



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Análise de Processos Produtivos com Recurso à Simulação por Eventos Discretos

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

Production Processes Analysis Using Discrete Event Simulation

Autor

Soraya da Silva Santos

Orientador

Professor Mestre Pedro Miguel Fernandes Coelho

Júri

Presidente Professor Doutor Diogo Mariano Simões Neto
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Doutor Cristóvão Silva
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Orientador Professor Mestre Pedro Miguel Fernandes Coelho
Assistente Convidado da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



Iber Oleff-Componentes
Técnicos Plásticos SA

Coimbra, Setembro, 2016

“I know the price of success: dedication, hard work, and an unremitting devotion to the things you want to see happen.”

Frank Lloyd Wright

Agradecimentos

O trabalho que aqui se apresenta só foi possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento.

Agradeço toda a orientação, apoio e disponibilidade do meu orientador Professor Pedro Coelho. Ao Professor Cristóvão Silva agradeço pela motivação e auxílio durante o meu percurso académico.

Um grande obrigado à Iber Oleff, pela oportunidade de vivenciar o ambiente empresarial, em especial ao Eng.º Silvério Correia, por todos os conhecimentos transmitidos e sugestões que foram essenciais na execução deste trabalho.

Agradeço também a todos os colaboradores da Iber Oleff que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Por último, não posso deixar de expressar a minha profunda gratidão aos meus pais, à minha irmã e aos meus amigos pelo carinho, apoio e motivação ao longo de todo o meu percurso académico.

Resumo

Esta dissertação surge no âmbito de um estágio curricular realizado na empresa Iber Oleff que se dedica ao projecto, engenharia e produção de sistemas cinemáticos e componentes para a indústria automóvel e electrónica. O sector automóvel é um sector muito competitivo, o que obriga a uma constante melhoria e inovação dos produtos e processos produtivos.

A simulação é uma ferramenta muito versátil que permite estudar processos produtivos através da sua representação num modelo virtual que pode ser usado em processos existentes, para testar alternativas ao modelo real com o objectivo de melhorá-lo, ou em processos que ainda não existem, para identificar as melhores formas de implementação.

O objectivo deste trabalho foi utilizar a simulação para estudar dois processos produtivos. Inicialmente foi realizada uma análise de uma linha de montagem de ventiladores e foi construído um modelo representativo recorrendo à simulação, com o objectivo de identificar soluções alternativas ao modelo actual da linha que distribuam e eliminem operações que não acrescentam valor ao produto, de forma a aumentar a produtividade. Este estudo permitiu obter resultados que podem ser úteis na tomada de decisões da empresa, pois fornece informações sobre as distribuições da utilização dos recursos e sobre as taxas de produção, no estado actual da linha e nos cenários considerados.

Num segundo projecto foi estudado o processo produtivo de uma estrutura de um bezel em fase de implementação, com o objectivo de determinar a programação e a dimensão dos lotes de transferência que minimizam o *WIP (Work In Process)*. No final deste estudo obteve-se um conjunto de soluções que poderão ser utilizadas pela empresa na escolha do sequenciamento dos lotes de produção deste processo produtivo.

Palavras-chave: Simulação, Análise, Alternativas, Produtividade, Dimensão dos lotes

Abstract

This dissertation is the result of a curricular internship in the company Iber Oleff. This company is dedicated to the design, engineering and production of kinematic systems and components for the automotive and electronic industries. The automotive sector is a very competitive sector which requires continuous improvement and innovation of products and production processes.

Simulation is a very flexible tool that allows the study of production processes through their representation on a virtual model that can be used in existing processes, to test alternatives to the real model with the aim of improving it, or in processes that do not yet exist, to identify the best ways of implementation.

The purpose of the present work was to use simulation to study two production processes. Initially an analysis of an air vent assembly line was made and a representative model was built using simulation to identify alternative solutions to the current model of the line that deliver and remove operations that add no value to the product, in order to increase productivity. This study generated results that can help the company to make decisions because it provides information about the distribution of the resources utilization and about the production rates in the current state of the line and in the scenarios tested.

In a second project a production process of a radio bezel in the implementation stage was studied in order to determine the transfer lots size and schedule that minimizes Work in Process (WIP). At the end of this study a set of solutions was obtained that can be used by the company in choosing the schedule of production batches for this process.

Keywords Simulation, Analysis, Alternative solutions, Productivity, Lots size

Índice

Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas	xiii
Siglas	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Estrutura da Dissertação	2
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	3
2.1. Análise de Processos de Fabrico	3
2.2. A Simulação	4
2.2.1. Vantagens e desvantagens da simulação	4
2.2.2. Aplicações da simulação	5
2.3. Sistemas de Abastecimento de Linhas de Montagem	6
2.3.1. Sistema de abastecimento <i>kanban</i>	6
2.3.2. Sistema de abastecimento por <i>kits</i>	7
2.4. Modelo do Lote Económico	10
2.4.1. O Dimensionamento de Lotes de Produção	11
3. DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....	13
3.1. Apresentação.....	13
3.2. Principais Actividades	13
3.3. Principais Clientes	14
3.4. Principais Produtos.....	14
4. PROJECTO I: ANÁLISE DA LINHA DE MONTAGEM DE UM VENTILADOR.....	17
4.1. Descrição da Linha de Montagem	17
4.2. Descrição das Operações Realizadas na Linha de Montagem	17
4.3. Simulação da Linha	19
4.3.1. Caracterização da Simulação	20
4.3.2. Resultados da Simulação	21
4.4. Alternativas ao modelo actual da linha	22
4.4.1. Cenário 1	23
4.4.2. Cenário 2	24
4.5. Discussão de Resultados	26
5. PROJECTO II: ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DOS LOTES DE PRODUÇÃO DE UMA ESTRUTURA DE UM BEZEL	33
5.1. Descrição do Processo Produtivo.....	33
5.2. Caracterização dos Lotes.....	36
5.3. Simulação do Processo Produtivo	37
5.4. Caracterização da Simulação	39
5.5. Resultados da simulação para os dois cenários considerados	39
5.6. Discussão de Resultados	46

6. CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS	51
ANEXO A - RESULTADOS DO PROJECTO I.....	53
ANEXO B – RESULTADOS DO PROJECTO II CENÁRIO 1	55
ANEXO C – RESULTADOS DO PROJECTO II CENÁRIO 2	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Exemplo de disposição de peças num <i>kit</i> (Salaverry, 2014)	8
Figura 2.2. Exemplo do processo “ <i>pick to light</i> ” (Rogers, 2011).....	8
Figura 2.3. Exemplos de carrinhos <i>kitting</i> (Modular Bin Shelving - McMurray Stern (2016) e Metro Kitting Carts (2016))	9
Figura 2.4. Evolução do custo de encomenda, do custo de aquisição, do custo de posse e da soma de todos os custos com o aumento da quantidade encomendada e quantidade óptima de encomenda que minimiza os custos totais (Fonte: Slides da cadeira de Gestão de Operações)	11
Figura 3.1. Mapa com os países para onde a Iber Oleff exporta os seus produtos.....	14
Figura 3.2. Exemplo de um ventilador esquerdo e de um ventilador direito produzido na Iber Oleff	15
Figura 3.3. Exemplo de um suporte para copos produzido na Iber Oleff	15
Figura 3.4. Exemplo de uma estrutura de um auto-rádio produzida na Iber Oleff.....	15
Figura 4.1. Representação da linha de montagem do ventilador no simul8	20
Figura 4.2. Distribuição da utilização de cada um dos recursos	22
Figura 4.3. Representação de um carrinho de transporte de <i>kits</i> com caixas de componentes de maiores dimensões numa prateleira em baixo	25
Figura 4.4. Representação dos <i>kits</i> do posto 1 e do posto 2, respectivamente.	26
Figura 4.5. Utilização dos 3 recursos no estado actual e nos cenários 1 e 2.....	27
Figura 4.6. Comparação das taxas médias de produção diárias da linha de montagem nos dois cenários em relação ao estado actual	28
Figura 5.1. Fluxograma do processo produtivo	34
Figura 5.2. Representação do modelo no cenário 1	38
Figura 5.3. Representação do modelo no cenário 2.....	38
Figura 5.4. Distribuição da ocupação das principais máquinas e da linha de montagem do processo produtivo na opção 1 da Tabela 5.6	43
Figura 5.5. Tempos médios e tempos máximos de espera nos armazéns por componente (conjuntos de botões ou bases) para a melhor opção	44
Figura 5.6. Análise do <i>stock</i> máximo e do tempo de <i>setup</i> das opções de dimensionamento testadas no cenário 1 (Anexo B)	45
Figura 5.7. Análise do <i>stock</i> máximo e do tempo de <i>setup</i> das opções de dimensionamento testadas no cenário 2 (Anexo C)	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Exemplo da análise de um processo de fabrico de um prato (Courtois et al., 2007).....	3
Tabela 4.1. Análise da linha de montagem do ventilador (baseada na análise de processos de fabrico representada na Tabela 2.1).....	18
Tabela 4.2. Legenda da Figura 4.1	20
Tabela 4.3. Taxa de produção média da linha de montagem do ventilador	21
Tabela 4.4. Taxa de utilização média de cada um dos recursos	21
Tabela 4.5. Resumo das alternativas ao modelo actual da linha de montagem do ventilador	23
Tabela 4.6. Dimensões dos <i>kits</i> e das caixas de componentes	26
Tabela 4.7. Comparação das taxas médias de produção e das taxas médias de utilização no estado actual e nos 2 cenários	29
Tabela 5.1. Análise do processo produtivo das estruturas dos bezels (baseada na análise de processos de fabrico representada na Tabela 2.1).....	35
Tabela 5.2. Dimensões dos lotes testadas.....	37
Tabela 5.3. Cenários testados no simul8	37
Tabela 5.4. Legenda da Figura 5.2 e da Figura 5.3	38
Tabela 5.5. Resultados encontrados para o cenário 1	40
Tabela 5.6. Resultados encontrados para o cenário 2	40
Tabela 5.7. <i>Stock</i> máximo de cada componente nos armazéns para o cenário 1.....	41
Tabela 5.8. <i>Stock</i> máximo de cada componente nos armazéns para o cenário 2	41

