ser iniciado antes de sua *release date*. Caso a data de liberação da tarefa não seja especificada, a mesma pode iniciar o processo a qualquer momento. A data devida da tarefa (*due date*) não faz parte das restrições do campo  $\beta$ , pois esta faz parte da função objetivo do problema;
- ***sequence dependent setup time* (tempo de preparação dependente da sequência):** o tempo de preparação entre um *job* e outro pode depender da sequência de processamento no equipamento. Caso esses tempos não sejam indicados, assume-se que os mesmos são nulos ou estão incluídos nos tempos de processamento. Aqui também se pode considerar os custos relacionados ao *setup*, como, por exemplo, em

um processo de pintura que exige a limpeza das máquinas quando há troca das cores do produto sendo processado. Pode ser que a troca de uma cor escura para uma cor clara requeira tempos/custos menores quando comparados com os da troca de uma cor clara para uma escura;

- ***breakdowns (avarias, panes)***: insinua que a disponibilidade das máquinas não é contínua. Quando indicado no campo  $\beta$ , são considerados os tempos de quebra de máquina e/ou manutenção que irão diminuir sua disponibilidade real;
- ***machine eligibility restrictions (restrições de elegibilidade de máquinas)***: caso sejam informadas no campo  $\beta$ , existirá algum impedimento no processamento de um ou mais job(s) em uma ou mais máquina(s) em paralelo. Ou seja, nem todas as tarefas poderão ser processadas por todas as máquinas em um centro de trabalho. Se não houver restrições desse tipo no campo  $\beta$ , todos os *jobs* poderão ser processados em qualquer máquina em determinado centro de trabalho;
- ***tooling and resource constraints (restrições de ferramentas e recursos)***: é comum que as máquinas necessitem de uma ou mais ferramentas, que podem ser de vários tipos e possuírem limite de disponibilidade, para o processamento dos *jobs*. Quando uma máquina precisa de uma ferramenta que existe em quantidade limitada, pode-se dizer que a ferramenta é também um recurso. Um exemplo comum deste tipo de recurso é a mão-de-obra. Caso uma máquina necessite de um operador habilitado durante seu funcionamento, um *job* poderá ser processado no equipamento somente quando tanto a máquina e um operador habilitado estiverem disponíveis;
- ***personnel scheduling constraints (restrições de programação de pessoal)***: a programação de pessoal possui diversas restrições relacionadas a diferentes escalas, folgas semanais, turnos de trabalho, dentre outras.

Outra característica apontada é a possibilidade do uso de lotes de transferência, onde um lote é subdividido em lotes menores para serem levados a operação subsequente antes que a operação no centro de trabalho atual seja completada. O efeito resultante do uso desses lotes pode ser uma diminuição substancial tanto no tempo de fluxo total do produto quanto nos níveis de estoques em processo (VOLLMANN *et. al.*, 2006).

O ambiente de manufatura também influencia a programação da produção. Pinedo (2008) explica que em ambientes *make-to-stock (MTS)*, ou de produção para estoque, não existe um prazo de entrega apertado pois os pedidos do produto ainda não foram feitos pelos

clientes. Já nos ambientes *make-to-order* (*MTO*), ou de produção sob encomenda, a programação deve levar em consideração as datas de entrega e quantidade especificadas pelo pedido do cliente. O autor destaca também que uma empresa pode operar parte de produção como *MTS* e outra parte em *MTO*. Já os ambientes de manufatura do tipo *assembly-to-order* (*ATO*), ou de montagem sob encomenda, operam geralmente em *MTS* para os componentes e em *MTO* para a montagem final dos produtos.

### 2.3.3. CAMPO $\gamma$ – FUNÇÕES OBJETIVO

“É importante determinar os objetivos a serem alcançados na programação antes de selecionar a abordagem, uma vez que diferentes abordagens levam a diferentes resultados” (VOLLMANN *et. al.*, 2006, p. 518).

Segundo Lustosa *et. al.* (2008), os objetivos da programação da produção, em geral, pertencem a uma de três classes: cumprimento de prazos, velocidade de fluxo e utilização. Contudo, tentar fazer com que um programa gere os melhores resultados em todos os critérios é impossível pois podem ser conflitantes. Portanto, a programação deve buscar um equilíbrio entre os três critérios.

Abaixo estão listados alguns exemplos de funções objetivo a serem minimizadas, segundo os conceitos do Pinedo (2008):

- ***makespan***: pode ser definido como o tempo de conclusão da última tarefa do sistema. Portanto, um *makespan* mínimo normalmente sugere que a máquina está tendo uma alta utilização, sendo, então, uma medida do rendimento da fábrica para um número finito de tarefas. Aumentar o rendimento de uma instalação geralmente implica também no aumento do rendimento de seus gargalos;
- ***maximum lateness***: é o atraso máximo e mede a maior violação da data de entrega dentre as ordens em um programa;
- ***total weighted completion time***: é a soma dos produtos entre peso e tempo de conclusão de cada *job*, podendo indicar, portanto, o custo de inventário total resultante do sequenciamento para o sistema;
- ***discounted total weighted completion time***: é uma função mais geral que a função de custo anterior, pois além de considerar o custo de inventário, também são

considerados custos adicionais nos casos de um *job* não ser terminado em um tempo determinado;

- ***total weighted tardiness***: também é uma função de custo mais geral que a *total weighted completion time* e é o resultado da soma dos produtos entre peso e tempo de atraso de todos os *jobs*;
- ***weighted number of tardy jobs***: é dada pela soma dos produtos entre peso e unidade de penalidade (0 se o *job* não for concluído com atraso e 1 se for) de cada uma das tarefas. Além de ser uma medida de interesse acadêmico, é também um objetivo prático de ser medido pelo fato de poder ser registrado facilmente (PINEDO, 2008).

### 2.3.3.1. REGRAS DE SEQUENCIAMENTO

A Figura 3 apresenta um exemplo de ambiente *job shop* para ser programado. Ele demonstra que os roteiros de processamento podem ser os mais variados, como por exemplo, um componente processado pelo centro de trabalho A pode tanto ser enviado aos centro de trabalho B, D ou F quanto ser enviado direto ao estoque de produto acabado. Outra possibilidade é um componente sair do centro de trabalho A, seguir para processamento pelo centro D e depois retornar ao A. Portanto, fica claro que problemas que envolvem um número um pouco maior de máquinas já podem se tornar bastante complexos, fazendo com que a obtenção de uma soluções ótimas extrapole os limites de capacidade de computadores modernos (VOLLMANN *et. al.*, 2008).

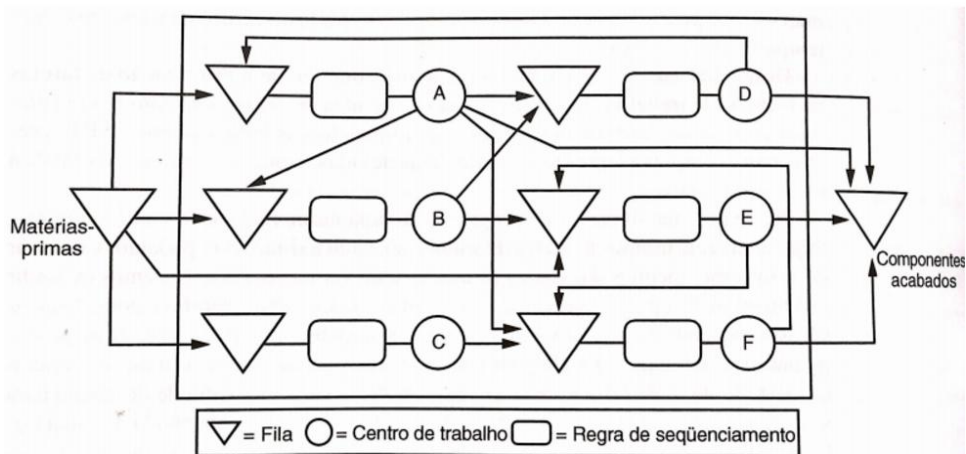


Figura 3 - Exemplo de ambiente *job shop* para programação  
Fonte: Vollmann *et. al.*, 2008

Também é ilustrado na Figura 3 que entre as filas e os centros de trabalho, há uma regra de sequenciamento que determina qual a próxima tarefa a ser processada. Existe um grande número de regras de sequenciamento e algumas delas, assim como suas propriedades estão listadas abaixo. As regras explicadas na Quadro 1 são apenas algumas das que existem. Há variantes e combinações dessas regras, que também são estudadas (VOLLMANN *et.al.*, 2008).

| SIGLA       | NOME  | DESCRIÇÃO  |
|-------------|---|--|
| <i>R</i>    | <i>random / aleatório</i>   | A probabilidade de qualquer tarefa ser selecionada para processamento é igual para todas.  |
| <i>FCFS</i> | <i>first come first served / primeiro a chegar primeiro a ser servido</i> | É uma regra considerada justa, pois a ordem de processamento é a mesma da ordem de chegada das tarefas.  |
| <i>SPT</i>  | <i>shortest processing time / tempo de processamento mais curto</i>       | Esta regra geralmente reduz o estoque de material em processo, tempo médio de processamento e o atraso médio das tarefas.  |
| <i>EDD</i>  | <i>earliest due date / data devida mais cedo</i>                          | É comumente utilizada quando o objetivo está relacionado com o atraso das tarefas.   |
| <i>CR</i>   | <i>critical ratio / razão crítica</i>                                     | Sequencia pelo índice de prioridade que é calculado por $(\text{data devida} - \text{hoje}) / (\text{lead time restante})$ .   |
| <i>LWR</i>  | <i>least work remaining / mínimo trabalho restante</i>                    | Considera todo o tempo de processamento pelo qual a tarefa está sujeita.   |
| <i>FOR</i>  | <i>fewest operations remaining / menos operações restantes</i>            | Prioriza a tarefa que possuir o menor número de operações subsequentes.  |
| <i>ST</i>   | <i>slack time / tempo de folga</i>  | Subtrai-se os tempos de processamento e preparação do tempo que resta até a data devida. As tarefas são sequenciadas em ordem ascendente de suas respectivas folgas. |
| <i>ST/O</i> | <i>slack time for operation / tempo de folga por operação</i>             | Utiliza a folga, como é calculada para a regra <i>ST</i> , e a divide pelo número de operações restantes. Ordena-se as tarefas a partir do menor valor.              |
| <i>NQ</i>   | <i>next queue / próxima fila</i>  | Seleciona a tarefa que irá enfrentar a menor fila (pode ser medida em horas ou número de tarefas, por exemplo) no centro de trabalho subsequente.                    |
| <i>LSU</i>  | <i>least setup / menor preparação</i>                                     | Escolhe a tarefa que gera o menor tempo de preparação da máquina para maximizar a utilização da capacidade.  |

Quadro 1 - Regras de sequenciamento  
Fonte: adaptado de Vollmann *et. al.*, 2008



Conforme explicado por Tubino (2009), as regras utilizadas para sequenciar tarefas podem ser classificadas de algumas formas. Uma dessas formas está em diferenciá-las entre regras estáticas e dinâmicas, onde a primeira não se altera quando há mudanças no sistema, enquanto a segunda altera as prioridades do sequenciamento para melhor se adequar às mudanças do sistema produtivo.

Outra maneira de se classificar as regras de sequenciamento está na diferença dos recursos que são considerados. Regras locais são aquelas que levam em consideração as ordens que estão em espera para serem processados naquele recurso. Já as regras globais utilizam informações de outros recursos, especialmente os recursos que processam a ordem imediatamente antes ou depois do recurso que está programado (PINEDO, 2008; TUBINO, 2009).

Tubino (2009) menciona que também há como classificar as regras de acordo com sua complexidade, onde podem ser classificadas como:

- Regras de prioridade simples – se baseia em um atributo específico do trabalho a ser realizado, como, data de entrega, tempo de folga restante, tempo de processamento, etc..
- Combinação de regras de prioridade simples – aplica-se uma regra de sequenciamento para cada conjunto de lotes que serão programados no momento. Por exemplo, as tarefas em um recurso devem ser processadas com base no tempo de processados, a menos que sejam ordens que estejam atrasadas, pois, sendo assim, terão prioridade no processamento.
- Regras com índices ponderados – são adotados pesos variados para as diferentes regras simples, gerando um índice composto que regerá a prioridade no sequenciamento.
- Regras heurísticas sofisticadas – incorporam, além das regras simples, outras informações como a possibilidade de carregar um recurso antecipadamente, a possibilidade de se utilizar roteiros alternativos, a existências de gargalos, etc.. Esse é um ramo bastante explorado por pesquisas acadêmicas que buscam “[...]simular as decisões dos especialistas compondo técnicas de inteligência artificial, algoritmos genéticos e simulação” (TUBINO, 2009, p. 116).

Os objetivos que as regras de sequenciamento visam alcançar podem ser bastante distintos entre elas. O Quadro 2 relaciona algumas das regras de sequenciamento acima citados com os objetivos desejados que as mesmas ajudam a produção a atingir.

| Tipos de Regras   | Regra      | Objetivos   |
|---|------------|---|
| Regras dependentes das datas de liberação e datas devidas | EDD        | Minimizar atraso máximo                             |
|   | ST ou ST/O |   |
| Regras dependentes do tempo de processamento              | SPT        | Minimizar soma dos tempos de conclusão e <i>WIP</i> |
|   | LWR        |   |
| Regras diversas   | R          | Fácil implementação                                 |
|   | FCFS       |   |
|   | NQ         | Minimizar ociosidade de máquinas                    |
|   | LSU        | Minimizar makespan e transferência                  |
|   | CR         | Minimizar makespan                                  |

Quadro 2 – Relação entre regras de sequenciamento e objetivos  
 Fonte: adaptado de Pinedo, 2008 e Vollmann *et. al.*, 2008

Apesar de saber que cada ambiente produtivo requer o uso de regras diferentes por se tratar de objetivos diferentes, estudos apontam que se deve dar preferência a algumas regras em relação a outras. Regras dinâmicas, em geral, geram resultados melhores que regras estáticas, pois consideram as alterações das condições ao longo do tempo. As regras globais, em comparação com as locais, auxiliam nos resultados pelo fato de considerar as operações como um conjunto e não tratar apenas a operação em questão (CORRÊA e CORRÊA, 2012).

Pode-se ressaltar que podem existir ambientes, onde talvez seria interessante usar uma regra sob determinadas situações e usar outra regra sob condições diferentes. Ainda, pode ser que em determinado ambiente de produção seja melhor utilizar regras diferentes para centros de trabalho distintos (VOLLMANN *et.al.*, 2008).

A natureza combinatória dos problemas de sequenciamento cresce sempre que são inseridos novos produtos e/ou roteiros tornando as soluções ótimas mais difíceis de serem alcançadas. Portanto, empresas que trabalham com esse ambiente produtivo geralmente optam pela utilização de regras simplificadas que, apesar de não garantirem a sequência ótima, ofereçam uma solução rápida e boa diante da dinâmica de produção em questão (TUBINO, 2009).

### 2.3.3.2. METAHEURÍSTICAS

Além das regras mencionadas, existem esforços de pesquisa em heurísticas mais sofisticadas para a solução de problemas combinatórios, que serão apenas superficialmente apresentadas, pois esta metodologia seria inviável para o aplicação prática deste trabalho.

Estas heurísticas são executadas por processos iterativos de busca, cujo objetivo básico é o de oferecer soluções satisfatórias com um esforço computacional relativamente pequeno (MADUREIRA, 1995).

Madureira (1995) explica que as metaheurísticas são denominadas como tal pelo fato de considerarem que existem outros algoritmos, de níveis inferiores, que oferecem soluções como ponto de partida, com o respectivo valor para a função objetivo, para o problema em questão. A partir daí, são procuradas soluções melhores em torno da solução inicialmente encontrada, com base em regras e parâmetros estabelecidos previamente, para atingir um resultado mais próximo do ótimo.

Um maior conhecimento específico de metaheurísticas pode ser adquiridos com literaturas como Madureira (1995), Pinedo e Chao(1999), Viana (1997) e Brandão e Cortes (2009). Como exemplo da utilização de uma metaheurística no contexto de programação da produção, pode-se consultar o estudo realizado por Etcheverry e Anzanello (2014) em uma empresa de manufatura de componentes eletrônicos.

No entanto, soluções que envolvem metaheurísticas ou outros tipos de modelagem matemática para otimização do sequenciamento exigem grande esforço e tempo computacional, recursos esses nem sempre disponíveis nas empresas as quais desejam respostas rápidas para programação e reprogramação. Sendo assim, o programador

geralmente se satisfaz com uma solução aceitável viável que, presumivelmente, não está longe da ótima (PINEDO, 2008; PINEDO, CHAO, 1999).

#### 2.4. SISTEMAS APS (*ADVANCED PLANNING AND SCHEDULING*)

Sabendo um pouco mais sobre as regras de sequenciamento, metaheurísticas e a formulação dos problemas de programação, pode-se discutir um dos ambientes em que estas informações são utilizadas para gerar os programas de produção, os sistemas APS (*Advanced Planning and Scheduling*) ou sistemas de programação avançada.

Corrêa e Corrêa (2012) assinalam que alguns pontos do APS a serem destacados são que o mesmo:

1. Modela o sistema produtivo, podendo ser inseridos calendários, equipamentos, mão-de-obra, ferramentas, turnos, roteiros variados, velocidades de operação, restrições tecnológicas, etc.;
2. Informa a demanda, que é determinada pelo Plano Mestre de Produção (PMP), por pedidos já realizados e/ou previsão de vendas e também as possíveis alterações dos pedidos que podem ocorrer ao longo do tempo;
3. Demonstra as condições reais do sistema produtivo como, por exemplo, disponibilidade de material, situação das máquinas e se há manutenções programadas, situação das ordens e filas de material aguardando para serem processados, etc.;
4. Permite a modelagem de parâmetros que apoiam as tomadas de decisão, com o uso de regras de liberação das ordens ou ponderando os objetivos a serem alcançados para gerar programas que atendam as particularidades do sistema produtivo.

De acordo com Tubino (2009), os sistemas APS podem ser utilizados sem serem integrados a um sistema ERP, pois possuem capacidade de cadastrar as ordens dos clientes diretamente. Contudo são comumente vinculados a sistemas ERP/MRP, para que, deles, receba as informações dos pedidos com suas respectivas listas de materiais e quantidades.

David, Pierreval e Caux (2006) dizem que, apesar das técnicas utilizadas em diferentes softwares serem distintas até certo ponto, o funcionamento básico dos sistemas APS pode ser resumido na Figura 4. Como entradas do sistema estão as informações sobre as

características dos produtos, necessidades dos clientes, ordens planejadas, ordens de produção, listas de materiais (*BoMs - bill of materials*), roteiros, custos e dados de estoques.

Como saída, o sistema oferece a programação da produção, que inclui as datas de entrega, a alocação e a sequência das tarefas nos recursos, os horários dos equipamentos e as opções de escolha de *BoMs* e roteiros alternativos (DAVID; PIERREVAL; CAUX, 2006).

Os mesmos autores também citam que, para gerar resultados desejados, o sistema precisa das informações das restrições e objetivos para que a programação gerada seja viável. Os métodos utilizados para tentar atingir soluções satisfatórias variam de um programa para outro, podendo ser, por exemplo programação linear ou programação mista inteira (DAVID; PIERREVAL; CAUX, 2006).

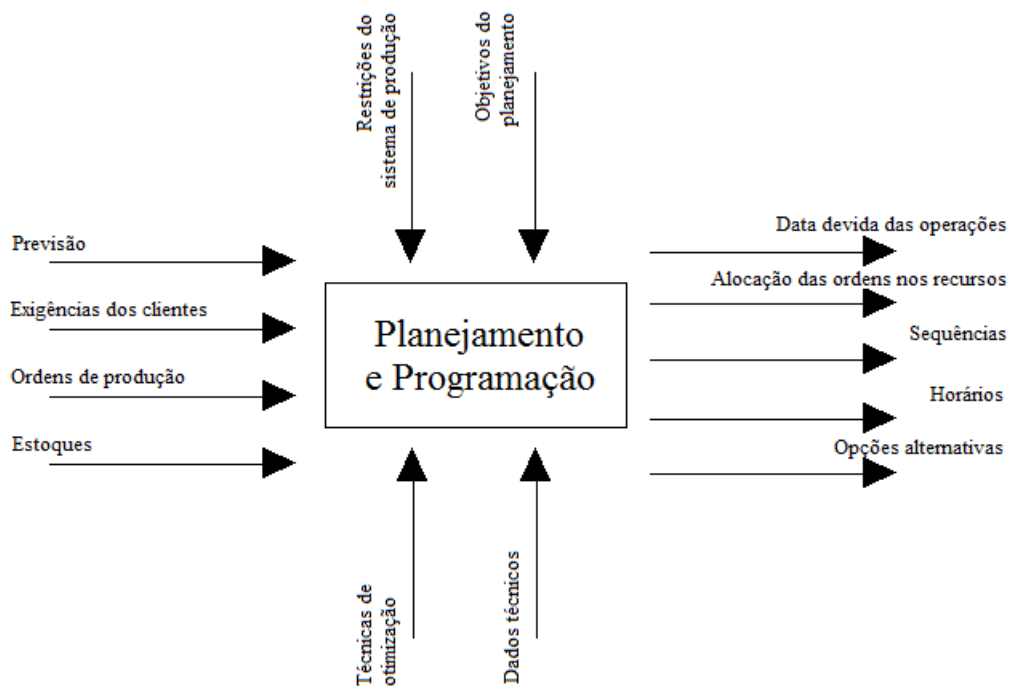


Figura 4 – Funcionamento básico dos sistemas APS  
Fonte: traduzido e adaptado de David, Pierreval e Caux , 2006

Sistemas de programação de operações podem possuir características que os diferenciam uns dos outros, como, por exemplo, carregamento finito ou infinito de recursos ou se o sequenciamento é feito para frente ou para trás (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Corrêa e Corrêa (2012) explicam que o carregamento infinito ocorre quando a programação das operações é baseada apenas da necessidade de atender prazos, sem levar em consideração se os recursos produtivos possuem capacidade para executar tal programação.

Em geral, a capacidade é verificada posteriormente, tornando possível a geração de programas que sejam impossíveis de executar pelo fato do carregamento planejado para o recurso exceder sua capacidade. O carregamento finito de recursos baseia-se na real disponibilidade dos recursos no momento do carregamento. Portanto, operações não são programadas, a menos que o recurso possua capacidade de processá-las.

A programação para trás começa o processo com uma data futura, geralmente o momento em que a tarefa precisa ser finalizada. A partir desta data, as operações são alocadas aos recursos de forma regressiva fazendo com que as atividades se iniciem no último instante e não possuam folga. A programação para frente inicia a alocação das atividades a partir da data mais cedo, acrescentando as durações das atividades até o término. Com essa lógica, as datas de início e término são as mais cedo possível (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Em geral, sistemas *APS* utilizam gráficos de Gantt, que oferecem uma melhor visualização dos programas gerados e também permitem que as tarefas sejam arrastadas entre posições do gráfico para criar novas possíveis soluções. Outras possibilidades oferecidas pelos sistemas *APS* poderiam ser a de ligá-lo diretamente a máquinas CNC, possibilitando, assim, que a produção seja liberada e controlada *online* ou disponibilizar seus dados para clientes e fornecedores externos para que também possam acompanhar a produção (TUBINO, 2009).

Zattar (2004) realizou estudos de caso em empresas para analisar a aplicação de sistemas de capacidade finita nos processos de PCP. Uma das empresas, fabricante de compressores de ar, utilizava, até o ano de 2002, um sistema *MRP/MRP II* como ferramenta de apoio nas atividades de gestão da manufatura. Os recursos produtivos eram considerados como infinitos e o sequenciamento era realizado manualmente por planejadores. Em seguida, o sistema *MRP II* levava aproximadamente doze horas para gerar a programação, o que tornava a simulação de diferentes cenários inviável e dificultava que os clientes fossem respondidos rapidamente em relação a questionamentos sobre possíveis novos pedidos.

Havia altos volumes tanto de estoque em processo quanto de produtos acabados, pois eram utilizados grandes lotes de produção para obter um menor tempo de troca de ferramental. A falta de segurança dos programadores em relação ao *MRP* fazia com que fossem utilizadas margens de segurança grandes, acarretando em níveis ainda maiores de estoques (ZATTAR, 2004).

Com a implantação de um *software*, denominado de Drummer APS, na fabricação de compressores, a Empresa B obteve várias melhorias em seu processo produtivo, sendo uma delas a adequação do pulmão de proteção do gargalo, que, a princípio, estava subdimensionado e geralmente ocorriam problemas de atraso ou falta de peças no recurso. Além dessa vantagem, outros resultados foram obtidos pela empresa, como o aumento dos giros de estoque de matéria prima e de produtos acabados em 33,52% e 23,37%, respectivamente. As maiores reduções ocorreram nos estoques, onde o estoque em processo foi reduzido em 46,59% e o estoque total em 17,05%. O *lead time* e a quantidade de atrasos também diminuíram, respectivamente, 15,13% e 3,94% (ZATTAR, 2004).

#### 2.4.1. PREACTOR APS

O *software* Preactor visa oferecer maior visibilidade e entendimento do processo de manufatura para, assim, controlá-lo melhor e aumentar a eficiência em (PREACTOR INTERNATIONAL LTD., 2013):

- utilização de máquinas;
- identificação e gestão dos conflitos gerados por ordens de alta prioridade atrasadas;
- identificação de restrições de recursos, processos e/ou máquinas;
- avaliação rápida de diferentes cenários e exposição das operações programadas, dentre outros benefícios que o programa busca trazer para as organizações.

O Preactor existe em diferentes configurações, sendo elas: Preactor Express, Preactor 200 FCS, Preactor 300 FCS, Preactor 400 APS, Preactor 500 APS e Preactor Viewer (PREACTOR INTERNATIONAL LTD., 2013).

O Preactor Express é uma versão do programa que possui configuração fixa, geralmente utilizada por empresas pequenas que desejam implantar um sistema de programação rapidamente. Os algoritmos nele presentes oferecem sequenciamento com base na prioridade ou pela data devida e todos os dados de produtos, recursos, centros de trabalho e padrões de turno ficam alocados em uma base de dados SQL. Esta versão possui alguma flexibilidade quanto ao que o usuário pode definir em relação aos produtos e operações, mas de modo geral, sua customização é bastante limitada (PREACTOR INTERNATIONAL LTD., 2013).

A versão Preactor 200 FCS é o ponto de partida para aqueles que desejam integrá-la a outros *softwares* como, por exemplo, um *ERP* ou uma ferramenta de coleta de dados, pois é capaz de importar e exportar informações para outros sistemas. Sua base de dados é completamente customizável para se adequar as necessidades do usuário. É permitido que mais de um recurso seja utilizado para uma operação ao mesmo tempo (máquina, operador e ferramenta, por exemplo), sendo, geralmente, a máquina tratada como recurso primário e os demais como recursos secundários. Os recursos primários são considerados como finitos, enquanto os secundários são considerados como infinitos. Portanto, o usuário precisa acompanhar os gráficos de utilização dos recursos secundários para verificar se sua capacidade é ultrapassada em algum ponto da programação para, então, fazer os ajustes necessários. Outras características principais desta versão do Preactor: permite tempos de processamento diferentes para uma operação em diferentes recursos, tempos de *setup* dependente da sequência, utilização de lotes de transferência, divisão de lotes, reparação automática da programação e relatórios de análise para comparação entre diferentes programações (PREACTOR INTERNATIONAL LTD., 2013).

Além dos atributos presentes na versão anterior, o Preactor 300 FCS também permite que sejam definidos roteiros dependentes dos recursos selecionados, múltiplas restrições finitas para cada operação, alocação de diferentes lotes em um mesmo recurso ao mesmo tempo (como fornos ou tanques, por exemplo) e atualização em meados do lote (*mid-batch updates*) das quantidades concluídas (PREACTOR INTERNATIONAL LTD., 2013).

Já a configuração 400 APS do Preactor possui diversas regras de otimização da programação como de minimizar os tempos de preparação, utilização de uma sequência preferida, programação de gargalos e por campanha (*campaigning*). Esta versão também permite que regras compostas, baseadas nas regras padrão, sejam estabelecidas pelo usuário. Ainda, se as regras compostas não forem suficientemente adequadas, novas regras podem ser incorporadas ao programa utilizando macros do Visual Basic. Outro conceito importante utilizado nesta versão APS é o de *order pegging*, que utiliza as *BoMs* de diferentes produtos, em conjunto com regras definidas pelo usuário, para unir ordens diferentes de um mesmo componente ou produto. Isso faz com que haja um bom controle e rastreabilidade do material (PREACTOR INTERNATIONAL LTD., 2013).

A principal característica acrescentada ao Preactor 500 APS é o Preactor BoM Exploder (PBX), que permite que a função *Capable to Promise (CTP)* ofereça datas para



promessa mais realistas que nas demais versões. São realizados cálculos complexos baseados nas listas de materiais e roteiros dos produtos, estoques, *work-in-process*, em conjunto com todas as restrições e situação atual do sistema produtivo para estimar, com mais precisão, a data de conclusão das ordens (PREACTOR INTERNATIONAL LTD., 2013).

Os atributos de cada versão do Preactor aqui mencionados são apenas para demonstrar as principais diferenças entre as configurações. No Anexo I (em inglês), é possível verificar, com mais detalhe, os recursos disponíveis em cada uma das cinco versões do *software* de programação da produção (PREACTOR INTERNATIONAL LTD., 2013).