SIGLAS

ELSP – Economic Lot Scheduling Problem

WIP – Work In Process

1. INTRODUÇÃO

Actualmente, as empresas têm de enfrentar grandes desafios pois o mercado é cada vez mais global e competitivo. O cumprimento dos prazos, a entrega de produtos únicos e exclusivos, as entregas imediatas ou em prazos muito curtos, são factores cada vez mais valorizados pelo cliente. Para as empresas poderem atender a todas estas exigências e conseguirem sobreviver, mantendo-se competitivas em relação aos seus concorrentes, precisam de maximizar a eficiência com que utilizam os seus recursos.

Todos estes factores têm ainda maior importância em sectores altamente competitivos como é o caso do sector automóvel. Por isso, é necessário procurar formas de melhorar os processos produtivos utilizando, por exemplo, a simulação.

A simulação é uma ferramenta que permite estudar um sistema através da representação dos seus recursos e eventos significantes, possibilitando a avaliação do desempenho e o teste de melhorias sem ser necessário recriar fisicamente o sistema.

O objectivo deste projecto de tese foi estudar dois processos produtivos da empresa Iber Oleff. No primeiro projecto, foi estudada uma linha de montagem dos componentes que compõem um ventilador, pretendendo-se avaliar a performance da linha e identificar possíveis melhorias. O foco de estudo foram as operações de movimentação e transporte de materiais efectuadas na linha. Com este estudo pretendeu-se averiguar se essas actividades poderiam ser melhor distribuídas, ou mesmo eliminadas da linha de montagem, de forma a aumentar o tempo disponível dos operadores para as actividades que realmente adicionam valor ao produto. Uma das medidas consideradas para eliminar estas actividades de movimentação e transporte na linha de montagem foi a alteração do sistema de abastecimento das linhas.

O segundo projecto consistiu num estudo de um processo produtivo de uma estrutura de um bezel. Este produto é um produto novo que será integrado na empresa. Neste projecto pretendeu-se determinar a programação e as dimensões dos lotes de transferência que minimizam o *Work In Process* (WIP), de forma a melhorar a gestão do investimento em *stock* neste processo produtivo. Além disso, foram criados dois cenários, um em que se utiliza apenas uma máquina para injetar os dois tipos de botões que

constituem a estrutura do bezel e outro em que se utilizam duas máquinas, uma para cada tipo de botão, de forma a comparar os dois cenários em termos de minimização dos *stocks*.

1.1. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos:

Capítulo 1: Introdução ao tema e aos objectivos da dissertação e explicação da sua relevância.

Capítulo 2: Descrição de todos os conceitos que constituem a base da dissertação, fundamentando o trabalho realizado durante o estágio. São esses os seguintes: a análise de processos de fabrico, a simulação, os sistemas de abastecimento de linhas de montagem *kanban* e por *kits* e o modelo do lote económico.

Capítulo 3: Apresentação da empresa, descrição das suas principais actividades, dos seus principais produtos e clientes.

Capítulo 4: Análise da linha de montagem de um ventilador e estudo de alternativas com o objectivo de melhorar a linha, recorrendo-se à simulação por eventos discretos.

Capítulo 5: Análise e dimensionamento dos lotes de produção de uma estrutura de um bezel recorrendo à simulação com o objectivo de minimizar o WIP.

Capítulo 6: Conclusões do trabalho realizado.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma exposição dos principais conceitos que constituem a base em que se fundamentam os métodos utilizados no desenvolvimento deste projecto. Neste capítulo encontram-se sintetizados alguns conceitos sobre a análise de processos de fabrico, a simulação, os sistemas de abastecimento de linhas *kanban* e por *kits* e o modelo do lote económico.

2.1. Análise de Processos de Fabrico

Segundo Courtois et al. (2007), a análise de processos de fabrico permite descrever detalhadamente um processo de fabrico uma vez que, além de apresentar a sequência de operações relativas a esse processo, informa também sobre distâncias, tempo, quantidades e peso.

Tabela 2.1. Exemplo da análise de um processo de fabrico de um prato (Courtois et al., 2007)

					Distância	Tempo	Quantidade	Peso	Processo
					70 m				Saída do armazém
						0,3 h	1000	25 kg	Para corte
					10 m	0,12 h/p			Corte
						0,1 h	50	1,25 kg	Para furação
					5 m	0,06 h/p			Furação
						0,1 h/p	50	1,25 kg	Para controlo
1	3	2	0	0	85 m				

Esta análise permite decompor os processos operatórios em cinco elementos:

- Operação ou transformação que traz valor acrescentado 
- Transporte ou movimentação 
- Armazenagem com operação de entrada/saída 
- *Stocks-tampão* 
- Controlos 

A organização de todas as operações relativas a um determinado processo de fabrico e todas as suas informações relevantes possibilita uma melhor percepção da realidade desse processo, o que permite uma análise mais rápida e estruturada.

A análise de um processo de fabrico é uma ferramenta que permite verificar se um processo de fabrico atende a todos os princípios básicos de implantação de um sistema de produção, são estes os seguintes (Courtois et al., 2007):

- ❖ Qualquer movimentação que não acrescente valor a um produto é um desperdício e, por isso, se for possível, deve ser eliminada.
- ❖ Um produto nunca deverá ser movimentado duas vezes sem que entre essas duas deslocções exista um valor acrescentado ao produto.
- ❖ Uma boa implantação é aquela em que o encaminhamento dos produtos é evidente.

2.2. A Simulação

Segundo Banks J. et al. (2004), a simulação é a imitação da operação de um processo ou sistema ao longo do tempo. Law e Kelton (2000) descrevem a simulação como uma técnica que utiliza computadores para imitar, ou simular, as operações de vários tipos de processos e facilidades do mundo real.

A simulação é uma ferramenta estatística que poderá ser muito útil no estudo de um processo ou sistema, servindo de suporte à experimentação de possíveis melhorias, ou seja, de acordo com Banks J. et al. (2004), assim que um modelo é considerado válido, pode ser usado para investigar uma grande variedade de potenciais mudanças de forma a prever o seu impacto na performance do sistema.

2.2.1. Vantagens e desvantagens da simulação

Adkins e Pooch (citado em Graybeal e Pooch, 1980) enumeram algumas vantagens e desvantagens da simulação que devem ser tidas em conta quando se pretende utilizar a simulação como ferramenta.

Vantagens:

- ❖ Permite realizar experiências no sistema que se pretende simular que podem ser controladas pelo utilizador;
- ❖ Permite o estudo de sistemas complexos em que não poderiam ser utilizados modelos matemáticos que pudessem ser resolvidos analiticamente;
- ❖ Permite a compressão do tempo;
- ❖ Permite análises de sensibilidade através da manipulação das variáveis de *input*;
- ❖ Não perturba o sistema real;
- ❖ É uma ferramenta de treino eficaz.