O Preactor Viewer é um sistema utilizado apenas para visualização e só não pode ser vinculado ao Preactor Express. Todas as demais versões são capazes de transferir informações nelas geradas para o sistema de visualização. Este sistema pode ser implementado em diferentes departamentos de uma empresa, dado que nele é possível verificar a programação da produção em tempo real (PREACTOR INTERNATIONAL LTD., 2013).

Como pôde ser observado, o Preactor possui algumas versões de *Finite Capacity Scheduling*, ou *FCS* (Express, 200 FCS e 300 FCS) e outras como *Advanced Planning and Scheduling*, ou *APS* (400 APS e 500 APS). As versões *FCS* utilizam o método de sequenciamento algorítmico para gerar as programações. Às vezes o método é chamado de programação sequencial ou de uma ordem por vez. A sequência de carregamento das ordens é definida pelo usuário, onde as opções são pela: data devida, prioridade ou ordem dos arquivos. As operações podem ser programadas para frente, para trás ou bidireccionalmente. Quando uma ordem é selecionada, todas as suas operações são programadas para, então selecionar a próxima ordem e programar todas suas operações e, assim sucessivamente, até que todas as ordens tenham sido carregadas nos recursos (PREACTOR INTERNATIONAL LTD., 2013).

Nas versões *APS*, pode-se optar por realizar o sequenciamento por carregamento sequencial, como já foi explicado anteriormente, ou por carregamento paralelo, que permite que as operações sejam programadas uma de cada vez utilizando regras de despacho para definir a sequência. Estas regras são específicas aos recursos, o que significa que quando um recurso se torna disponível, é necessário analisar a fila de operações aguardando para serem processadas para selecionar a próxima que ocupará o recurso. De acordo com a Preactor International Ltd. (2013), existem algumas regras padrão das configurações *APS* que são apresentadas no Quadro 3.

| Regra APS                     |  | Descrição   |
|-------------------------------|--|---|
| <i>Preferred Sequence</i>     | Sequência Preferida                        | Uma sequência preferida é criada com base no critério definido pelo usuário. Pode-se utilizar como critério: atributo da ordem, tempo de <i>setup</i> , tempo de processamento ou razão crítica.  |
| <i>Minimize WIP Forwards</i>  | Minimizar Material em Processo Para Frente | Esta regra gera a programação por carregamento sequencial e é utilizada para minimizar o <i>makespan</i> de cada ordem. A regra Para Frente programa as operações de uma ordem a partir do tempo atual, trava a última operação e depois programa para trás a partir daí. Na regra Para Trás, as operações são programadas a partir da data devida, a primeira operação é travada e, então, as operações são programadas novamente para frente. |
| <i>Minimize WIP Backwards</i> | Minimizar Material em Processo Para Trás   |   |
| <i>Selective Bottleneck</i>   | Gargalo Seletivo                           | Baseada na Teoria das Restrições, esta regra utiliza um gargalo (recurso ou grupo de recursos), selecionado pelo usuário. As operações são programadas para trás e aquelas que são processadas pelo gargalo são deslocadas pelo tempo de folga do gargalo, nos recursos, que antecedem o gargalo, para garantir que o mesmo não fique ocioso.   |
| <i>Dynamic Bottleneck</i>     | Gargalo Dinâmico                           | Como uma versão melhorada da regra anterior, esta permite que o gargalo mude de acordo com o <i>mix</i> de produtos atualmente sendo programados. Esta regra calcula o gargalo de cada ordem e a programa em torno de seu gargalo da mesma forma que na regra do Gargalo Seletivo.  |
| <i>Minimize Overall Setup</i> | Minimizar Tempo de Preparação Global       | Esta regra se assemelha a da Sequência Preferida que utiliza como critério o tempo de <i>setup</i> . Contudo, a diferença se dá no fato da Sequência Preferida visar a minimização do <i>setup</i> em um recurso, enquanto que nesta, um tempo total de preparação mínimo é buscado.  |
| <i>Campaigning</i>            | Campanha                                   | A programação que utiliza esta regra é realizada em ondas e utiliza um script de sequenciamento pré-definido. Pode-se fazer a programação para vários períodos utilizando regras iguais ou diferentes para cada um deles.   |
| <i>Parallel Loading</i>       | Carregamento Paralelo                      | Na medida em que os recursos se tornam disponíveis, operações, selecionadas das filas de espera, são alocadas aos mesmos. As operações das ordens de fabricação são selecionadas individualmente, ou seja, todas as primeiras operações são programadas e, em seguida, todas as segundas operações e assim sucessivamente, até que todas sejam programadas.   |

Quadro 3 - Regras padrão do Preactor APS  
 Fonte: traduzido e adaptado de Preactor International Ltd., 2013

Em busca de uma ferramenta que permitiria a obtenção de uma melhor visão da utilização de seus recursos e das datas de entrega dos produtos, a Klabin Sacos Industriais, uma empresa líder no Brasil na produção de material para embalagens, encontrou o Preactor como solução. A implementação do *software* ajudou a reduzir estoques intermediários, melhorou a visualização da utilização das máquinas, tornando a identificação de gargalos mais fácil. Ainda, a programação ficou mais flexível, com a possibilidade de testar diversos cenários, e também mais confiável (LIDDELL, 2009).

Já a JBT Foodtech, que fabrica equipamentos utilizados por indústrias de processamento de alimentos, percebeu que a implantação do Preactor APS foi essencial para aumentar a produtividade e obter mais organização e facilidade de gestão em relação ao processo produtivo. Também foi possível reduzir os *lead times* e estoques de material em processo, além de permitir uma melhor programação para a compra de matéria prima (LIDDELL, 2009).

Além dos benefícios encontrados nos dois exemplos anteriores, a Eliane Revestimentos Cerâmicos procurava uma solução para o desafio de centralizar a programação da produção de todas as suas sete unidades industriais. Antes da aquisição do Preactor, cada unidade era responsável pela programação de suas linhas e, como muitas vezes os pedidos possuíam itens que eram fabricados em unidades diferentes, muito tempo e esforço era perdido ao ter que negociar prazos dentre as fábricas e também com o cliente. Este problema foi solucionado pela implantação de uma licença Preactor 400 APS, que foi integrado ao *ERP* já utilizado pela organização, e licenças Viewer para cada unidade produtiva (LIDDELL, 2009).

Na ArcelorMittal Tubarão, a obtenção do Preactor foi propulsionada pela necessidade de otimizar os processos para garantir a produção durante a execução de um projeto de aumento de capacidade da unidade. A expansão tinha que ocorrer sem que a operação e produção, fossem prejudicados. Portanto, o Preactor foi muito importante para o projeto, além de sua implantação ter sido considerada uma inovação mundial em relação ao uso de um *software APS* na gestão de uma aciaria (LIDDELL, 2009).

Em uma aplicação prática, realizada por Fernandes (2006) em um fábrica de meias, foram geradas cinco programações distintas, utilizando diferentes regras do Preactor 400 APS. O autor coletou dados da empresa sobre os centros de trabalho e as operações realizadas em cada um deles, os tempos de processamento das operações e a quantidade de máquinas

disponíveis em cada posto. Com isto, o ambiente de produção foi modelado no *software* e a programação da produção executada. Para realizar a comparação entre as regras, foram analisados os seguintes indicadores: pedidos em dia, pedidos atrasados, pedidos não sequenciados e máximo *lead time*.

Foi possível observar que, para o objetivo de atendimento da data de entrega, as melhores alternativas foram a *selective bottleneck* e *parallel loading*, com 29 e 31 pedidos programados para serem concluído em dia, respectivamente. Para o objetivo de minimização do *lead time*, o método da menor data de entrega (utilizada pela empresa) e *parallel loading* resultaram nos menores valores, de 2 dias 10 horas e 44 minutos para a primeira e 2 dias e 44 minutos para a segunda. Portanto, o autor sugeriu que fosse utilizada a metodologia de *parallel loading*, ou carregamento paralelo, que é realizada ao alocar tarefas ao recursos a medida que os mesmos se tornam disponíveis (FERNANDES, 2006).

Para a realização deste trabalho, em uma fábrica de meias, utilizou-se a versão Preactor 400 APS. O motivo para tal escolha é pelo *software* estar disponível em laboratório acadêmico e por possuir mais opções para a geração da programação. As versões abaixo desta utilizam regras simplificadas, se limitando a sequenciar as operações apenas com base na data devida ou na prioridade da ordem. Já a versão superior, o Preactor 500 APS, possui opções de programação mais avançadas, mas que não chegam a ser relevantes, pois seriam necessários estudos bastante aprofundados para utilizar estes recursos. O objetivo do trabalho é o de propor uma maneira de melhorar a programação da produção atual da fábrica e não explorar em detalhes os recursos disponíveis do sistema APS.

### **3. DESENVOLVIMENTO DO MODELO PARA A PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO**

#### **3.1. DESCRIÇÃO DA EMPRESA**

A empresa Malhas D'Estefano Ltda., localizada na cidade de Juiz de Fora – MG, é produtora de meias e polainas. Quando fundada em 1989, além dos artigos hoje produzidos, a empresa também confeccionava peças de vestuário e roupas íntimas. Contudo, a partir do ano de 2001, estes itens foram excluídos de seu portfólio, fazendo com que sua produção passasse a ser exclusivamente voltada para meias e polainas (AMARAL, 2014).

No início, fabricavam-se apenas meias masculinas em tamanho adulto, mas com o passar do tempo, a empresa foi desenvolvendo e diversificando seus produtos e hoje possui diferentes modelos de meias e polainas que atendem qualquer faixa etária e sexo (AMARAL, 2014). A fábrica produz itens para três marcas próprias, além de também fabricar peças personalizadas para as marcas de seus clientes.

De acordo com informações adquiridas na fábrica, a mesma conta com uma capacidade estimada em 370 mil dúzias de meias e polainas por ano, ou aproximadamente 30,8 mil dúzias por mês. Um levantamento realizado da quantidade produzida em cada mês desde 2014 apontou que a produção média mensal está em torno de 24 mil dúzias, o que significa que, no geral, a empresa está operando abaixo de sua capacidade. Contudo, é possível que nos meses em que há picos de produção, que pode acarretar em mais dias da semana e mais turnos trabalhados, a quantidade de itens produzidos fica bem próxima da capacidade produtiva estimada.

Segundo dados fornecidos pela empresa e também Amaral (2012), atualmente a empresa possui um quadro de 71 funcionários atuando diretamente na produção e aproximadamente mais 50 trabalhadores indiretos, que lidam com a informática, contabilidade, segurança e manutenção tanto dos equipamentos quanto da instalação. Ainda, a Malhas D'Estefano conta com 18 representantes comerciais que realizam as vendas dos produtos em todos os estados, criando uma rede de aproximadamente 2000 clientes, sendo estes: distribuidores, atacadistas, magazines, varejistas e sacoleiros.

### 3.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O processo produtivo da empresa em estudo é composto por várias etapas sucessivas, que podem ser vistas na Figura 5, sendo a primeira delas a chegada de matéria prima. Neste ponto são recebidos os fios, que serão posteriormente transformados em meias e polainas, e também das embalagens plásticas e cartelas de papel para identificação dos produtos. Estes materiais são mantidos em estoque até que sejam necessários no processo.

Quando solicitados, os fios são transportados para o setor de tecelagem, onde são utilizados para preparar as máquinas, chamadas de teares, para que as meias possam ser produzidas. Os fios colocados nos teares dependem das características do produto daquela

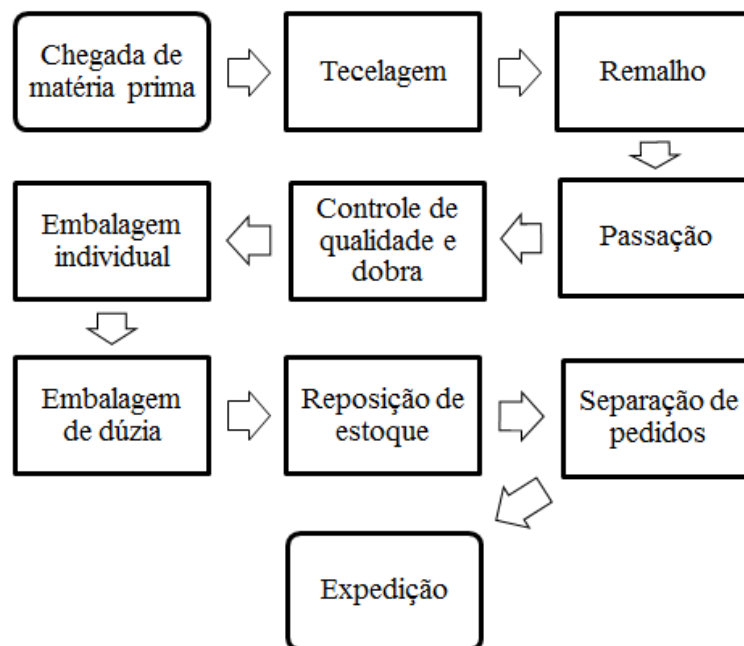


Figura 5 - Fluxograma do processo produtivo  
Fonte: a autora

ordem de produção, ou ficha de produção, podendo variar de acordo com o tipo, cor, textura e *design* desejados. A quantidade produzida por cada ficha também depende das características do produto pelo fato do tamanho influenciar significativamente no volume final dos produtos. Portanto, cada tipo de produto é produzido em uma quantidade específica que facilita o transporte para a etapa posterior.

Algumas meias já saem do tear fechadas, ou seja, não há necessidade de serem costuradas e podem ir direto da tecelagem para a passagem. Contudo, a maior parte dos produtos tecidos precisa ser costurada após a tecelagem. Este processo é realizado no setor de remalho, composto por quatro máquinas de costura remalhadeiras, sendo que cada uma necessita de uma operadora para seu funcionamento.

O próximo passo do processo é o da passagem, onde as meias são colocadas em formas metálicas aquecidas para que fiquem no formato correto. Ao sair das formas, os produtos seguem para o próximo passo.

Neste ponto, é realizado o controle de qualidade, onde todos os produtos são inspecionados quanto ao padrão de qualidade estabelecido. Em seguida, as meias e polainas são colocadas em pares e dobradas, sendo estes passos em preparação para a etapa posterior, de embalagem.

É importante ressaltar que na etapa de embalagem individual, há a possibilidade de inserir uma forma significativa de diferenciação do produto que é a de utilização de embalagens das próprias marcas ou personalizada de acordo com a necessidade dos clientes. Feitas as embalagens dos pares, estes são utilizados para a montagem de *kits*, homogêneos ou sortidos, de diversos pares de meias (geralmente em quantidades de 6, 12, 24 ou 36).

Em geral, os produtos são, então, encaminhados para reposição de estoque, onde são armazenados em prateleiras, com identificação e endereçamento para facilitar a localização. Ao chegar neste ponto, as informações dos produtos acabados são inseridas no sistema de gestão integrada que, ao alcançar os níveis de estoque de segurança estabelecidos, envia alertas para o responsável pela programação e controle da produção no setor de tecelagem.

Do estoque é que são separados os pedidos dos clientes e, em seguida, são conferidos e colocados em caixas para o transporte. A partir daí, vão para a doca de expedição, onde as caixas são colocadas no caminhão da transportadora para que sejam levadas até o cliente.

### 3.2.1. O SETOR DE TECELAGEM

A tecelagem foi escolhida para o estudo de sequenciamento da produção por alguns motivos. O primeiro é pelo fato deste setor ser um que possui pouca flexibilidade em relação à capacidade, ou seja, esta está limitada ao número de teares que a empresa tem. Expandir a

capacidade produtiva da tecelagem requer mais tempo e investimentos financeiros mais altos que os demais setores, que podem ser aumentados com contratação de pessoal e/ou compra de equipamentos significativamente menos onerosos.

Conforme informações levantadas durante as visitas à fábrica, todas as etapas posteriores à tecelagem, atualmente, conseguem processar o material que recebe, ou seja, a tecelagem é o processo gargalo. A taxa de produção é ditada pelo ritmo da tecelagem. Portanto, obtendo um sequenciamento com tempos de atravessamento mais curtos poderia fazer com que a fábrica, como um todo, produzisse uma quantidade maior de dúzias de meias e polainas.

Atualmente, a empresa possui 66 teares circulares, que são operados por tecelões, mas que não necessitam de dedicação exclusiva por parte dos mesmos. Em geral, um par de operadores, um tecelão e um revistador, cuida da operação de 10 a 12 máquinas, sendo sua atuação imprescindível na preparação da máquina na troca de uma ordem de produção para outra. Além dos tecelões, a empresa possui três mecânicos, responsáveis por reparos nas máquinas que atuam durante os turnos da manhã e da tarde (entre 7 e 23h). A operação está ocorrendo em três turnos, ou seja, durante 24h, mas não há mecânicos disponíveis durante todo o tempo. Problemas que ocorrem durante o último turno são solucionados a partir do momento de chegada do primeiro mecânico. A operação nem sempre acontece em três turnos e em todos os dias da semana. Isto é um fator que pode variar, de acordo com a demanda de mercado e com as diretrizes da empresa.

O sequenciamento das máquinas é realizado manualmente de forma intuitiva e sem a utilização de regras ou formas de priorização entre as ordens. Uma vez que uma ordem é liberada para produção, a mesma é atribuída a um tear específico, e não a um grupo de máquinas que poderia processar aquela ordem. Em geral, a partir do momento em que uma ordem é atrelada à uma máquina, a mesma permanece ali até que seja processada, mesmo que outra máquina (que seria capaz de processá-la) esteja ocioso.

Cada tear possui um grupo de produtos que pode processar e isto depende, de maneira simplificada, do diâmetro do cilindro e do número de agulhas que possui. Estas características podem ser alteradas, mas o processo de conversão é longo (podendo durar até dois dias) e há o risco de ocorrer a perda de peças por quebra durante a troca. Portanto, a empresa adota que os teares permaneçam em seus estados originais de fabricação, ou que as características sejam permanentemente alteradas.



### 3.3. PROBLEMA MODELADO NO PREACTOR

A modelagem do setor de tecelagem da fábrica no Preactor foi realizada com base nos dados adquiridos durante as visitas. Conforme dito na metodologia, uma coleta de dados realizada no chão de fábrica gerou como resultado informações de 436 ordens de produção que foram liberadas e processadas entre os dias 06 e 14 de junho de 2016. As informações foram filtradas e selecionadas de acordo com as necessidades do estudo. Optou-se por considerar as ordens que foram liberadas nos dias 06, 07 e 08. Com isso, o número de ordens realmente levadas em consideração para o estudo foi de 262.

Além das ordens de produção, foram cadastradas informações dos produtos, recursos produtivos primários e recursos secundários do setor de tecelagem. Maiores detalhes sobre os dados inseridos no *software* e as considerações feitas durante o processo de montagem do modelo estão explicitadas nas seções a seguir.

#### 3.3.1. CADASTRO DE RECURSOS PRIMÁRIOS

As primeiras informações inseridas no Preactor foram relacionadas aos recursos primários (os teares), como pode ser visto no Anexo II, e os dados cadastrados para cada recurso foram:

- Número da máquina;
- Data e hora a partir da qual o recurso estava disponível;
- Setor à qual pertence;
- Intervalo de tempo de disponibilidade;
- Período em que o recurso ficou parado por um intervalo de tempo prolongado (caso tenha ocorrido).

A disponibilidade de cada recurso foi determinada pela data e hora da primeira ordem de produção processada por aquele equipamento na programação atual, pois se considerou que os recursos estariam ocupados até tal momento.

Outro elemento importante foi o de informar o setor, dos quatro existentes, à qual o recurso pertence. Isto determinou o período de disponibilidade do recurso. As máquinas pertencentes aos setores 1 e 4 não trabalharam durante o domingo e feriado que ocorreram entre as datas mencionadas acima. Portanto, a partir das 15h do dia 11 de junho, não poderiam

mais processar ordens de produção. Já os teares dos setores 2 e 3 estavam disponíveis durante todo o período.

Na obtenção da programação realizada pela empresa, foi possível observar que alguns recursos ficaram parados por intervalos de tempo relativamente altos, que poderiam ser atribuídos a casos fortuitos, como quebra de agulha, pane na máquina, falta de operador para trocar ordens de produção ou algum outro problema. Contudo, não é possível saber o que realmente ocorreu durante tais períodos observados, mas para que a programação gerada pelo Preactor não ficasse muito longe da realidade, todos os intervalos em que os recursos ficaram mais de uma hora consecutiva parados foram inseridos no *software* como um período de indisponibilidade.

### 3.3.1.1. MATRIZ DE *SETUP*

Para cada recurso cadastrado foi necessário definir a matriz de tempos de *setup*. Entre uma ordem de produção e outra, um operador precisa realizar a preparação da máquina para que esta possa processar a ordem que está por vir. Este tempo depende das características dos produtos de cada ordem e do operador que realiza esta troca. De maneira simplificada e com tempos estimados, foi possível realizar a montagem desta matriz com base nos dados da Tabela 1.

| <b>Matriz de <i>Setup</i> (em minutos)</b> |               |               |                   |                   |
|--|---------------|---------------|-------------------|-------------------|
|  | <b>W lisa</b> | <b>X lisa</b> | <b>Y atalhada</b> | <b>Z atalhada</b> |
| <b>W lisa</b>                              | 2             | 13            | 30                | 30                |
| <b>X lisa</b>                              | 13            | 2             | 30                | 30                |
| <b>Y atalhada</b>                          | 30            | 30            | 2                 | 13                |
| <b>Z atalhada</b>                          | 30            | 30            | 13                | 2                 |

Tabela 1 - Dados para montagem da matriz de *setup*  
Fonte: a autora

Para o presente trabalho, foi considerado que quando uma ordem de produção termina de ser processada e a próxima ordem programada para aquele equipamento é do mesmo produto (mesma referência), o tempo de *setup* é de 2 minutos. Caso a troca seja entre produtos diferentes, mas que tenham a mesma característica (lisa-lisa ou atalhada-atalhada), o tempo de *setup* é de 13 minutos. Finalmente, se a troca de ordens de produção for entre

produtos diferentes, que possuam características diferentes (lisa-atoalhada ou atoalhada-lisa), o tempo de setup é mais demorado, durando aproximadamente 30 minutos. A mesma matriz foi definida para todos os recursos.

### 3.3.2. CADASTRO DE RECURSOS SECUNDÁRIOS

Como já mencionado na descrição do processo de tecelagem, a atuação de operadores é necessária durante as trocas entre ordens de produção. As quantidades de operadores disponíveis por setor e por turno podem ser observadas na Tabela 2 abaixo.

| <b>OPERADORES</b>     |                |                |                |                |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Turno</b>          | <b>Setor 1</b> | <b>Setor 2</b> | <b>Setor 3</b> | <b>Setor 4</b> |
| <b>Manhã (7-15h)</b>  | 2              | 2              | 2              | 1              |
| <b>Tarde (15-23h)</b> | 1              | 2              | 2              | 1              |
| <b>Noite (23-7h)</b>  | 2              | 2              | 1              | 1              |

Tabela 2 - Quantidade de operadores disponíveis  
Fonte: a autora

Foram cadastrados no Preactor quatro tipos de recursos secundários: Operadores Setor 1, Operadores Setor 2, Operadores Setor 3 e Operadores Setor 4. Para definir as quantidades e os horários de disponibilidade, foram feitas alterações nos calendários desses recursos.

Para os operadores do setor 1, os períodos de 23h até 15h, o valor de utilização mínimo foi definido como 0 (zero) e o máximo como 2. Para os períodos de 15h até 23h, os valores de utilização mínimo e máximo foram 0 e 1, respectivamente. De maneira análoga, os demais setores foram delimitados de acordo com as informações da Tabela 2.

### 3.3.3. CADASTRO DE PRODUTOS

O próximo passo consistiu em inserir no sistema os produtos necessários para gerar a programação. A Malhas D'Estefano possui um portfólio de produtos com mais de cem itens. Contudo, foram considerados apenas 35 neste trabalho, pois as ordens de produção processadas durante o período considerado contemplaram essa parcela dos produtos.

Para o produto BF02, foi feita uma diferenciação, na referência, entre as cores produzidas, pois isto implica em diferentes recursos para o processamento. Por este mesmo

motivo houve também uma diferenciação nas referências BF57 e BF58, mas nestas, a diferença está no tamanho e não nas cores.

Para a inserção dos produtos, era necessário saber os tempos de processamento de cada um, assim como as máquinas que podem realizá-lo. O tempo de processamento de cada produto foi considerado o mesmo para todas as máquinas capazes de processá-lo e foram obtidos pela média aritmética de todas as ordens de produção (contempladas no trabalho) para cada produto. Não foram utilizados os tempos padrão informados pela empresa, pois se notou que na prática estes estavam significativamente diferentes do que é realizado e, se utilizados, poderiam implicar em resultados pouco representativos da realidade.

No Anexo III é possível observar as diferenciações nas referências mencionadas anteriormente, assim como obter os tempos de processamento e quais as máquinas podem processar cada produto.

#### 3.3.4. CADASTRO DE ORDENS DE PRODUÇÃO

Uma vez inseridos no Preactor os dados dos produtos e dos recursos produtivos, foi necessário cadastrar as ordens de produção e para isto, foram informados:

- Número da ordem;
- Referência/Produto;
- Quantidade a ser produzida;
- Data e hora da liberação.

Quase todos esses dados são iguais aos da programação real, sendo que a única diferença se encontra no número da ordem. Os números de ordem informados pela empresa foram substituídos por números de 1 a 262, atribuídos às ordens por ordem crescente da data e hora de liberação, para facilitar no cadastramento das mesmas. Todas as ordens de produção utilizadas podem ser vistas no Anexo IV.

#### 3.3.5. REGRAS UTILIZADAS PARA PROGRAMAÇÃO

Dentre as regras explicadas na seção 2.4.1, algumas não se encaixam no problema modelado. As regras que visam minimizar o tempo de material em processo (*Minimize WIP*

*Forwards* e *Minimize WIP Backwards*) não foram utilizadas pelo fato de apenas o setor de tecelagem ter sido estudado. O objetivo dessas regras não é mensurado, uma vez que não se sabe quanto tempo as ordens de produção consideradas aguardaram para serem processadas nas etapas posteriores à tecelagem.

Também não foram gerados programas utilizando regras relacionadas à gargalos (*Selective Bottleneck* e *Dynamic Bottleneck*). Como apenas um setor da fábrica foi modelado e todo este foi considerado como o gargalo, não havia motivo para destacar algum tear específico como um recurso gargalo. Para determinar quais teares são mais solicitados e se poderiam ser considerados como gargalos, seria necessário um estudo que viabilizasse a modelagem de todo o processo produtivo.

Deste modo, foram escolhidas três regras para gerar as programações da produção: *parallel loading*, *preferred sequence* (baseada nos tempos de processamento de forma crescente) e *minimize overall setup*. Os resultados gerados por tais programas de produção serão apresentados a seguir.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. RESULTADOS ALCANÇADOS

Nas Figuras Figura 6, Figura 7 e Figura 8 estão as estatísticas de programação para as regras *minimize overall setup*, *preferred sequence* e *parallel loading*, respectivamente. Como se pode observar, não há ocorrência de ordens atrasadas, pois como a produção é para estoque, não há uma data predeterminada para a conclusão da mesma. Contudo, foi informada no Preactor uma data devida (15 de junho de 2016), igual para todas as ordens, para obter a medida de antecipação que, neste caso, pode ser utilizada para determinar qual regra faria com que as ordens terminassem mais cedo.