Desvantagens:

- ❖ A simulação nalguns casos pode tornar-se dispendiosa em termos de mão-de-obra e tempo dispensado pelo computador;
- ❖ A possibilidade de se ter um tempo de desenvolvimento extenso deve ser tida em conta;
- ❖ Pressupostos críticos ocultos podem causar a divergência do modelo em relação à realidade.

2.2.2. Aplicações da simulação

Ao longo do tempo, o campo de aplicação da simulação tem-se expandido para uma grande variedade de áreas. Segundo Law e Kelton (2000) as principais aplicações da simulação são:

- ❖ Projectar e analisar sistemas industriais;
- ❖ Avaliar sistemas de armas militares ou as suas necessidades logísticas;
- ❖ Determinação de necessidades de *hardware* ou de protocolos de redes de comunicação;

- ❖ Determinação de necessidades de *hardware* e *software* para um sistema de computador;
- ❖ Projectar e operar sistemas de transporte, como por exemplo, nos aeroportos, nas auto-estradas, nos portos e no metro;
- ❖ Avaliar o serviço de organizações como os *call centres*, restaurantes *fast food*, hospitais, estações de correio, entre outros;
- ❖ Determinar políticas de organização de um inventário;
- ❖ Analisar sistemas económicos e financeiros.

O *software* utilizado durante o estágio curricular foi o Simul8. O Simul8 foi lançado em 1995 pela Simul8Corporation e diferencia-se dos outros softwares por ser mais simples pois possui uma interface gráfica que permite construir os modelos sem recorrer à programação. Deste modo, procura abranger um maior número de pessoas, numa área de actuação que anteriormente apenas pertencia a um restrito número de profissionais.

Através deste *software* é possível representar a entrada de entidades, as actividades, as filas de espera/*buffers* de armazenamento, os transportes e os recursos de um sistema. Além disso, essas representações podem ser caracterizadas e relacionadas de forma a modelar o sistema pretendido. No final obtém-se um conjunto de outputs (taxas de produção, taxas de ocupação, tempos médios no sistema e nas filas de espera, etc) que poderão ser muito úteis na comparação e avaliação de cenários alternativos.

2.3. Sistemas de Abastecimento de Linhas de Montagem

Neste subcapítulo apresenta-se uma breve descrição de dois tipos de métodos de abastecimento de linhas de montagem que se consideraram serem os mais relevantes tendo em conta os objectivos do estudo. O sistema de abastecimento utilizado na empresa para abastecer as linhas é o sistema *kanban*.

2.3.1. Sistema de abastecimento *kanban*

A palavra *kanban* é originária do Japão e significa cartão de sinalização, etiqueta ou marca. Os sistemas de abastecimento *kanban* baseiam-se na utilização de etiquetas que na indústria automóvel, por exemplo, indicam a referência do componente, a

quantidade, a origem e o destino. Os componentes situam-se normalmente em contentores numa estante com vários andares/secções, em que cada componente tem um local identificado. A cada contentor está associada uma etiqueta *kanban*. Quando um contentor fica vazio, o colaborador responsável pelo abastecimento recolhe o contentor e o *kanban* associado a esse contentor, sabendo que deve devolver um contentor cheio à linha de montagem. (Rocha, 2012).

2.3.1.1. Vantagens e Desvantagens

As principais vantagens do sistema de abastecimento por *kanbans* são:

- ❖ A redução de *stocks* nos armazéns;
- ❖ Investimento na implantação reduzido;
- ❖ Controle visual do processo;
- ❖ Flexibilidade para melhorias ou mudanças.

De entre as principais desvantagens destaca-se:

- ❖ A necessidade de *stocks* junto aos postos de trabalho;
- ❖ Requer disciplina na utilização dos *kanbans*;
- ❖ Pode ser necessário uma segunda movimentação de materiais no posto de trabalho para abastecer contentores individuais, quando as caixas de componentes são demasiado grandes para os componentes estarem junto ao operador.

2.3.2. Sistema de abastecimento por *kits*

Um *kit* define-se como um conjunto de componentes num mesmo recipiente utilizados na execução de uma ou várias operações de montagem de um tipo de produto. Na Figura 2.1 encontra-se representado um exemplo de um *kit*.



Figura 2.1. Exemplo de disposição de peças num *kit* (Salaverry, 2014)

O sistema de abastecimento por *kits* começa muito antes do fornecimento de componentes a uma linha de montagem. A primeira etapa consiste no processo de *picking* dos componentes que constituem o *kit*, ou seja os componentes são seleccionados e separados nos devidos compartimentos do *kit*. Nesta etapa os componentes devem ser escolhidos de modo a que não sejam fornecidos componentes com defeitos. Na Figura 2.2 apresenta-se um exemplo do processo de selecção e separação dos componentes estimulado por luzes (*pick to light*).



Figura 2.2. Exemplo do processo "*pick to light*" (Rogers, 2011)

De seguida os *kits* seguem para as linhas de montagem em carrinhos de abastecimento de *kits*. Na Figura 2.3 encontram-se representados exemplos de carrinhos *kitting*.



Figura 2.3. Exemplos de carrinhos *kitting* (Modular Bin Shelving - McMurray Stern (2016) e Metro Kitting Carts (2016))

Na linha de montagem os operadores vão retirando os *kits* dos carros à medida que estes vão sendo necessários na montagem dos produtos, sendo que cada carro *kitting* contém exactamente a quantidade de kits necessários para suprir as necessidades da linha num determinado período de tempo.

2.3.2.1. Vantagens e Desvantagens

As principais vantagens do sistema de abastecimento por *kits* são:

- ❖ Redução do WIP resultante do *stock* de componentes junto aos postos de trabalho;
- ❖ Eliminação da necessidade de abastecer contentores individuais de componentes no posto de trabalho;
- ❖ Redução do fornecimento de componentes com defeito à linha de montagem uma vez que os componentes são previamente inspeccionados na fase de montagem do *kit*;
- ❖ Controlo visual.

De entre as principais desvantagens destaca-se:

- ❖ A necessidade de preparação do *kit* que requer mão-de-obra e consome tempo;
- ❖ Requer espaço para realizar a preparação do *kit*;
- ❖ *Kits* que contêm componentes com defeitos não podem ser utilizados e por isso necessitam de voltar à fase de preparação;

- ❖ Maior custo de implementação do que o sistema de abastecimento por *kanbans*.

2.4. Modelo do Lote Económico

O modelo do lote económico permite calcular a quantidade económica da encomenda que é a quantidade que minimiza a soma dos custos relacionados com a aquisição dos produtos, dos custos associados às encomendas realizadas e dos custos associados à posse do *stock*. Contudo, os custos relacionados com a aquisição dos produtos não têm efeito na determinação da quantidade económica da encomenda pois são independentes da quantidade encomendada (Q).

O custo de aquisição dos produtos é dado pela expressão:

$$C1 = N \times C, \quad (2.1)$$

em que o C é o custo associado à aquisição do produto e o N é a procura em unidades por unidade de tempo. O custo associado às encomendas realizadas é dado por:

$$C2 = \frac{N}{Q} \times C1, \quad (2.2)$$

em que o $C1$ é o custo de uma encomenda. O custo associado à posse do *stock* pode ser determinado com base na expressão:

$$C3 = \frac{Q}{2} \times Cp, \quad (2.3)$$

em que o Cp é o custo de manter uma unidade em stock.

O modelo do lote económico está relacionado com a encomenda de um certo material ou produto, porém, pode ser utilizado no contexto de dimensionamento de lotes de produção em que o custo de aquisição será o custo de produção da quantidade necessária para responder à procura e o custo associado às encomendas será o custo de *setup*.

A evolução dos custos com o aumento da quantidade encomendada e a quantidade óptima de encomenda encontram-se representados na **Figura 2.4**.

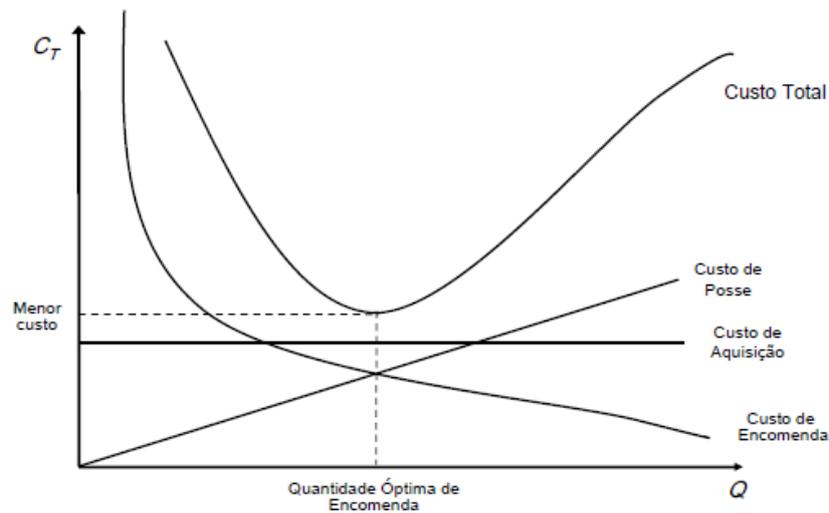


Figura 2.4. Evolução do custo de encomenda, do custo de aquisição, do custo de posse e da soma de todos os custos com o aumento da quantidade encomendada e quantidade ótima de encomenda que minimiza os custos totais (Fonte: Slides da cadeira de Gestão de Operações)

2.4.1. O Dimensionamento de Lotes de Produção

O “Problema da Programação de Lotes Económicos de Produção”, do inglês Economic Lot Scheduling Problem (ELSP), segundo Elmaghraby (1978), surge da necessidade de utilizar padrões de produção cíclicos, que são calculados separadamente para cada item, com base no Lote Económico de Produção. Uma linha que apenas produz um produto, encontra-se ocupada durante algum tempo até esgotar o seu inventário. Contudo, se existir mais do que um produto a competir pela atenção da linha, esta linha será requerida para produzir mais do que um produto ao mesmo tempo, o que é fisicamente impossível. O ELSP consiste, portanto, em sequenciar os lotes económicos de modo a minimizar o custo da programação na linha e satisfazer sem atrasos a demanda do mercado (Castro e Pizzolato, 2004).

Segundo Anwar (1998), sequenciar e dimensionar lotes pequenos permite responder mais rapidamente à demanda do mercado quando existe uma grande variedade de produtos e se pretende minimizar o *stock*. Contudo, o custo de *setup* associado a este método de produção é maior.

Ou seja, quanto maior for a dimensão do lote, menor é o número de *setups*. No entanto, quando uma empresa possui variedade de produtos necessita de produzir lotes de menores dimensões para conseguir responder à demanda de todos os tipos de produtos que

possui. Além disso, a produção de lotes de menores dimensões permite reduzir os *stocks* que acarretam custos de posse (espaço de armazenamento, conservação, obsolescência, etc).

Comparando com o método tradicional de produzir um lote inteiro, a divisão de um lote em sublotes de transferência, para que cada sublote possa ser transferido de uma etapa do processo produtivo para a seguinte, assim que esteja completo, reduz significativamente o *lead time* e o WIP (Jin, 1999).

Um dos desafios da gestão da produção é encontrar os lotes ideais de transferência de uma etapa do processo produtivo para outra, procurando um equilíbrio entre minimizar o WIP, o número de *setups* e satisfazer as necessidades do mercado num determinado período de tempo.

3. DESCRICHÃO DA EMPRESA

Neste capítulo fez-se uma breve descrição da empresa em que foi realizado o estágio curricular que deu origem à presente dissertação. Serão abordados os seguintes assuntos: apresentação da empresa, descrição das principais actividades, descrição dos principais produtos e clientes.

3.1. Apresentação

A empresa Iber Oleff dedica-se ao projecto, engenharia e produção de sistemas cinemáticos e componentes para a indústria automóvel e electrónica.

Fundada em 1993 em Pombal no Parque Industrial Manuel da Mota, iniciou a sua produção no ano 1995, com cerca de 30 colaboradores e 7 máquinas de injeção. Actualmente a empresa possui mais de 400 colaboradores e 57 máquinas de injeção, é certificada pela norma ambiental ISO 14001 e pela norma de qualidade específica da indústria automóvel, ISO/TS 16949 e, além de possuir uma área de moldagem por injeção, possui também uma área de decoração/pintura e uma área de montagem. Existe também uma área de engenharia dedicada à investigação e desenvolvimento dos produtos e processos produtivos.

3.2. Principais Actividades

As principais actividades da Iber Oleff são a injeção, a decoração/pintura e a montagem.

O processo de injeção é muito versátil, permitindo moldar peças de dimensões e geometrias variadas.

Após os componentes plásticos serem injetados, são preparados, ou seja, são soprados, limpos e inspeccionados. De seguida, seguem para a área de montagem sendo que alguns componentes passam primeiro pela área de pintura.

No processo de pintura, as tintas são usadas para melhorar o aspecto visual e proteger e retardar o envelhecimento do material.

A zona de montagem dos componentes é composta por duas áreas diferentes, uma área electrónica e uma área automotiva.

O processo de montagem é constituído por linhas de produção em série.

3.3. Principais Clientes

A Iber Oleff tem como principais clientes as empresas FORD, BOSCH, BMW, DELPHI, CONTINENTAL, VOLKSWAGEN, SEAT, McLAREN e MITSUBISHI TRUCKS EUROPE.

Com presença mundial em mais de 20 países, a Iber Oleff exporta 95% do seu volume total de negócios. Na **Figura 3.1** está representado um mapa onde se pode visualizar os países para onde a Iber Oleff exporta os seus produtos.



Figura 3.1. Mapa com os países para onde a Iber Oleff exporta os seus produtos

3.4. Principais Produtos

Na Iber Oleff são fabricados vários componentes plásticos para a indústria automóvel, desde ventiladores, cinzeiros e caixas de armazenamento, a estruturas para os painéis de instrumentos e para os auto-rádios, entre outros. Nas **Figuras 3.2, 3.3 e 3.4** encontram-se representados três exemplos de produtos fabricados na Iber Oleff.



Figura 3.2. Exemplo de um ventilador esquerdo e de um ventilador direito produzido na Iber Oleff



Figura 3.3. Exemplo de um suporte para copos produzido na Iber Oleff



Figura 3.4. Exemplo de uma estrutura de um auto-rádio produzida na Iber Oleff

4. PROJECTO I: ANÁLISE DA LINHA DE MONTAGEM DE UM VENTILADOR

Este projecto teve como objectivo a análise da situação actual da linha de montagem de um ventilador, de forma a possibilitar uma maior compreensão do funcionamento desta linha de montagem e identificar possíveis melhorias.

4.1. Descrição da Linha de Montagem

A linha de montagem do ventilador em estudo situa-se na área de montagem automotiva da empresa e é composta por três postos de trabalho. Cada posto de trabalho possui um operador. No posto 1 e no posto 2 são montados os pequenos componentes que compõem o ventilador e no posto 3 são realizadas as tarefas de inspecção. Existem duas linhas de montagem dedicadas a este ventilador, uma a produzir os ventiladores do lado direito e outra a produzir os ventiladores do lado esquerdo. O sistema de abastecimento utilizado para abastecer as linhas é o sistema baseado em etiquetas *kanban*.

4.2. Descrição das Operações Realizadas na Linha de Montagem

No posto 1 e no posto 2 são realizadas as operações de montagem dos componentes que compõem o ventilador. Os operadores do posto 1 e do posto 2 possuem os componentes de menores dimensões que vão utilizando na montagem em pequenas caixas junto deles. Quando as pequenas caixas ficam vazias ou com poucos componentes os operadores fazem o seu abastecimento, ou seja enchem as caixas pequenas com os componentes que estão nas caixas grandes. As caixas grandes estão em *racks* junto à bancada do posto 1 e são abastecidas por colaboradores do abastecimento.

Quando as caixas grandes ficam vazias devem ser levadas para a zona de saída de caixas vazias, para serem recolhidas pelos colaboradores do abastecimento que recolhem também as etiquetas *kanban*. Os colaboradores do abastecimento devem

devolver à linha de montagem as caixas cheias com os componentes indicados pelas etiquetas *kanban*.

No posto 3 são realizadas as operações de inspeção e etiquetagem dos ventiladores. Quando uma caixa fica completa, o operador deste posto deve levá-la até à *rack* de saída de caixas completas.