Além das informações que podem ser vistas nas Figuras Figura 6, Figura 7 e Figura 8, também foi gerado um relatório, para cada regra, que informa quais ordens foram atribuídas a cada máquina, assim como data e hora início e data e hora fim do processamento de cada ordem. Com isto, foi possível calcular os tempos de espera e de processamento de cada ordem e os tempos de máquina parada entre cada uma delas.

| Estatísticas da Programação     |                                     |                 |                  |                                       |
|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------------------|
| <b>Dados das Ordens</b>         |                                     |                 |                  |                                       |
|                                 | Antecipadas                         | Atrasadas       | Incompletas      | Iniciadas                             |
| Quantidade                      | 262                                 | 0               | 0                | 0                                     |
| Percentual                      | 100.00                              | 0.00            | 0.00             | 0.00                                  |
| <b>Outros Dados das Ordens</b>  |                                     |                 |                  |                                       |
|                                 | Total                               | Mínimo          | Média            | Máximo                                |
| Antecipação                     | 1663 Dias 19:55                     | 1 Dia 2:04      | 6 Dias 8:25      | 8 Dias 22:50                          |
| Atraso                          | 0 Horas 00 Mins                     | 0 Horas 00 Mins | 0 Horas 00 Mins  | 0 Horas 00 Mins                       |
| Setup                           | 12 Horas 20 Mins                    | 0 Horas 02 Mins | 0 Horas 03 Mins  | 0 Horas 30 Mins                       |
| Lead Time                       | 190 Dias 13:33                      | 4 Horas 26 Mins | 17 Horas 27 Mins | 2 Dias 10:02                          |
| Tempo Produtivo / Tempo Total % |                                     | 90.32%          | 99.73%           | 99.94%                                |
| <b>Dados de Recursos</b>        |                                     |                 |                  |                                       |
|                                 |                                     | Mínimo          | Média            | Máximo                                |
| Tempo Trabalhando %             |                                     | 2.29            | 38.49            | 85.74                                 |
| Tempo em Setup %                |                                     | 0.02            | 0.10             | 0.42                                  |
| Tempo Não Disponível %          |                                     | 0.00            | 9.45             | 37.62                                 |
| Tempo Ocioso %                  |                                     | 0.00            | 51.95            | 87.37                                 |
| Utilização Real                 |                                     | 3.05            | 42.51            | 99.85                                 |
| Intervalo                       | 06-06-2016 09:50 - 14-06-2016 21:56 |                 | 8 Dias 12:06     | <input type="button" value="Fechar"/> |

Figura 6 - Estatísticas da programação gerada pela regra *minimize overall setup*  
Fonte: a autora

| Estatísticas da Programação     |                                     |                 |                  |                                       |
|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------------------|
| <b>Dados das Ordens</b>         |                                     |                 |                  |                                       |
|                                 | Antecipadas                         | Atrasadas       | Incompletas      | Iniciadas                             |
| Quantidade                      | 262                                 | 0               | 0                | 0                                     |
| Percentual                      | 100.00                              | 0.00            | 0.00             | 0.00                                  |
| <b>Outros Dados das Ordens</b>  |                                     |                 |                  |                                       |
|                                 | Total                               | Mínimo          | Média            | Máximo                                |
| Antecipação                     | 1768 Dias 8:00                      | 3 Dias 22:43    | 6 Dias 17:59     | 9 Dias 2:54                           |
| Atraso                          | 0 Horas 00 Mins                     | 0 Horas 00 Mins | 0 Horas 00 Mins  | 0 Horas 00 Mins                       |
| Setup                           | 1 Dia 17:13                         | 0 Horas 02 Mins | 0 Horas 09 Mins  | 0 Horas 30 Mins                       |
| Lead Time                       | 191 Dias 18:26                      | 4 Horas 26 Mins | 17 Horas 34 Mins | 2 Dias 10:02                          |
| Tempo Produtivo / Tempo Total % |                                     | 90.32%          | 99.10%           | 99.94%                                |
| <b>Dados de Recursos</b>        |                                     |                 |                  |                                       |
|                                 |                                     | Mínimo          | Média            | Máximo                                |
| Tempo Trabalhando %             |                                     | 3.45            | 58.00            | 84.61                                 |
| Tempo em Setup %                |                                     | 0.02            | 0.52             | 1.45                                  |
| Tempo Não Disponível %          |                                     | 0.00            | 14.24            | 56.69                                 |
| Tempo Ocioso %                  |                                     | 7.17            | 27.24            | 74.15                                 |
| Utilização Real                 |                                     | 5.52            | 67.01            | 90.84                                 |
| Intervalo                       | 06-06-2016 09:50 - 12-06-2016 01:17 |                 | 5 Dias 15:27     | <input type="button" value="Fechar"/> |

Figura 7 - Estatísticas da programação gerada pela regra *preferred sequence*  
Fonte: a autora

| Estatísticas da Programação     |                                     |                 |                  |                                       |
|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------------------|
| <b>Dados das Ordens</b>         |                                     |                 |                  |                                       |
|                                 | Antecipadas                         | Atrasadas       | Incompletas      | Iniciadas                             |
| Quantidade                      | 262                                 | 0               | 0                | 0                                     |
| Percentual                      | 100.00                              | 0.00            | 0.00             | 0.00                                  |
| <b>Outros Dados das Ordens</b>  |                                     |                 |                  |                                       |
|                                 | Total                               | Mínimo          | Média            | Máximo                                |
| Antecipação                     | 1768 Dias 8:00                      | 3 Dias 22:43    | 6 Dias 17:59     | 9 Dias 2:54                           |
| Atraso                          | 0 Horas 00 Mins                     | 0 Horas 00 Mins | 0 Horas 00 Mins  | 0 Horas 00 Mins                       |
| Setup                           | 1 Dia 17:13                         | 0 Horas 02 Mins | 0 Horas 09 Mins  | 0 Horas 30 Mins                       |
| Lead Time                       | 191 Dias 18:26                      | 4 Horas 26 Mins | 17 Horas 34 Mins | 2 Dias 10:02                          |
| Tempo Produtivo / Tempo Total % |                                     | 90.32%          | 99.10%           | 99.94%                                |
| <b>Dados de Recursos</b>        |                                     |                 |                  |                                       |
|                                 |                                     | Mínimo          | Média            | Máximo                                |
| Tempo Trabalhando %             |                                     | 3.45            | 58.00            | 84.61                                 |
| Tempo em Setup %                |                                     | 0.02            | 0.52             | 1.45                                  |
| Tempo Não Disponível %          |                                     | 0.00            | 14.24            | 56.69                                 |
| Tempo Ocioso %                  |                                     | 7.17            | 27.24            | 74.15                                 |
| Utilização Real                 |                                     | 5.52            | 67.01            | 90.84                                 |
| Intervalo                       | 06-06-2016 09:50 - 12-06-2016 01:17 |                 | 5 Dias 15:27     | <input type="button" value="Fechar"/> |

Figura 8 - Estatísticas da programação gerada pela regra *parallel loading*  
Fonte: a autora

Para realizar uma comparação entre as programações geradas no Preactor e a programação realizada de fato, foi necessário calcular os tempos para esta. Na Tabela 3 estão apresentados os resultados destes cálculos.

| <i>Lead time</i><br>(horas) | Tempo de espera<br>(horas) | Tempo total de<br>processamento<br>(horas) | Tempo de<br>máquina parada<br>(horas) | Antecipação<br>(horas) |
|-----------------------------|----------------------------|--|---------------------------------------|------------------------|
| 175:54:00                   | 7213:17:30                 | 4540:58:00                                 | 183:43:00                             | 36362:37:30            |

Tabela 3 - Tempos resultantes da programação executada pela fábrica  
Fonte: a autora

Comparações quantitativas foram feitas para analisar o grau de diferença entre os diferentes sequenciamentos, enquanto comparações qualitativas permitiram identificar a viabilidade de implementar uma programação, gerada pelo Preactor, na prática.

#### 4.2. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para um estudo quantitativo, foram analisados seis tempos típicos de ambientes industriais e são eles: *lead time*, tempo de processamento, tempo de espera, tempo de máquina parada, tempo de *setup* e antecipação. Todos auxiliam no julgamento de eficiência da programação da produção. Os tempos de cada um dos quatro programas, juntamente com as variações percentuais dos programas gerados no Preactor em relação à programação real, podem ser vistos no Quadro 4 a seguir.

Nota-se que tanto a programação pela regra de *parallel loading* quanto pela *preferred sequence* obtiveram *lead times*, ou o que foi denominado da revisão bibliográfica de *makespan*, menores que o da programação real, enquanto a regra *minimize overall setup* resultou em um *makespan* 16,03% maior. A operação do setor de tecelagem realizou o processamento das ordens consideradas no presente estudo em 175 horas e 54 minutos, mas as programações resultantes do sequenciamento pelo Preactor indicam que as mesmas ordens poderiam ter sido, teoricamente, processadas em um intervalo de tempo de 135 horas e 27 minutos com a regra *preferred sequence* e em 146 horas e 08 minutos com a regra *parallel loading*.



|   | Programação |                               |                           |                         |
|---|-------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|
|   | Atual       | <i>Minimize Overall Setup</i> | <i>Preferred Sequence</i> | <i>Parallel Loading</i> |
| <b>Makespan (horas)</b>                     | 175:54:00   | 204:06:00                     | 135:27:00                 | 146:08:00               |
| <b>Variação do lead time (%)</b>            | -           | 16,03%                        | -23,00%                   | -16,92%                 |
| <b>Tempo de processamento (horas)</b>       | 4540:58:00  | 4556:38:00                    | 4556:38:00                | 4556:38:00              |
| <b>Variação tempo de processamento (%)</b>  | -           | 0,35%                         | 0,35%                     | 0,35%                   |
| <b>Tempo total de espera (horas)</b>        | 7213:17:30  | 9911:45:00                    | 7318:05:00                | 7263:46:00              |
| <b>Variação tempo total de espera (%)</b>   | -           | 37,41%                        | 1,45%                     | 0,70%                   |
| <b>Tempo de máquina parada (horas)</b>      | 183:43:00   | 123:36:00                     | 192:40:00                 | 200:15:00               |
| <b>Variação tempo de máquina parada (%)</b> | -           | -32,72%                       | 4,87%                     | 9,00%                   |
| <b>Antecipação (horas)</b>                  | 36362:37:30 | 39931:55:00                   | 42440:00:00               | 42444:38:00             |
| <b>Variação antecipação (%)</b>             | -           | 9,82%                         | 16,71%                    | 16,73%                  |
| <b>Tempo total de <i>setup</i> (horas)</b>  | -           | 12:20:00                      | 41:13:00                  | 42:24:00                |

Quadro 4 - Quadro comparativo entre programação real da fábrica e programações geradas pelo Preactor  
Fonte: a autora

Em tese, não deveria existir diferença entre os quatro tempos totais de processamento, pois todas as programações sequenciaram as mesmas 262 ordens de produção. Entretanto, houve uma pequena variação no tempo total de processamento de 0,35%, que pode ser atribuído aos arredondamentos ocorridos no cálculo dos tempos médios de processamento. Portanto, essa baixa variação ocorrida pode ser considerada desprezível.

Todas as programações geradas pelo Preactor resultaram em tempos totais de espera maiores que o da programação atual. Para as regras *preferred sequence* e *parallel loading*, o tempo de espera ficou muito próximo do tempo real, com valores, respectivamente, 1,45% e 0,70% maiores. Já a regra *minimize overall setup* acarretou em uma programação, cujo tempo de espera foi 37,41% maior do que o que foi realizado de fato. Isto é devido ao fato dessa regra buscar cumprir o objetivo de minimizar o tempo de *setup*, fazendo com que outros possíveis objetivos sejam desconsiderados.

Observando em detalhe os relatórios das ordens programadas, é possível perceber que não são incomuns casos de ordens de produção que ficam vários dias aguardando em fila para serem processadas. Isto pode significar que, em geral, as ordens estão sendo liberadas

com grande antecedência, pois quando a fila de uma máquina está pequena ou vazia, muitas ordens são liberadas e atribuídas àquele equipamento para que o mesmo tenha material para processar durante um bom tempo. Como a tecelagem é a primeira etapa do processo, a espera de uma ordem para ser processada não significa que haja material parado em processo, pois este ainda se encontra no estoque.

Contudo, esta forma de liberação de ordens pode resultar que máquinas fiquem ocupadas por ordens que poderiam ser processadas em um momento posterior, fazendo com que ordens mais urgentes sejam postergadas ou que haja a necessidade de modificar a fila para atender demandas repentinas, ou seja, passar uma ordem recém-liberada na frente de outras já aguardando para serem processadas. Uma forma de minimizar estes casos seria fazendo a liberação de poucas ordens em um número maior de vezes. No entanto, é compreensível que isso não ocorra na fábrica atualmente pelo fato de duas pessoas serem responsáveis pela liberação de ordens para os 66 teares.

Em relação ao tempo total de máquina parada, a regra *minimize overall setup* obteve o menor resultado de 123 horas e 36 minutos, 32,72% menor que o da programação da fábrica, o que era de se esperar, uma vez que grande parcela do tempo em que uma máquina fica ociosa se deve às preparações necessárias entre as ordens de produção. As outras duas regras alcançaram tempos de máquina parada um pouco maiores que a programação original, sendo as variações de 4,87% e 9,00% para *preferred sequence* e *parallel loading*, respectivamente.

Estas variações podem ser, em parte, atribuídas aos valores relativamente mais altos para os tempos de *setup* das programações geradas por essas regras. Os tempos de *setup* mais longos evidenciados pelas regras *preferred sequence* e *parallel loading* foram resultado de programações com cargas de trabalho mais balanceadas quando comparadas às cargas da regra *minimize overall setup* e da programação real, como pode ser observado nos histogramas da Figura 9 que segue. Por este motivo, as regras que obtiveram os menores *makespans* foram as mesmas que programaram os maiores tempos de *setup*.

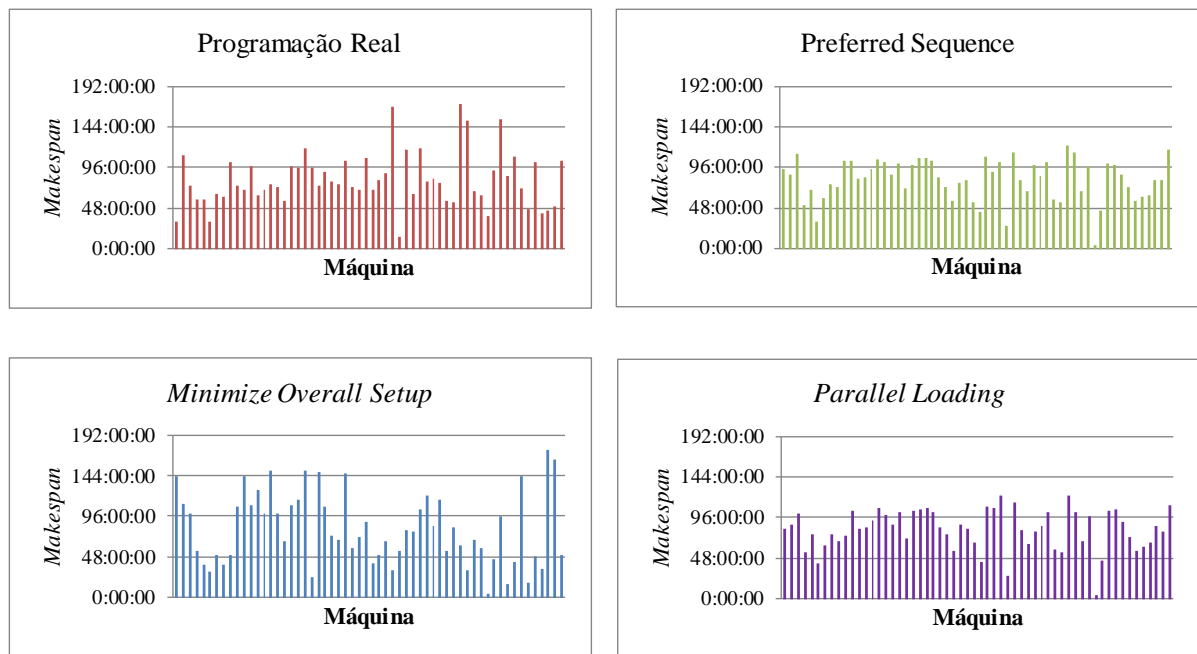


Figura 9 - Histogramas do makespan de cada máquina para cada programação  
Fonte: a autora

Por último, há de se destacar as medidas de antecipação de cada sequenciamento. A antecipação é o somatório das diferenças entre a data devida e o momento de término de cada ordem. Como já dito, apesar de não existir na realidade, uma data devida (15/06/2016) foi atribuída a todas as ordens de produção das quatro programações. A regra que gerou o maior valor para esta medida foi a *parallel loading* com 42.444 horas e 38 minutos, 16,73% maior que da programação real. As demais regras também obtiveram tempos totais de antecedência maiores que a original. Na prática e para este caso de um ambiente que produz para estoque, quanto maior foi a antecedência, melhor a eficiência. Como a liberação de novas ordens é dinâmica e pode acontecer a qualquer momento, ter uma antecipação maior significa que estas aguardariam menos tempo para começarem a ser processadas.