Na **Tabela 4.1** está representada uma análise do processo de montagem do ventilador em que estão representadas as operações realizadas na linha de montagem decompostas em elementos básicos:

Tabela 4.1. Análise da linha de montagem do ventilador (baseada na análise de processos de fabrico representada na **Tabela 2.1**)

Nº O P	Designação Operação	Posto	Operador	Distância [m]	Tipo Operação	Precedências	Tempo [s]	D.P [s]
1	Montagem de componentes	1	1	-		-	30.724	4.553
2	Abastecimento de pequenas caixas	1	1	1		-	36.784	30.994
3	Transporte de caixas vazias	1	1	2		-	18.650	10.742
4	Validação da máquina 1	1	1	-		-	300*	-
5	Montagem de componentes	2	2	-		1	27.252	3.030
6	Abastecimento de pequenas caixas	2	2	2		-	68.512	38.750
7	Transporte de caixas vazias	2	2	3		-	27.637	7.450
8	Abastecimento por mudança de cor dos componentes	2	2	2		-	60*	-
9	Inspeção e etiquetagem	3	3	-		1,5	27.414	6.016
10	Colocação de separador	3	3	Mão		1,5,9	9.534	2.523
11	Registrar e transportar caixa completa	3	3	2		1,5,9,10	79.636	21.197
12	Validação da máquina 3	3	3	-		-	300*	-
13	Preenchimento de documentos devido a mudança de referência	3	3	-		-	300*	-

*Valores estimados

Para além das operações consideradas na **Tabela 4.1**, na análise desta linha também foram consideradas as actividades de mudança de postos de trabalho e a limpeza e manutenção das linhas, além de alguns problemas como as paragens por falta de componentes e as avarias que ocorrem por vezes na máquina do posto 3.

4.3. Simulação da Linha

Através dos dados apresentados anteriormente e utilizando o programa de simulação Simul8, foi construído um modelo de simulação da situação actual da linha de montagem do ventilador. Este modelo de simulação, além de permitir analisar a situação actual da linha, serve como um modelo padrão, uma vez que a partir deste modelo é possível desenvolver novos modelos e comparar novas soluções produtivas. Na **Figura 4.1** encontra-se representado o modelo desenvolvido.

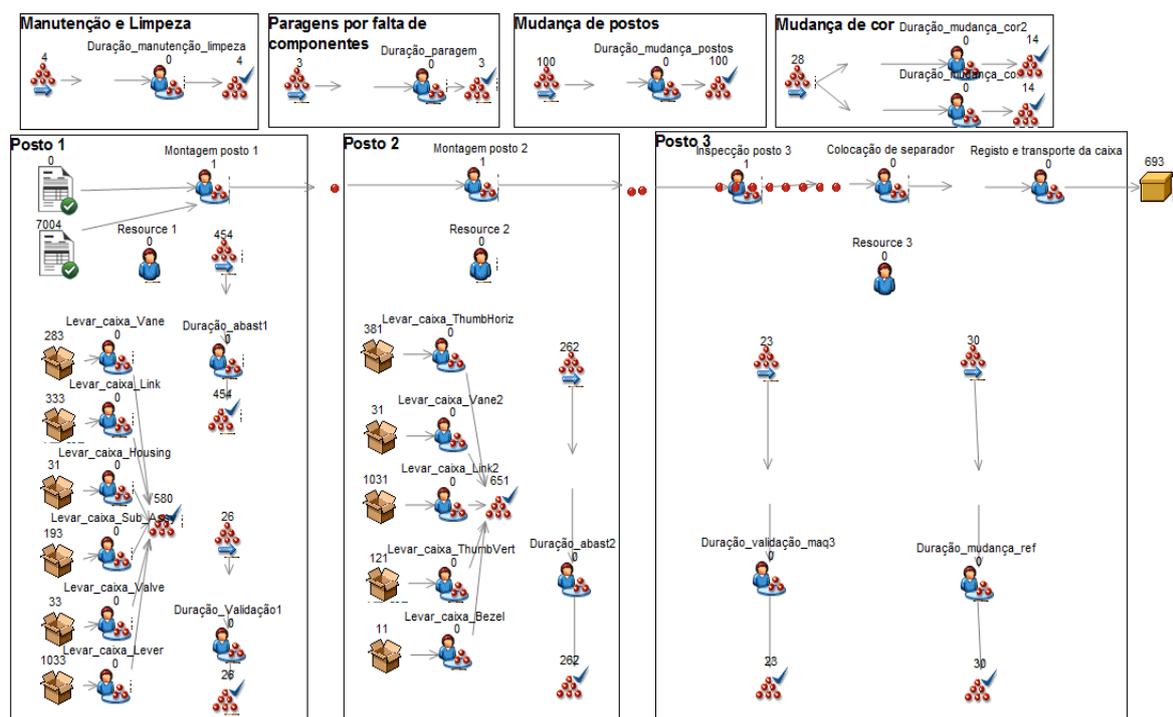


Figura 4.1. Representação da linha de montagem do ventilador no simul8

Tabela 4.2. Legenda da Figura 4.1

	Representa os pedidos dos clientes;
	Representa a ocorrência de eventos no sistema que podem ser abastecimentos, validações, manutenções, paragens, mudanças de posto, mudanças de referência ou mudanças de cor;
	Representa um peça;
	Representa uma actividade ou uma paragem com uma determinada duração;
	Representa as caixas grandes que estão nas racks e que vão sendo levadas para o local de saída quando ficam vazias;
	Representa o número de actividades realizadas ou paragens ocorridas;
	Representa o número de caixas de ventiladores concluídos;
	Representa um recurso que no caso desta linha é um operador.

4.3.1. Caracterização da Simulação

Para realizar a simulação da linha de montagem foi necessário definir o período de simulação, o período de aquecimento, que é o período de tempo que o sistema demora a atingir as condições normais de funcionamento e o número de corridas, que corresponde ao número de vezes que o período definido foi simulado.

Foi definido um período de simulação de 5 semanas e um período de aquecimento de 1 semana. Foram efectuadas 20 corridas.

4.3.2. Resultados da Simulação

Os resultados desta simulação foram apresentados aos responsáveis da Iber Oleff de modo a se validar o modelo de simulação desenvolvido. Nessa reunião os responsáveis da Iber Oleff aceitaram os resultados e o modelo considerando que parecia replicar correctamente a linha de montagem real.

Na **Tabela 4.3** encontram-se resumidos os resultados obtidos para a taxa de produção:

Tabela 4.3. Taxa de produção média da linha de montagem do ventilador

Taxa de produção média	Semanal	Diária	Horária	Unidades
	139.14	27.83	3.59	Nº de Caixas
	4174	834	107	Nº de Ventiladores

A linha de montagem produz cerca de 834 ventiladores por dia (tendo em conta que um dia são 7.75 horas devido às pausas para lanche e arrumação ao fim do dia).

Na **Tabela 4.4** estão representadas as taxas de utilização médias dos 3 operadores.

Tabela 4.4. Taxa de utilização média de cada um dos recursos

Utilização média do recurso 1	Utilização média do recurso 2	Utilização média do recurso 3
99.12%	89.52%	98.48%

Como se pode observar na **Tabela 4.4**, o recurso 2 é o recurso menos utilizado e o recurso 1 é o recurso mais utilizado, sendo que o recurso 3 também possui uma taxa de utilização muito alta, bastante próxima da taxa de utilização do recurso 1.

Na **Figura 4.2** é possível analisar as distribuições da utilização dos recursos nas várias operações realizadas na linha de montagem.

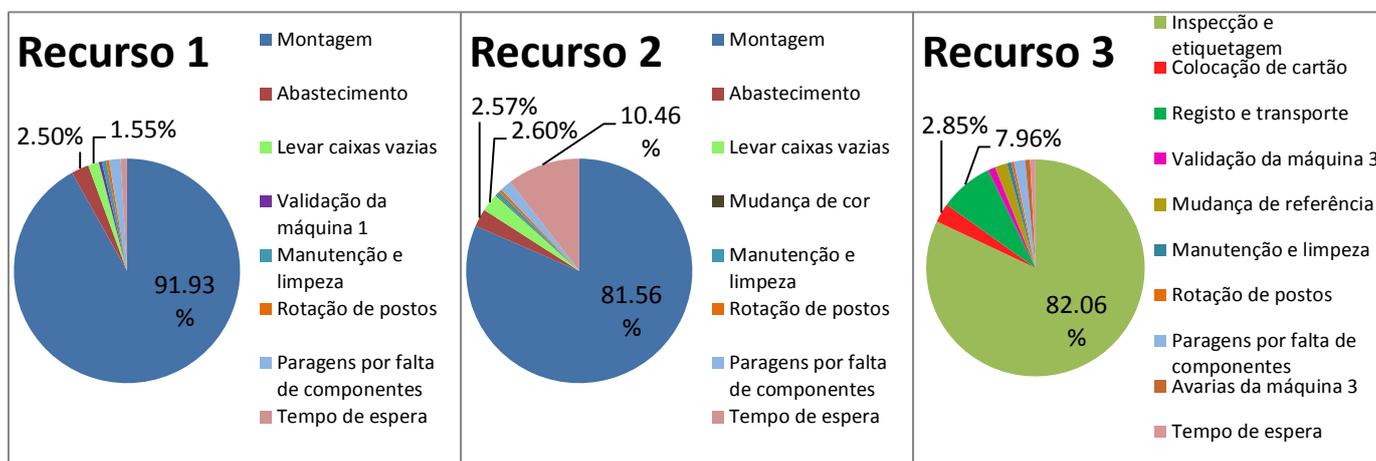


Figura 4.2. Distribuição da utilização de cada um dos recursos

A montagem dos componentes dos ventiladores assume-se como a principal tarefa do recurso 1 e do recurso 2, facto que é bastante positivo uma vez que a montagem é a actividade que adiciona valor acrescentado ao produto. O abastecimento e o transporte de caixas vazias para o local de saída são as actividades mais representativas na utilização do recurso 1 e 2 a seguir às actividades de montagem. O recurso 2 é o recurso com a maior percentagem de tempo de espera, o que é coerente com o facto de este recurso ser aquele que possui a menor taxa de utilização.

No recurso 3, as actividades mais representativas na sua utilização a seguir à inspeção e etiquetagem dos ventiladores são: o registo e transporte das caixas completas e a colocação de separadores de cartão.

As actividades mais representativas na utilização dos recursos que não sejam actividades de inspeção nem sejam actividades que acrescentem valor ao produto, vão ser o foco na análise de alternativas ao modelo.

4.4. Alternativas ao modelo actual da linha

Com base nos resultados obtidos para o modelo actual de simulação procurou-se testar alternativas que consistem em possíveis oportunidades de melhoria. A **Tabela 4.5** resume as alternativas ao modelo que têm como objectivo aumentar a taxa de produção

através da diminuição e da melhor distribuição da utilização dos recursos nas tarefas que não acrescentam valor ao produto.

Tabela 4.5. Resumo das alternativas ao modelo actual da linha de montagem do ventilador

Modelo actual	Cenário 1	Cenário 2
<input type="checkbox"/> O registo e transporte de caixas completas é realizado pelo operador do posto 3. <input type="checkbox"/> O abastecimento do posto 1 é realizado pelo operador do posto 1. <input type="checkbox"/> O abastecimento do posto 2 é realizado pelo operador do posto 2. <input type="checkbox"/> O transporte das caixas vazias para o local de saída é realizado pelos operadores do posto 1 e 2.	<input type="checkbox"/> O registo e transporte das caixas completas é realizado pelo operador do posto 2. <input type="checkbox"/> O abastecimento do posto 1 é realizado pelo operador do posto 3. <input type="checkbox"/> O abastecimento do posto 2 é realizado pelo operador do posto 2. <input type="checkbox"/> O transporte das caixas vazias para o local de saída deixa de existir.	<input type="checkbox"/> O registo e transporte das caixas completas é realizado pelo operador do posto 2. <input type="checkbox"/> O abastecimento e o transporte de caixas vazias para o local de saída deixam de existir, adoptando-se o sistema de <i>kitting</i> para abastecer os postos 1 e 2.

4.4.1. Cenário 1

Neste cenário considerou-se a redistribuição das tarefas efectuadas na linha de montagem. Como o operador do posto 2 é o que possui um maior tempo de espera, considerou-se que a actividade de registar, etiquetar e transportar as caixas completas para a *rack*, que é realizada pelo operador do posto 3, poderia ser feita pelo operador do posto 2. Ao ficar sem a actividade de registar, etiquetar e transportar as caixas completas, o operador do posto 3 teria tempo disponível para realizar o abastecimento do posto 1, podendo-se diminuir deste modo a taxa de ocupação do operador do posto 1 que, no estado actual da linha, é o operador com a maior taxa de ocupação. Assim poderia ser possível equilibrar as taxas de ocupação dos operadores.

Neste cenário considerou-se também que as caixas vazias seriam retiradas directamente das *racks* que estão junto aos operadores pelos colaboradores do

abastecimento, libertando os operadores da actividade do transporte de caixas vazias para o local de saída.

4.4.2. Cenário 2

O abastecimento das pequenas caixas que estão junto dos operadores corresponde a uma segunda movimentação de material em que não existe nenhum acréscimo de valor no material, por isso neste cenário procurou-se eliminar esta actividade. Também a actividade de transportar as caixas vazias para o local de saída se assume como uma actividade que não acrescenta valor ao produto e que poderia ser eliminada.

No entanto, para eliminar estas tarefas, seria necessário implementar um sistema de abastecimento diferente do *kanban*, um sistema que fornecesse exactamente o que os operadores necessitam num determinado período de tempo. O sistema de abastecimento proposto foi o sistema de abastecimento por *kits*.

Contudo, devido ao tempo de ciclo ser de menos de um minuto e consequentemente a taxa de produção ser tão elevada, não fazia sentido ter um *kit* para cada ventilador, uma vez que seriam necessários muitos *kits* (para uma hora, mais de 100 *kits*), o que faria com que não fosse possível, em termos de espaço, os *kits* estarem todos à frente do operador, prontos a serem usados.

A solução que se julgou mais interessante para a linha estudada consistiu na utilização de um carrinho *kitting* em que cada *kit* teria todas as peças utilizadas num posto de trabalho separadas e em quantidades suficientes para suprir as necessidades do posto num determinado período de tempo.

Os componentes A e K possuem dimensões demasiado grandes para poderem ser incluídos nos *kits*, contudo para estes componentes já se utilizavam as caixas grandes, colocadas perto dos respectivos operadores do posto 1 e do posto 2.

Como o componente K é o componente de maior dimensão, a sua caixa apenas tem capacidade para transportar 45 componentes. Esta quantidade seria o limite de capacidade de cada *kit*, para que cada *kit* fosse disponibilizado ao mesmo tempo que uma caixa do componente K. O componente A também deveria ser fornecido em caixas de 45 componentes cada. Assim, cada conjunto de *kit* e caixa de componentes A (para o posto 1) ou caixa de componentes K (para o posto 2) iria corresponder ao tempo de produção de 45 ventiladores.

Para diminuir o número de abastecimentos que teriam que ser feitos considerou-se que cada carrinho poderia trazer 6 *kits*, 3 caixas de componentes A e 3 caixas de componentes B, sendo que seriam 3 *kits* e 3 caixas para cada posto. Desta forma poder-se-iam produzir cerca de 135 ventiladores com os componentes existentes em cada carrinho, o que corresponde a um período de tempo de produção de cerca de uma hora e um quarto.

Na **Figura 4.3** encontra-se representado um exemplo da estrutura que o carrinho deveria ter.

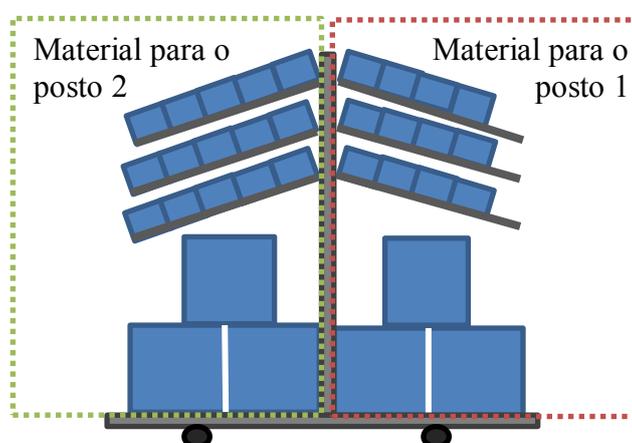


Figura 4.3. Representação de um carrinho de transporte de *kits* com caixas de componentes de maiores dimensões numa prateleira em baixo

Na

Tabela 4.6 encontram-se representadas as quantidades de componentes que cada caixa leva, as dimensões das caixas e as dimensões dos *kits* sugeridos e na **Figura 4.4** encontram-se representados os *kits* sugeridos.