Pelos gráficos de Gantt e relatórios do *software*, observa-se um alto grau de flexibilidade nos sequenciamentos, quando comparado com a programação real. Nesta, há uma tendência de atribuir ordens de produtos iguais para um número pequeno de máquinas quando, na realidade, existem muitos outros equipamentos que poderiam processá-las. Isto pode ser devido ao fato de, desta forma, diminuir o *setup* entre ordens ou, por não adotar uma regra ou forma padronizada de sequenciar e executar a programação por hábito e de forma aleatória.

## 5. CONCLUSÕES

Modelagens como deste trabalho servem de ferramenta de apoio à decisão ao gestor de produção (LUSTOSA, 2008). Este é quem decide a melhor forma de sequenciar as ordens de produção, pois isto depende do objetivo que se deseja alcançar naquele momento. Caso o objetivo seja minimizar o tempo de máquina parada, é interessante sequenciar de forma a minimizar tempo de *setup*. Isso pode ser interessante em alguns momentos como, por exemplo, em um dia em que falte um operador. Dado que operadores são imprescindíveis na preparação das máquinas, *setups* mais curtos preveniriam que uma máquina fique parada por falta de operador para realizar a troca das ordens. Contudo, alguns indicadores como *makespan*, tempo de espera e antecipação podem ficar prejudicados.

Se os objetivos buscados forem de minimização do *makespan* e/ou maximização da antecedência, o interessante seria atribuir as ordens de produção aos recursos na medida em que estes se tornam disponíveis, como faz a regra *parallel loading*. Neste caso, o tempo de *setup* certamente fica mais alto e certamente gera maior tempo ocioso da máquina, mas em geral, as ordens são concluídas mais rapidamente.

Como o *software*, aqui utilizado, requer altos investimentos financeiros e também exige treinamentos especializados para alcançar o aproveitamento desejado, o foco do estudo não foi direcionado para determinar se o Preactor traria benefícios para a fábrica. O estudo objetivou a verificação da existência de algum fator que possa estar prejudicando a programação da produção e foi descoberto o que foi explicado acima. A liberação de ordens de produção à grupos de recursos poderia ajudar o setor de tecelagem aumentar a produtividade.

A principal diferença entre as formas de sequenciamento se encontra no fato do Preactor conseguir atribuir as ordens de produção à grupos de recursos e não à apenas um recurso específico, como é feito atualmente pela empresa. Uma proposta para a empresa é a de realizar a liberação de ordens para grupos de máquinas, em vez de um recurso específico. Quando liberada, uma ordem de produção aguardaria em uma fila específica à um grupo de recursos e quando um recurso do grupo se tornasse disponível, a primeira ordem da fila seria enviada para processamento neste recurso. Tal fila não precisaria ficar restrita a processar as ordens de produção pela ordem de liberação, pois poderia ser priorizada utilizando regras de sequenciamento, como as que foram apresentadas neste trabalho. Isto evitaria que os recursos

produtivos ficassem ociosos por falta de liberação de ordens para o mesmo, algo que não é incomum de ocorrer na realidade do setor de tecelagem.

Outro benefício desta forma de liberar ordens seria o de facilitar a visualização daquelas que estão aguardando para serem processadas. Atualmente na fábrica, é necessário visitar cada tear diariamente, a fim de conferir se o mesmo possui ordens na fila para processamento. Ao atribuir ordens aos grupos de recursos, o número de filas que precisariam ser verificadas diariamente seria significativamente menor do que o número de máquinas.

Contudo, vale ressaltar alguns pontos importantes em relação à proposta feita. O primeiro é que o presente estudo não pode concluir nada em relação à eficiência da liberação das ordens. Ou seja, caso ordens estejam sendo liberadas desnecessariamente ou em momentos inadequados, o que foi sugerido aqui não reconhecerá isto. Portanto, é importante que as ordens de produção sejam enviadas ao chão de fábrica quando realmente forem necessárias, evitando assim, os longos tempos de espera observados pelos resultados. O segundo ponto a ser enfatizado é que a implementação da proposta certamente acarretaria no aumento dos tempos de *setup*, pois a flexibilidade exigida pelo sequenciamento seria significativamente maior.

Os resultados atingidos no presente trabalho são significativos para o período de produção considerados, não podendo concluir que apenas uma regra ou forma de sequenciar seria sempre ideal para a programação da produção da fábrica. Seria interessante testar outros intervalos de tempo da programação para verificar a variabilidade dos resultados.

Sendo assim, uma consideração para trabalhos futuros é o de explorar a programação da produção da fábrica para diversos períodos e, se possível fazer um levantamento dos custos de produção envolvidos para apresentar os possíveis ganhos ou perdas. Outra possibilidade é estudar a forma com que as ordens são liberadas, pois um estudo detalhado desta atividade poderia resultar em uma forma de aperfeiçoá-la.

Tais estudos, juntamente com o presente trabalho, podem auxiliar a empresa estudada e fábricas semelhantes, na possível elaboração de uma nova forma de sequenciar a produção, a fim de evitar desperdícios de tempo e aprimorar o processo produtivo.

## REFERÊNCIAS

ABDI - AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (São Paulo). **Relatório de Acompanhamento Setorial: Têxtil Confecção**. Campinas, 2008. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

ABIT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO (Brasil). **Perfil do setor têxtil e de confecção**. 2016. Disponível em: <<http://www.abit.org.br/>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

AMARAL, João Luis Silva do. **Gestão de estoques da indústria têxtil: Malhas D'Estefano em estudo de caso**. 2013. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

AMARAL, Laryssa Silva Rocha do. **Elaboração de uma proposta de planejamento agregado da produção para uma indústria têxtil de Juiz de Fora - MG**. 2014. 107 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014. Cap. 3. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/>>. Acesso em: 23 maio 2016.

ARRUDA, Bruno da Silva; SANABIO, Marcos Tanure. As Micro e Pequenas Empresas e o Setor Têxtil e Vestuário no Município de Juiz de Fora, MG. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 10., 2013, Resende. **Gestão e Tecnologia para a Competitividade**. [s.l.]: SEGeT, 2013. p. 1 - 15. Disponível em: <<http://www.aedb.br/seget/>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

BRANDÃO, Raul de Souza; CORTES, Jacqueline Magalhães Rangel. Aplicação de Algoritmo Genético no Sequenciamento Multiobjetivo de Ordens de Produção Sob Encomenda. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 29., 2009, Salvador. **A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão**. [s.l.]: ABEPRO, 2009. p. 1 - 14. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/>>. Acesso em: 05 fev. 2016.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A.. **Administração de Produção e Operações**: 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 680 p.

DAVID, F.; PIERREVAL, H.; CAUX, C.. Advanced planning and scheduling systems in aluminum conversion industry. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**. Aubière, p. 705-715. out. 2006.

ETCHEVERRY, Guilherme; ANZANELLO, Michel J.. Sequenciamento de máquinas paralelas não-relacionadas com tempos de setup dependentes das tarefas. **Revista Produção Online**, [s.l.], v. 14, n. 3, p.890-913, 18 ago. 2014. Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO. DOI: 10.14488/1676-1901.v14i3.1498. Disponível em: <<http://www.producaoonline.org.br>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

FERNANDES, Rafael Otavio Paiva. **Estudo do Sequenciamento da Produção em uma Indústria de Meias**. 2006. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção,

Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

INSTITUTE OF INDUSTRIAL ENGINEERS (Estados Unidos). **About IIE: What is industrial engineering? (IIE official definition)**. Disponível em: <<https://www.iienet2.org/>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

LIDDELL, Mike. **O Pequeno Livro Azul da Programação da Produção**. 2. ed. Vitória, ES: Tecmaran Consultoria e Planejamento, 2009. 127 p.

LUDWIG, Ícaro; ANZANELLO, Michel J.; VIDOR, Gabriel. Minimização dos tempos de atraso na programação de tarefas em uma empresa de desenvolvimento de softwares. **Revista Produção Online**, [s.l.], v. 13, n. 2, p.479-499, 2 mar. 2013. Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO. DOI: 10.14488/1676-1901.v13i2.1069. Disponível em: <<http://www.producaoonline.org.br>>. Acesso em: 12 fev. 2016.

LUSTOSA, Leonardo et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 357 p.

MADUREIRA, Ana Maria Dias. **Aplicações de Meta-Heurísticas em Problemas de Sequenciamento**. 1995. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Universidade do Porto, Porto, 1995. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/>>. Acesso em: 04 fev. 2016.

MARTINS, Danilo Sena. **APS (Advanced Planning & Scheduling) – A utilização do sistema de capacidade finita como diferencial competitivo**. 2013. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Universitário Eurípides de Marília –UNIVEM, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2013. Disponível em: <<http://aberto.univem.edu.br/>>. Acesso em: 03 fev. 2016.

MARTINS, Roberto Antônio; SACOMANO, José Benedito. Integração, flexibilidade e qualidade: os caminhos para um novo paradigma produtivo. **Gestão e Produção**. São Carlos, p. 153-170. ago. 1994. Disponível em: <[www.scielo.br](http://www.scielo.br)>. Acesso em: 15 jan. 2016.

NANCI, Luiz Cesar et al. O PCP no contexto estratégico. In: LUSTOSA, Leonardo J. et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. Cap. 2, p. 7.

NC SYSTEMS (Brasil). **APS - Soluções avançadas de planejamento e produção**. Disponível em: <<http://www.ncsystems.com.br/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

PINEDO, Michael. **Scheduling: theory, algorithms and systems**. Third edition. New Jersey: Prentice Hall, 2008.

PINEDO, Michael; CHAO, Xiuli. **Operations Scheduling With Applications in Manufacturing and Services**. [s.l.]: McGraw Hill, 1999. 310 p.

PREACTOR INTERNATIONAL LTD.. **Preactor 12.1**. 2013. Disponível em: <<http://www.preactor.com>>. Acesso em: 12 fev. 2016.

SANCHES, Alexandre Leme. **Sequenciamento de linhas de montagem múltiplas em ambiente de produção enxuta utilizando simulação**. 2010. 140 f. Tese (doutorado) -

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/106408>>.

SIPPER, Daniel; BULFIN JUNIOR, Robert L.. **Production: Planning, Control and Integration**. [S. L.]: McGraw Hill, 1997. 630 p.

SISTEMA FIEMG (Minas Gerais). **Regional Zona da Mata**: Ocupa o 3º lugar do ranking geral de estabelecimentos industriais do Estado. 2014. Disponível em: <<http://pcir.fiemg.com.br/regionais/detalhe/zona-da-mata>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Operations Management**. 5. ed. Londres: Pearson Prentice Hall, 2007. 728 p.

TRIBUNA (Minas Gerais). Indústria de meias mira exportação. **Tribuna de Minas: Economia**. Juiz de Fora. 15 jan. 2016. Disponível em: <<http://www.tribunademinas.com.br/industria-de-meias-mira-exportacao/>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e Controle da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 208 p.

VIANA, Ana Maria Marques de Moura Gomes. **Aplicação de Meta-Heurísticas Multiobjetivo ao Problema de Sequenciamento de Atividades com Restrições de Recursos**. 1997. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Departamento de Engenharia de Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 1997. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/>>. Acesso em: 04 fev. 2016.

VOLLMANN, Thomas E. et al. **Sistemas de Planejamento & Controle da Produção para o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 648 p.

ZATTAR, Izabel Cristina. **Análise da Aplicação dos Sistemas Baseados no Conceito de Capacidade Finita nos Diversos Níveis da Administração da Manufatura Através de Estudos de Caso**. 2004. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Cap. 5. Disponível em: <<http://www.grima.ufsc.br/>>. Acesso em: 18 fev. 2016.



## ANEXO I – VERSÕES DO PREACTOR

| FC S/APS Feature  | Express | 200 FCS | 300 FCS | 400 APS | 500 APS |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| SEQUENCER   | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Automatic Resource Selection within Work Centers                                | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Finite and Infinite resources, Calendar States, Efficiencies and Templates      | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Forward/Backward and Bi-directional Sequencing by Order-attribute               | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Graphical and Textual Reports   | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Late Order, and Other States Highlighted  | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Manage Sequencer Datasets   | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Manual and Interactive Breakdowns, Planned Maintenance etc.                     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Microsoft SQL Server Database   | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Operation & Product Attributes  | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Operation Locking/Unlocking by Order or Operation Attribute, Resource and Time  | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Operation Progress  | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Order Enquiries from within Preactor  | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Overview Gantt Window with Optional Utilization Display                         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Parallel Operations in Process Route  | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Preactor Sequencer  | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Process Run Time by Part, Rate per Hour and Time per Batch                      | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Security Management   | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Schedule Statistics   | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Single Resource Constraint for an Operation                                     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Unlimited Data for Number of Operations, Resources, Products etc.               | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| User Definable Bar Colors   | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Additional Constraints Usage by Operation and Plots                             |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| API for Custom Event Processing   |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| At Risk Order Highlighting and Report   |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Automatic Schedule Repair   |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Custom Windows (OCX)  |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Delivery Buffer   |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Dynamic Three Bar Color Change  |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Export Schedule Data to Excel   |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Import/Export Wizard  |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Lot Sizing, Transfer Batching, Auto Repeat Orders and Call-off                  |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Operation Hold  |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Order Status Bar Patterns   |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Plots Window for Secondary Resources  |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Resource Dependant Additional Constraint Usage by Resource within a Work Center |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Resource Dependant Process Times by Resource within a Work Center               |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Schedule Comparison Tables  |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Secondary Resource Management   |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Sequence Dependant Changeover Time Matrices                                     |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Sequence in Infinite Capacity Mode  |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Sequencing Dependent on Several Attribute Settings, with Weighting Rule.        |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| User Configurable Real-time Messaging System                                    |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| User Configurable SQL 2005 Database, Menus, and Custom Routines                 |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |

| FCS/APS Feature  | Express | 200 FCS | 300 FCS | 400 APS | 500 APS |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|
| Web Publisher  |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| 64 Bit Version   |         | Yes     | Yes     | Yes     | Yes     |
| Additional Schedule Comparison Tables & Reports  |         |         | Yes     | Yes     | Yes     |
| Cost Calculation by Order and Entire Schedule  |         |         | Yes     | Yes     | Yes     |
| Hot Spots Grid Window  |         |         | Yes     | Yes     | Yes     |
| Locate from Bar Tool   |         |         | Yes     | Yes     | Yes     |
| Maximum Operation Span & Delay Interval to Next Operation  |         |         | Yes     | Yes     | Yes     |
| Mid-batch Update and Calculations  |         |         | Yes     | Yes     | Yes     |
| Multiple Constraints for Each Operation  |         |         | Yes     | Yes     | Yes     |
| Operation Progress Bar Color Change based on Mid-batch Update Calculation  |         |         | Yes     | Yes     | Yes     |
| Preferred Resource Selection and Time-Out  |         |         | Yes     | Yes     | Yes     |
| Sequential and Parallel Lots at Each Stage of Process Route  |         |         | Yes     | Yes     | Yes     |
| Subsequent Operation Constraints Based on Current Operation  |         |         | Yes     | Yes     | Yes     |
| Ability to Schedule with or without Material Constraints   |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Automatic Allocation of Materials during Download from MRP   |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Automatic Linking of Dependent Orders (e.g. for Assembly)  |         |         |         | Yes     | Yes     |
| CPT (Capable to Promise) for Single Level BoM Orders   |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Material Allocation Rules Linking Consuming and Producing Orders   |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Material Explorer  |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Rule Building Functions using .NET languages   |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Rule Building using Event Script Processor (including Multi-pass Rules)  |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Schedule Despite Shortages   |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Sequencing Rules that are Order, Product or Resource Specific  |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Sequential and Parallel Loading of Operations from different Orders  |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Shortages Report and Plot  |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Standard Algorithmic Rules, Minimize WIP, Dynamic Bottleneck, Selective Bottleneck (TOC), and Campaigning. Minimize Overall Setup time |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Standard Dispatching Rules e.g. Preferred Sequence, Critical Ratio   |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Static Stock Line shows a stock level on the Material Explorer stock plot.   |         |         |         | Yes     | Yes     |
| Advanced Material Control Features for Material Allocation Rules for Linking Consuming and Producing Manufacturing Orders.             |         |         |         |         | Yes     |
| Advanced Material Control Features for Material Allocation Rules Linking Supply (Purchase, Stock) and Demand (Sales) Orders            |         |         |         |         | Yes     |
| Advanced Materials Control (AMC)   |         |         |         |         | Yes     |
| Can Peg Materials Consumption and Production at Any Operation Step.  |         |         |         |         | Yes     |
| CPT (Capable to Promise) with Preactor BoM Exploder for Multi-Level BoM Orders   |         |         |         |         | Yes     |
| Deals with Co-products and Bi-products Materials   |         |         |         |         | Yes     |
| Multi-line Supply and Demand Orders  |         |         |         |         | Yes     |
| PBX Memory Resident BoM Exploder for Real-time Visible Order Promising (Run from Preactor)   |         |         |         |         | Yes     |
| Remote Multi-Plant Promising   |         |         |         |         | Yes     |
| Remote Multi-Plant Scheduling  |         |         |         |         | Yes     |
| Remote Order Promising   |         |         |         |         | Yes     |

Quadro 5 - Comparativo entre as versões do Preactor  
Fonte: Preactor International Ltd., 2013

## ANEXO II – RECURSOS PRIMÁRIOS

| Nº da máquina | Disponibilidade (data e hora) | Setor | Trabalhou domingo e feriado? | Período considerado | Houve parada de máquina grande (> 1 hora)? | Se SIM, qual o período?    |                            |
|---------------|-------------------------------|-------|------------------------------|---------------------|--|----------------------------|----------------------------|
| 1             | 6/6/16 23:39                  | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 2             | 6/6/16 8:50                   | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | SIM  | 7/6/16 11:50               | 7/6/16 13:00               |
| 4             | 6/6/16 11:14                  | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | SIM  | 8/6/16 10:04               | 8/6/16 13:10               |
| 9             | 7/6/16 20:45                  | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 10            | 6/6/16 22:40                  | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 11            | 8/6/16 14:00                  | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 17            | 7/6/16 0:30                   | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 18            | 6/6/16 20:57                  | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 19            | 7/6/16 6:10                   | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 21            | 7/6/16 0:20                   | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 23            | 6/6/16 14:15                  | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | SIM  | 8/6/16 10:45               | 8/6/16 16:25               |
| 25            | 7/6/16 5:03                   | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 26            | 6/6/16 18:39                  | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 29            | 6/6/16 23:00                  | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 30            | 6/6/16 11:13                  | 4     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 31            | 6/6/16 9:50                   | 4     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 34            | 7/6/16 4:56                   | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 35            | 6/6/16 9:52                   | 4     | NÃO                          | 06 à 11/06          | SIM  | 7/6/16 6:45                | 7/6/16 11:33               |
| 36            | 7/6/16 6:00                   | 4     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 37            | 6/6/16 9:53                   | 4     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 38            | 6/6/16 11:15                  | 4     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 39            | 6/6/16 14:31                  | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 40            | 6/6/16 16:40                  | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 41            | 6/6/16 15:45                  | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | SIM  | 7/6/16 5:35                | 7/6/16 10:10               |
| 42            | 6/6/16 21:30                  | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 43            | 7/6/16 17:41                  | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 44            | 6/6/16 17:05                  | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 45            | 6/6/16 17:49                  | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 46            | 7/6/16 18:34                  | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 47            | 8/6/16 4:23                   | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | SIM  | 8/6/16 14:57               | 8/6/16 16:00               |
| 48            | 6/6/16 11:28                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 50            | 6/6/16 22:15                  | 4     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 51            | 6/6/16 15:32                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | SIM  | 7/6/16 5:55<br>8/6/16 7:32 | 7/6/16 9:12<br>9/6/16 8:40 |
| 52            | 9/6/16 14:37                  | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 53            | 6/6/16 10:00                  | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 54            | 7/6/16 17:48                  | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 56            | 6/6/16 9:49                   | 4     | NÃO                          | 06 à 11/06          | SIM  | 7/6/16 5:50                | 8/6/16 21:50               |
| 57            | 6/6/16 18:50                  | 4     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 58            | 7/6/16 8:10                   | 4     | NÃO                          | 06 à 11/06          | SIM  | 9/6/16 21:50               | 9/6/16 23:00               |
| 59            | 6/6/16 9:50                   | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 60            | 9/6/16 0:28                   | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 61            | 8/6/16 6:35                   | 1     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 62            | 6/6/16 12:53                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | SIM  | 8/6/16 3:35                | 8/6/16 8:15                |
| 63            | 6/6/16 20:30                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 64            | 6/6/16 10:05                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 65            | 6/6/16 20:41                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 66            | 8/6/16 12:45                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 67            | 6/6/16 18:40                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | SIM  | 8/6/16 18:16               | 8/6/16 20:30               |
| 68            | 6/6/16 20:45                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 69            | 6/6/16 22:00                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 70            | 7/6/16 17:00                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 71            | 8/6/16 15:53                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | SIM  | 9/6/16 16:30               | 9/6/16 18:05               |
| 72            | 8/6/16 11:50                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | SIM  | 8/6/16 23:05               | 9/6/16 16:35               |
| 73            | 6/6/16 9:51                   | 4     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 74            | 6/6/16 20:50                  | 4     | NÃO                          | 06 à 11/06          | NÃO  |                            |                            |
| 76            | 7/6/16 14:40                  | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 77            | 7/6/16 18:40                  | 2     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |
| 78            | 6/6/16 14:30                  | 3     | SIM                          | 06 à 13/06          | NÃO  |                            |                            |

Tabela 4 - Informações utilizadas para o cadastro de recursos primários

Fonte: a autora

## ANEXO III – PRODUTOS

| Produto/<br>Referência | Tempo de<br>processamento<br>médio por dúzia<br>(em horas) | Máquinas Possíveis   |
|------------------------|--|--|
| 1312                   | 1:50   | 48, 51, 62, 63, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 78                                 |
| 1313                   | 1:21   | 48, 51, 62, 63, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 78                                 |
| 1323                   | 1:51   | 48, 51, 62, 63, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 78                                 |
| 1532                   | 1:22   | 48, 51, 62, 63, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 78                                 |
| BF01/1                 | 1:14   | 26   |
| BF02                   | 0:41   | 1, 2, 9, 10, 11, 18, 19, 21, 29, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47                |
| BF02BRANCA             | 0:42   | 17, 19   |
| BF02ESCURA             | 0:52   | 29   |
| BF03                   | 1:15   | 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 50, 76, 77                             |
| BF06                   | 0:54   | 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47   |
| BF07                   | 0:47   | 1, 2, 9, 10, 11, 18, 19, 21, 29, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47                |
| BF09                   | 0:44   | 1, 2, 9, 10, 11, 18, 19, 21, 29, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47                |
| BF100                  | 1:19   | 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 50, 76, 77                             |
| BF100JUV               | 1:13   | 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 50, 76, 77                             |
| BF16                   | 2:11   | 2, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 50, 76, 77                          |
| BF161                  | 0:58   | 52, 53, 54, 59, 60, 61   |
| BF30                   | 1:09   | 4, 23, 56, 57, 58  |
| BF34                   | 1:03   | 26, 73, 74   |
| BF35                   | 0:50   | 26, 73, 74   |
| BF39                   | 1:08   | 1, 2, 9, 10, 11, 18, 19, 21, 29, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47                |
| BF40                   | 1:21   | 25, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 50, 52, 53, 54, 59, 60, 61, 76, 77 |
| BF44                   | 1:25   | 1, 21  |
| BF45                   | 1:09   | 1, 21  |
| BF49                   | 0:37   | 23, 57   |
| BF57P                  | 0:59   | 23, 56, 57, 58   |
| BF58M                  | 1:13   | 23, 48, 51, 56, 57, 58, 62, 63, 65, 68, 69, 70, 78                         |
| BF58P                  | 1:02   | 23, 56, 57, 58   |
| BF61                   | 0:50   | 1, 2, 9, 10, 11, 18, 19, 21, 29, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47                |
| BF65                   | 2:54   | 52, 53, 54, 59, 60, 61   |
| BF67                   | 1:06   | 4, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 50, 76, 77, 78                      |
| BF68                   | 1:27   | 52, 53, 54, 59, 60, 61   |
| BF80                   | 1:47   | 52, 53, 54, 59, 60, 61   |
| BF97                   | 1:28   | 34, 39, 40, 76, 77   |
| BIRIGUI                | 1:04   | 64   |
| KL002                  | 0:56   | 30, 31, 35, 36, 37, 38, 48, 50, 51, 62, 63, 65, 68, 69, 70, 78             |
| KL004                  | 2:04   | 48, 51, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 78                         |
| SCARPIN                | 1:10   | 34, 39, 40, 48, 50, 51, 62, 63, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 76, 77, 78         |
| TOUCA                  | 0:27   | 66, 67, 72   |

Tabela 5 - Informações utilizadas para o cadastro de produtos  
Fonte: a autora

## ANEXO IV – ORDENS DE PRODUÇÃO

| Nº da Ordem | Referência | Quantidade (dúzias) | Data e Hora de Liberação |
|-------------|------------|---------------------|--------------------------|
| 1           | BF16       | 25                  | 6/6/16 8:02              |
| 2           | 1313       | 10                  | 6/6/16 8:15              |
| 3           | 1313       | 10                  | 6/6/16 8:15              |
| 4           | 1313       | 10                  | 6/6/16 8:15              |
| 5           | BIRIGUI    | 21                  | 6/6/16 8:40              |
| 6           | KL004      | 15                  | 6/6/16 8:46              |
| 7           | KL004      | 9                   | 6/6/16 8:46              |
| 8           | KL004      | 15                  | 6/6/16 8:46              |
| 9           | BF67       | 20                  | 6/6/16 8:50              |
| 10          | BF40       | 20                  | 6/6/16 8:53              |
| 11          | BF67       | 20                  | 6/6/16 8:54              |
| 12          | BF100JUV   | 20                  | 6/6/16 8:58              |
| 13          | BF100JUV   | 20                  | 6/6/16 8:58              |
| 14          | BF100JUV   | 20                  | 6/6/16 8:58              |
| 15          | BF65       | 20                  | 6/6/16 9:00              |
| 16          | BF34       | 15                  | 6/6/16 9:05              |
| 17          | BF34       | 20                  | 6/6/16 9:05              |
| 18          | BF34       | 11                  | 6/6/16 9:05              |
| 19          | BF34       | 11                  | 6/6/16 9:05              |
| 20          | BF34       | 20                  | 6/6/16 9:05              |
| 21          | BF34       | 20                  | 6/6/16 9:05              |
| 22          | BF58M      | 20                  | 6/6/16 9:10              |
| 23          | BF161      | 20                  | 6/6/16 9:50              |
| 24          | BF161      | 20                  | 6/6/16 9:50              |
| 25          | BF58M      | 20                  | 6/6/16 10:00             |
| 26          | BF58M      | 20                  | 6/6/16 10:00             |
| 27          | BF39       | 12                  | 6/6/16 10:52             |
| 28          | BF39       | 12                  | 6/6/16 10:52             |
| 29          | BF100      | 20                  | 6/6/16 11:10             |
| 30          | BF67       | 20                  | 6/6/16 11:11             |
| 31          | BF67       | 4                   | 6/6/16 11:11             |
| 32          | BF100      | 20                  | 6/6/16 11:12             |
| 33          | 1532       | 12                  | 6/6/16 11:32             |
| 34          | BF02       | 15                  | 6/6/16 11:50             |
| 35          | BF06       | 15                  | 6/6/16 11:50             |
| 36          | BF06       | 15                  | 6/6/16 11:50             |
| 37          | BF06       | 15                  | 6/6/16 11:50             |
| 38          | BF06       | 15                  | 6/6/16 11:50             |
| 39          | 1312       | 13                  | 6/6/16 12:06             |
| 40          | 1312       | 8                   | 6/6/16 12:06             |
| 41          | 1532       | 10                  | 6/6/16 12:20             |
| 42          | 1532       | 10                  | 6/6/16 12:20             |
| 43          | 1532       | 10                  | 6/6/16 12:20             |
| 44          | 1532       | 10                  | 6/6/16 12:20             |
| 45          | BF58P      | 20                  | 6/6/16 13:36             |
| 46          | BF58P      | 20                  | 6/6/16 13:36             |
| 47          | BF58P      | 20                  | 6/6/16 13:36             |
| 48          | BF40       | 20                  | 6/6/16 13:40             |
| 49          | BF67       | 25                  | 6/6/16 13:40             |
| 50          | BF01/1     | 25                  | 6/6/16 13:41             |
| 51          | BF07       | 12                  | 6/6/16 13:42             |
| 52          | BF07       | 12                  | 6/6/16 13:42             |
| 53          | BF07       | 12                  | 6/6/16 13:42             |
| 54          | BF02ESCURA | 10                  | 6/6/16 13:45             |
| 55          | BF02ESCURA | 10                  | 6/6/16 13:45             |
| 56          | BF02ESCURA | 10                  | 6/6/16 13:45             |
| 57          | BF02ESCURA | 10                  | 6/6/16 13:45             |
| 58          | BF02BRANCA | 10                  | 6/6/16 13:51             |
| 59          | BF02BRANCA | 10                  | 6/6/16 13:51             |
| 60          | BF02BRANCA | 10                  | 6/6/16 13:51             |
| 61          | BF02BRANCA | 10                  | 6/6/16 13:51             |
| 62          | BF02BRANCA | 10                  | 6/6/16 13:51             |
| 63          | BF02       | 15                  | 6/6/16 13:51             |
| 64          | BF02       | 15                  | 6/6/16 13:51             |
| 65          | BF02       | 15                  | 6/6/16 13:51             |
| 66          | BF02       | 15                  | 6/6/16 13:51             |