Tabela 4.6. Dimensões dos kits e das caixas de componentes

Pos to	Compon ente	Quanti dade por ventila dor	Caixa actual					Compartimento de kit					
			Quan tidade	Co mpr ime nto [cm]	Lar gura [cm]	Altur a [cm]	Volum e [cm ³]	Quan tidade	Volum e necessá rio [m ³]	Com prime nto [mm]	Lar gura [mm]	Altur a [mm]	Volu me [cm ³]
1	A	1	54	60	40	28	67 200	45	-	-	-	-	-
	B	4	1800	40	30	14.75	17 700	180	1 770	20	15	10	3 000
	C	1	1300	30	20	14.75	8 850	45	307	20	15	10	3 000
	D	1	1080	30	20	14.75	8 850	45	369	20	15	10	3 000
	E	1	200	40	30	14.75	17 700	45	3 983	20	20	10	4 000
	F	1	2000	30	20	14.75	8 850	45	200	20	15	10	3 000
2	G	4	800	30	20	14.75	8 850	180	1 992	20	15	10	3 000
	H	1	1200	30	20	14.75	8 850	45	332	20	15	10	3 000
	I	1	850	40	30	14.75	17 700	45	938	20	15	10	3 000
	J	1	470	40	30	14.75	17 700	45	1 695	20	15	10	3 000
	K	1	45	60	40	28	67 200	45	-	-	-	-	-

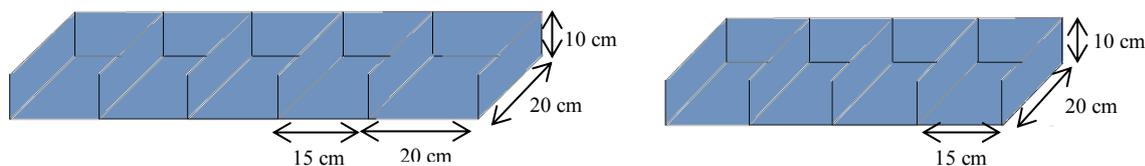


Figura 4.4. Representação dos kits do posto 1 e do posto 2, respectivamente.

4.5. Discussão de Resultados

No Anexo A encontram-se representados os resultados obtidos pelo simulador para o estado actual e para os dois cenários com intervalos de confiança de 95%.

O objectivo deste estudo consistiu na procura de soluções para reduzir ou distribuir melhor o tempo despendido nas actividades que não acrescentam valor ao produto final. Foram considerados 2 cenários que serão comparados com o estado actual da linha de montagem do ventilador. Através da análise da **Figura 4.5** podem-se comparar as utilizações médias dos 3 operadores no estado actual da linha e nos 2 cenários considerados.

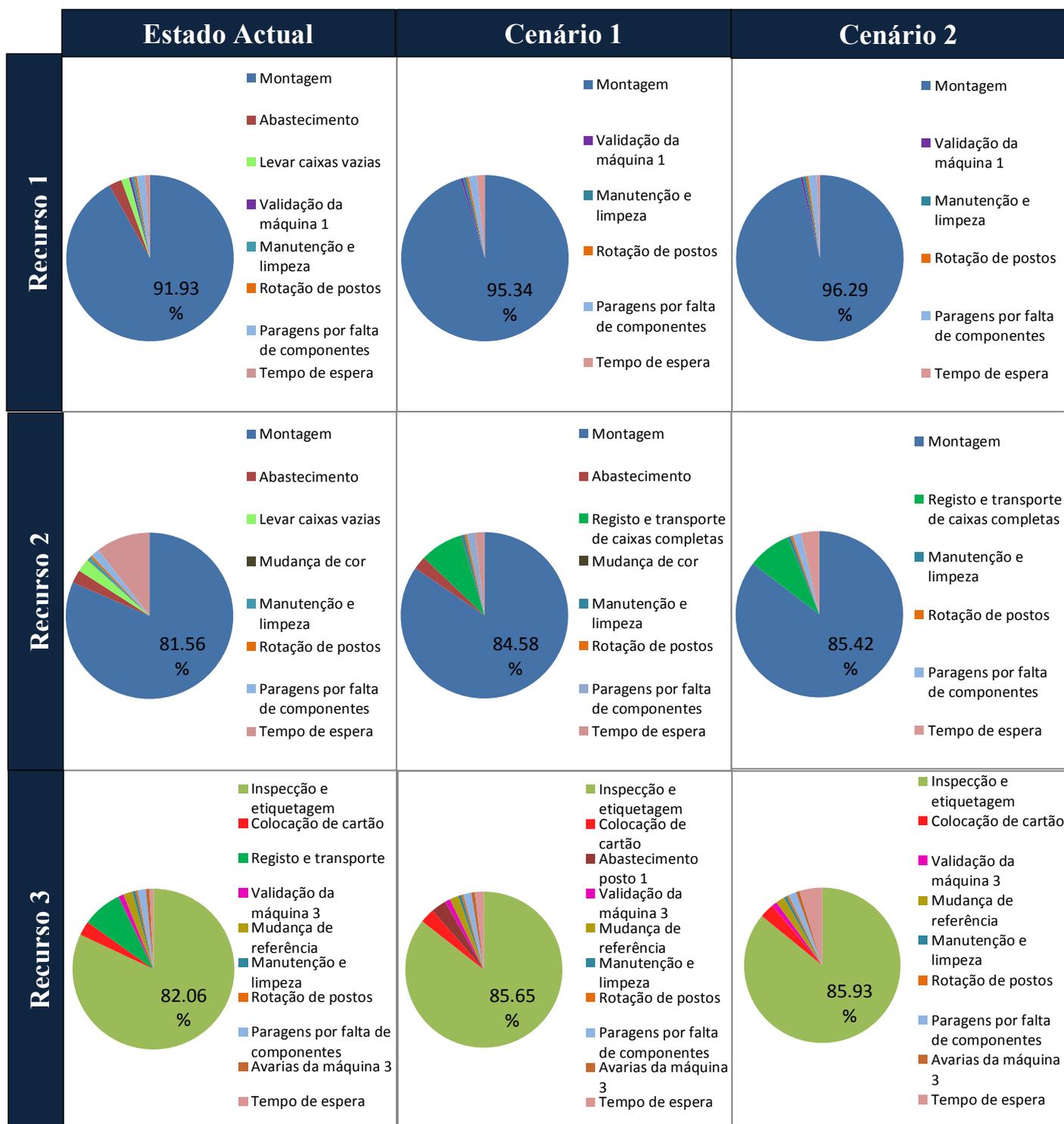


Figura 4.5. Utilização dos 3 recursos no estado actual e nos cenários 1 e 2

Como se pode observar ambos os cenários melhoram o estado da linha na medida em que aumentam a utilização dos recursos nas tarefas de montagem e inspecção e diminuem a utilização dos recursos nas tarefas de transporte e abastecimento.

Na **Figura 4.6** fez-se uma comparação das taxas de produção diárias dos dois cenários em relação ao estado actual.

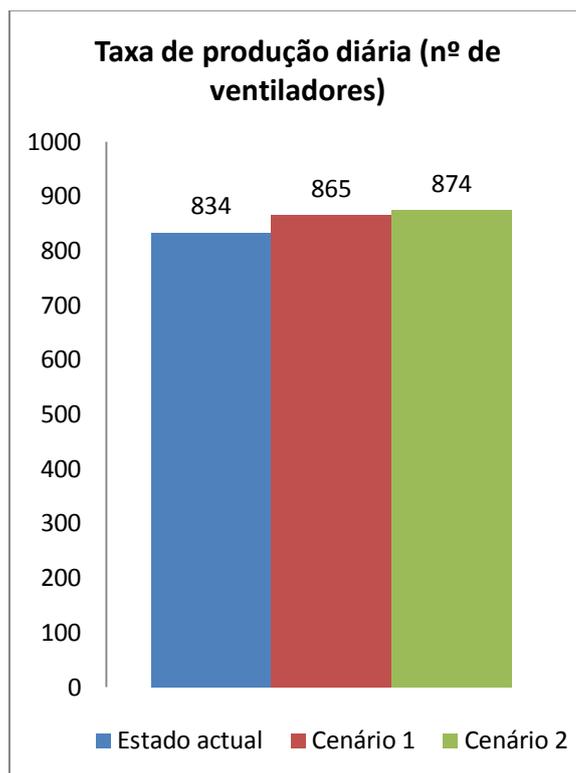


Figura 4.6. Comparação das taxas médias de produção diárias da linha de montagem nos dois cenários em relação ao estado actual

Por análise da **Figura 4.6** pode-se concluir que ambos os cenários permitem um aumento da taxa de produção em relação ao estado actual do sistema. O cenário 2 é aquele que apresenta uma melhor utilização dos recursos como se pode observar na **Figura 4.5**, e maior taxa de produção, como se pode observar na **Figura 4.6**. A **Tabela 4.7** resume os resultados obtidos para as taxas de produção diária, para as taxas de utilização nas actividades que atribuem valor ao produto (montagem) e para as taxas de utilização nas actividades de inspecção e etiquetagem dos ventiladores no estado actual e nos 2 cenários. Além disso, esta tabela apresenta a percentagem de melhoria de cada um dos cenários para as taxas de produção e utilização consideradas. Como se pode observar na **Tabela 4.7** tanto

as taxas de produção diárias como as taxas de utilização dos 3 recursos aumentaram cerca de 4% no cenário 1 e cerca de 5% no cenário 2 em relação ao estado actual da linha.