| Nº da Ordem | Referência | Quantidade (dúzias) | Data e Hora de Liberação |
|-------------|------------|---------------------|--------------------------|
| 67          | BF02       | 15                  | 6/6/16 13:56             |
| 68          | BF02       | 15                  | 6/6/16 13:56             |
| 69          | BF02       | 15                  | 6/6/16 13:56             |
| 70          | BF02       | 20                  | 6/6/16 13:56             |
| 71          | BF02       | 15                  | 6/6/16 14:02             |
| 72          | BF02       | 15                  | 6/6/16 14:02             |
| 73          | BF07       | 12                  | 6/6/16 14:05             |
| 74          | BF07       | 12                  | 6/6/16 14:05             |
| 75          | BF07       | 12                  | 6/6/16 14:05             |
| 76          | BF61       | 12                  | 6/6/16 14:06             |
| 77          | BF61       | 12                  | 6/6/16 14:06             |
| 78          | BF97       | 20                  | 6/6/16 14:10             |
| 79          | BF67       | 20                  | 6/6/16 14:30             |
| 80          | BF67       | 20                  | 6/6/16 14:50             |
| 81          | 1313       | 13                  | 6/6/16 15:30             |
| 82          | 1313       | 13                  | 6/6/16 15:30             |
| 83          | 1313       | 13                  | 6/6/16 15:30             |
| 84          | 1313       | 14                  | 6/6/16 15:30             |
| 85          | 1313       | 13                  | 6/6/16 15:30             |
| 86          | 1313       | 13                  | 6/6/16 15:30             |
| 87          | 1313       | 13                  | 6/6/16 15:30             |
| 88          | SCARPIN    | 20                  | 6/6/16 15:40             |
| 89          | SCARPIN    | 20                  | 6/6/16 15:40             |
| 90          | SCARPIN    | 20                  | 6/6/16 15:40             |
| 91          | SCARPIN    | 20                  | 6/6/16 15:40             |
| 92          | SCARPIN    | 20                  | 6/6/16 15:40             |
| 93          | BF97       | 20                  | 6/6/16 16:08             |
| 94          | BF44       | 10                  | 6/6/16 16:20             |
| 95          | BF44       | 10                  | 6/6/16 16:20             |
| 96          | BF44       | 10                  | 6/6/16 16:20             |
| 97          | BF44       | 10                  | 6/6/16 16:21             |
| 98          | BF44       | 10                  | 6/6/16 16:21             |
| 99          | BF07       | 12                  | 6/6/16 16:23             |
| 100         | BF07       | 12                  | 6/6/16 16:23             |
| 101         | BF100      | 20                  | 6/6/16 16:32             |
| 102         | BF100      | 20                  | 6/6/16 16:32             |
| 103         | BF100      | 20                  | 6/6/16 16:32             |
| 104         | BF100      | 20                  | 6/6/16 16:32             |
| 105         | BF100      | 20                  | 6/6/16 16:35             |
| 106         | BF39       | 12                  | 6/6/16 16:37             |
| 107         | BF39       | 12                  | 6/6/16 16:37             |
| 108         | BF57P      | 20                  | 6/6/16 16:40             |
| 109         | BF57P      | 20                  | 6/6/16 16:40             |
| 110         | KL002      | 16                  | 6/6/16 16:40             |
| 111         | BF16       | 25                  | 6/6/16 16:50             |
| 112         | BF80       | 15                  | 6/6/16 16:50             |
| 113         | BF40       | 20                  | 6/6/16 16:50             |
| 114         | BF40       | 20                  | 6/6/16 16:50             |
| 115         | BF40       | 20                  | 6/6/16 16:50             |
| 116         | BF40       | 20                  | 6/6/16 16:50             |
| 117         | BF161      | 20                  | 6/6/16 16:52             |
| 118         | BF161      | 20                  | 6/6/16 16:52             |
| 119         | BF65       | 20                  | 6/6/16 16:53             |
| 120         | BF67       | 25                  | 6/6/16 17:00             |
| 121         | BF67       | 25                  | 6/6/16 17:00             |
| 122         | BF02BRANCA | 15                  | 6/6/16 17:15             |
| 123         | BF02BRANCA | 15                  | 6/6/16 17:15             |
| 124         | BF02BRANCA | 15                  | 6/6/16 17:15             |
| 125         | BIRIGUI    | 21                  | 6/6/16 17:15             |
| 126         | BIRIGUI    | 21                  | 6/6/16 17:15             |
| 127         | KL002      | 16                  | 6/6/16 18:05             |
| 128         | BF02       | 15                  | 6/6/16 18:20             |
| 129         | BF35       | 15                  | 6/6/16 20:50             |
| 130         | BF35       | 15                  | 6/6/16 20:50             |
| 131         | BF58M      | 20                  | 7/6/16 8:00              |

| Nº da Ordem | Referência | Quantidade (dúzias) | Data e Hora de Liberação | Nº da Ordem | Referência | Quantidade (dúzias) | Data e Hora de Liberação |
|-------------|------------|---------------------|--------------------------|-------------|------------|---------------------|--------------------------|
| 132         | 1532       | 10                  | 7/6/16 8:40              | 198         | BF02       | 15                  | 8/6/16 10:33             |
| 133         | 1532       | 10                  | 7/6/16 8:40              | 199         | BF02       | 15                  | 8/6/16 10:33             |
| 134         | BF61       | 12                  | 7/6/16 8:57              | 200         | BF02       | 15                  | 8/6/16 10:33             |
| 135         | BF49       | 10                  | 7/6/16 9:53              | 201         | BF02       | 15                  | 8/6/16 10:33             |
| 136         | BF49       | 10                  | 7/6/16 9:53              | 202         | BF57P      | 20                  | 8/6/16 10:57             |
| 137         | BF100      | 26                  | 7/6/16 10:00             | 203         | BF57P      | 20                  | 8/6/16 10:57             |
| 138         | BF40       | 20                  | 7/6/16 10:30             | 204         | BF02       | 15                  | 8/6/16 10:58             |
| 139         | KL002      | 16                  | 7/6/16 10:51             | 205         | BF02       | 15                  | 8/6/16 10:58             |
| 140         | KL002      | 14                  | 7/6/16 10:51             | 206         | BF02       | 15                  | 8/6/16 10:58             |
| 141         | BF49       | 10                  | 7/6/16 10:54             | 207         | BF02BRANCA | 10                  | 8/6/16 11:02             |
| 142         | BF49       | 10                  | 7/6/16 10:54             | 208         | BF02BRANCA | 10                  | 8/6/16 11:02             |
| 143         | BF07       | 12                  | 7/6/16 10:54             | 209         | BF02BRANCA | 10                  | 8/6/16 11:02             |
| 144         | BF07       | 12                  | 7/6/16 10:54             | 210         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 11:09             |
| 145         | BF07       | 12                  | 7/6/16 10:54             | 211         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 11:09             |
| 146         | BF49       | 10                  | 7/6/16 10:54             | 212         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 11:09             |
| 147         | BF61       | 12                  | 7/6/16 10:55             | 213         | SCARPIN    | 13                  | 8/6/16 11:09             |
| 148         | BF61       | 9                   | 7/6/16 10:55             | 214         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 11:09             |
| 149         | BF61       | 12                  | 7/6/16 10:55             | 215         | BF06       | 20                  | 8/6/16 11:27             |
| 150         | BF61       | 12                  | 7/6/16 10:55             | 216         | BF06       | 20                  | 8/6/16 11:27             |
| 151         | BF02BRANCA | 15                  | 7/6/16 11:00             | 217         | BF06       | 20                  | 8/6/16 11:27             |
| 152         | BF02       | 15                  | 7/6/16 11:00             | 218         | BF06       | 20                  | 8/6/16 11:27             |
| 153         | BF02       | 15                  | 7/6/16 11:00             | 219         | BF61       | 12                  | 8/6/16 11:35             |
| 154         | BF02       | 15                  | 7/6/16 11:00             | 220         | BF61       | 12                  | 8/6/16 11:35             |
| 155         | BF40       | 20                  | 7/6/16 11:12             | 221         | 1323       | 10                  | 8/6/16 12:40             |
| 156         | BF40       | 20                  | 7/6/16 11:13             | 222         | BF02ESCURA | 10                  | 8/6/16 13:24             |
| 157         | BF58M      | 20                  | 7/6/16 11:14             | 223         | BF02ESCURA | 10                  | 8/6/16 13:24             |
| 158         | BF58M      | 20                  | 7/6/16 11:14             | 224         | BF02ESCURA | 10                  | 8/6/16 13:24             |
| 159         | BF61       | 12                  | 7/6/16 11:30             | 225         | BF67       | 25                  | 8/6/16 13:25             |
| 160         | BF61       | 12                  | 7/6/16 11:30             | 226         | KL002      | 16                  | 8/6/16 13:37             |
| 161         | BF03       | 20                  | 7/6/16 11:30             | 227         | KL002      | 8                   | 8/6/16 13:37             |
| 162         | BF30       | 20                  | 7/6/16 11:33             | 228         | BF09       | 15                  | 8/6/16 14:00             |
| 163         | KL002      | 16                  | 7/6/16 12:48             | 229         | BF09       | 15                  | 8/6/16 14:00             |
| 164         | KL002      | 16                  | 7/6/16 12:48             | 230         | BF09       | 15                  | 8/6/16 14:00             |
| 165         | KL002      | 16                  | 7/6/16 12:48             | 231         | BF39       | 12                  | 8/6/16 14:20             |
| 166         | BF40       | 20                  | 7/6/16 14:00             | 232         | BF39       | 12                  | 8/6/16 14:20             |
| 167         | BF67       | 20                  | 7/6/16 14:05             | 233         | BF40       | 20                  | 8/6/16 14:50             |
| 168         | BF67       | 20                  | 7/6/16 14:05             | 234         | BF40       | 20                  | 8/6/16 14:50             |
| 169         | BF45       | 10                  | 7/6/16 14:40             | 235         | BF40       | 20                  | 8/6/16 14:55             |
| 170         | BF45       | 10                  | 7/6/16 14:40             | 236         | BF58M      | 20                  | 8/6/16 14:57             |
| 171         | BF45       | 10                  | 7/6/16 14:40             | 237         | BF40       | 20                  | 8/6/16 14:59             |
| 172         | BF09       | 15                  | 7/6/16 15:27             | 238         | BF40       | 20                  | 8/6/16 14:59             |
| 173         | BF09       | 15                  | 7/6/16 15:27             | 239         | BF09       | 15                  | 8/6/16 15:00             |
| 174         | BF09       | 15                  | 7/6/16 15:27             | 240         | BF09       | 15                  | 8/6/16 15:00             |
| 175         | BF09       | 15                  | 7/6/16 15:27             | 241         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 15:00             |
| 176         | BF97       | 20                  | 7/6/16 15:58             | 242         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 15:00             |
| 177         | BF39       | 12                  | 7/6/16 16:00             | 243         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 15:00             |
| 178         | BF39       | 12                  | 7/6/16 16:00             | 244         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 15:00             |
| 179         | BF97       | 20                  | 7/6/16 16:00             | 245         | BF09       | 15                  | 8/6/16 15:03             |
| 180         | BF97       | 20                  | 7/6/16 16:00             | 246         | BF09       | 15                  | 8/6/16 15:03             |
| 181         | BF02       | 15                  | 7/6/16 16:35             | 247         | BF09       | 15                  | 8/6/16 15:03             |
| 182         | BF02       | 15                  | 7/6/16 16:35             | 248         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 15:30             |
| 183         | BF02       | 15                  | 7/6/16 16:35             | 249         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 15:30             |
| 184         | BF01/1     | 25                  | 7/6/16 17:14             | 250         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 15:30             |
| 185         | BF67       | 16                  | 7/6/16 18:00             | 251         | SCARPIN    | 17                  | 8/6/16 15:30             |
| 186         | BF67       | 16                  | 7/6/16 18:00             | 252         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 15:30             |
| 187         | BF35       | 20                  | 7/6/16 22:40             | 253         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 15:53             |
| 188         | BF03       | 20                  | 8/6/16 10:00             | 254         | SCARPIN    | 20                  | 8/6/16 15:53             |
| 189         | BF03       | 20                  | 8/6/16 10:04             | 255         | 1323       | 10                  | 8/6/16 16:00             |
| 190         | BF49       | 10                  | 8/6/16 10:05             | 256         | BF80       | 10                  | 8/6/16 16:25             |
| 191         | BF49       | 10                  | 8/6/16 10:25             | 257         | BF80       | 10                  | 8/6/16 16:25             |
| 192         | BF02ESCURA | 10                  | 8/6/16 10:30             | 258         | BF68       | 10                  | 8/6/16 16:30             |
| 193         | BF03       | 20                  | 8/6/16 10:30             | 259         | TOUCA      | 10                  | 8/6/16 17:30             |
| 194         | BF03       | 20                  | 8/6/16 10:30             | 260         | 1323       | 10                  | 8/6/16 17:30             |
| 195         | TOUCA      | 10                  | 8/6/16 10:30             | 261         | BF39       | 12                  | 8/6/16 18:45             |
| 196         | BF30       | 20                  | 8/6/16 10:31             | 262         | BF67       | 20                  | 8/6/16 21:18             |
| 197         | BF02       | 15                  | 8/6/16 10:33             |             |            |                     |                          |

Tabela 6 - Dados das ordens de produção consideradas no estudo  
Fonte: a autora



**ANEXO V – TERMO DE AUTENTICIDADE**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ENGENHARIA

**Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria**

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.

Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.

Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral<sup>1</sup> e criminais previstas no Código Penal<sup>2</sup>, além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 03 de agosto de 2016.

Agnes Granato

NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)

201149001

Matrícula

Agnes Granato

ASSINATURA

120.328.366-02

CPF

<sup>1</sup> LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

<sup>2</sup> Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.

**ANEXO VI – DECLARAÇÃO DA EMPRESA**

Declaro para os devidos fins, que Agnes Granato possui autorização para divulgar o nome da empresa Malhas D'Estefano Ltda., bem como dados não confidenciais na elaboração de seu trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Juiz de Fora, 03 de agosto de 2016 .

  
\_\_\_\_\_  
Responsável da Empresa **MALHAS DESTEFANO LTDA**  
CNPJ 26.315.952/0001-00

(carimbo da empresa)