Tabela 4.7. Comparação das taxas médias de produção e das taxas médias de utilização no estado actual e nos 2 cenários

	Estado actual	Cenário 1	Melhoria [%]	Cenário 2	Melhoria [%]
Taxa de produção diária (ventiladores)	834	865	3.72	874	4.8
Recurso 1 Taxa de utilização na montagem (%)	91.93	95.34	3.71	96.29	4.74
Recurso 2 Taxa de utilização na montagem (%)	81.56	84.58	3.7	85.42	4.73
Recurso 3 Taxa de utilização na inspeção e etiquetagem (%)	82.06	85.65	4.37	85.93	4.72

Contudo, para se poder considerar qualquer um destes cenários é necessário ter em conta algumas desvantagens que a implementação destes cenários poderá causar.

As desvantagens da implementação do cenário 1 consideradas foram as seguintes:

- ❖ Dificulta o trabalho dos colaboradores do abastecimento, na medida em que estes necessitam de escolher e retirar as caixas vazias das *racks* em vez de terem as caixas vazias todas no local de saída prontas a serem levadas;
- ❖ O foco de atenção do operador do posto 2 tem que ser dividido pelas tarefas do seu posto e pela tarefa de levar e etiquetar as caixas de produtos que vão sendo completadas no posto 3;
- ❖ O foco de atenção do operador do posto 3 tem que ser dividido pelas tarefas do seu posto e pela tarefa de abastecer o posto 1.

No cenário 2, as desvantagens consideradas foram as seguintes:

- ❖ O foco de atenção do operador do posto 2 tem que ser dividido pelas tarefas do seu posto e pela tarefa de levar e etiquetar as caixas de produtos que vão sendo completadas no posto 3;
- ❖ Aumento das funções do abastecimento, na medida em que seria necessário realizar previamente o *picking* e a inspecção dos componentes para abastecer os *kits*;
- ❖ Possibilidade de ocorrência de um maior número de paragens por falta de componentes, uma vez que a quantidade presente nos *kits* pode não ser suficiente para o período de tempo estabelecido porque, por exemplo, o colaborador do abastecimento pode deixar passar para o *kit* componentes com defeito;
- ❖ Custos logísticos relacionados com a necessidade de espaço para a realização do *picking*;
- ❖ Custos iniciais de investimento em carrinhos de transporte especializado para o *kitting* e em *kits*, e custos de manutenção destes equipamentos.

Após reunião com a empresa, os cenários propostos foram considerados não implementáveis, principalmente porque o registo das caixas completas, que consiste na sua etiquetagem e contagem não pode ser realizado por outro operador que não seja o operador do posto 3, uma vez que este operador garante a qualidade do produto e garante que a etiqueta que está na caixa corresponde à etiqueta dos ventiladores. Além disso, a empresa considerou que os operadores deviam estar apenas concentrados nas actividades relativas ao seu posto. Contudo, a empresa assumiu que as operações de abastecimento das caixas pequenas que estão junto dos operadores do posto 1 e do posto 2 poderiam ser eliminadas ou reduzidas, tentando-se utilizar caixas de menores dimensões no abastecimento de alguns componentes que pudessem ser colocadas em cima da bancada para serem usadas, uma vez que o sistema de abastecimento por *kits* era demasiado dispendioso e causava aumento de actividades que não criam valor, ainda que fora das linhas, para realizar o *picking* dos componentes para encher os *kits*, que neste caso não compensam o aumento de produção obtido.

Além disso, ainda que se pudessem eliminar todas as actividades de abastecimento de caixas pequenas e transporte de caixas vazias através do *kitting*, nenhuma das actividades do posto 3 podia ser eliminada ou executada por outro operador devido ao facto de se poder pôr em causa a garantia de qualidade. Por isso qualquer melhoria nos outros postos estará sempre restringida pelo posto 3. Como o posto 3 tem capacidade para produzir no máximo 108 ventiladores por hora e na situação actual a linha produz 107 ventiladores por hora, o máximo de aumento de produção que se poderá obter é de 1 ventilador por hora.

Este trabalho poderia ser completado com um estudo aprofundado da gestão de *stocks*, dos métodos de embalagem e do sistema de abastecimento das linhas de forma a procurar formas de reduzir as dimensões das caixas dos componentes, com o objectivo de eliminar a movimentação de materiais na linha de montagem em que não ocorre acréscimo de valor, procurando uma solução integrada que não prejudique o sistema de abastecimento das linhas nem a gestão de *stocks* e que respeite os métodos de embalagem.

5. PROJECTO II: ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DOS LOTES DE PRODUÇÃO DE UMA ESTRUTURA DE UM BEZEL

Este projecto teve como objectivo estudar um processo produtivo novo a integrar na fábrica que consiste na produção de uma estrutura de um bezel. Procurou-se determinar que dimensões devem ter os lotes de transferência e como devem ser programados para que se possam reduzir os *stocks* de produto acabado e WIP, respondendo às necessidades do cliente.

5.1. Descrição do Processo Produtivo

O produto em estudo é composto por três componentes diferentes: uma caixa ou estrutura base do bezel, seis botões numéricos e seis botões retentores. A estrutura base do bezel é injetada e colocada numa caixa que leva 30 peças. Depois de se completarem 20 caixas, estas são transportadas para o armazém. Quando as caixas de estruturas base dos bezels são necessárias para realizar a montagem do produto final, são fornecidas à linha através do sistema de abastecimento *kanban*.

Os botões numéricos e os botões retentores podem ser injetados na mesma máquina ou podem ser injetados em máquinas diferentes. A máquina ou as máquinas de injeção dos botões possuem moldes de 6 cavidades, injetando os 6 botões (numéricos ou retentores) que constituem a estrutura do bezel ao mesmo tempo.

Depois dos botões numéricos serem injetados, um robot aplica-os num *jig* que pode levar até 9 conjuntos de 6 botões. Os *jigs* são colocados em caixas que levam no máximo 12 *jigs* por caixa e seguem para o armazém ao fim de 20 caixas completas. De seguida, os lotes de botões numéricos são transportados para a área da decoração/pintura onde são preparados (colocados em carros), pintados e inspeccionados. No fim da inspeção, os *jigs* de botões numéricos são retirados dos carros e colocados novamente em caixas que são posteriormente arrumadas em *racks*. Quando os botões numéricos são necessários na linha de montagem, os colaboradores do abastecimento vão buscá-los às *racks*.

Após a injeção dos 6 botões retentores estes são separados em 6 caixas que ficam completas com 2000 botões. De seguida, são levadas para o armazém. Os

colaboradores do abastecimento das linhas de montagem vão transportando os botões para a linha de acordo com as necessidades representadas pelas etiquetas *kanban*.

Na **Tabela 5.1** encontra-se representada uma análise do processo produtivo da estrutura do bezel e na **Figura 5.1** encontra-se representado o fluxograma do processo. O tempo que demora a saída de matérias-primas do armazém para a injeção não foi considerado, uma vez que se assume que esse tempo está incluído no tempo de *setup* das máquinas de injeção. Considerou-se também que o processo produtivo termina na montagem, desprezando-se o transporte para o armazém de produtos acabados. Os tempos representados são valores estimados fornecidos pelos colaboradores da empresa.

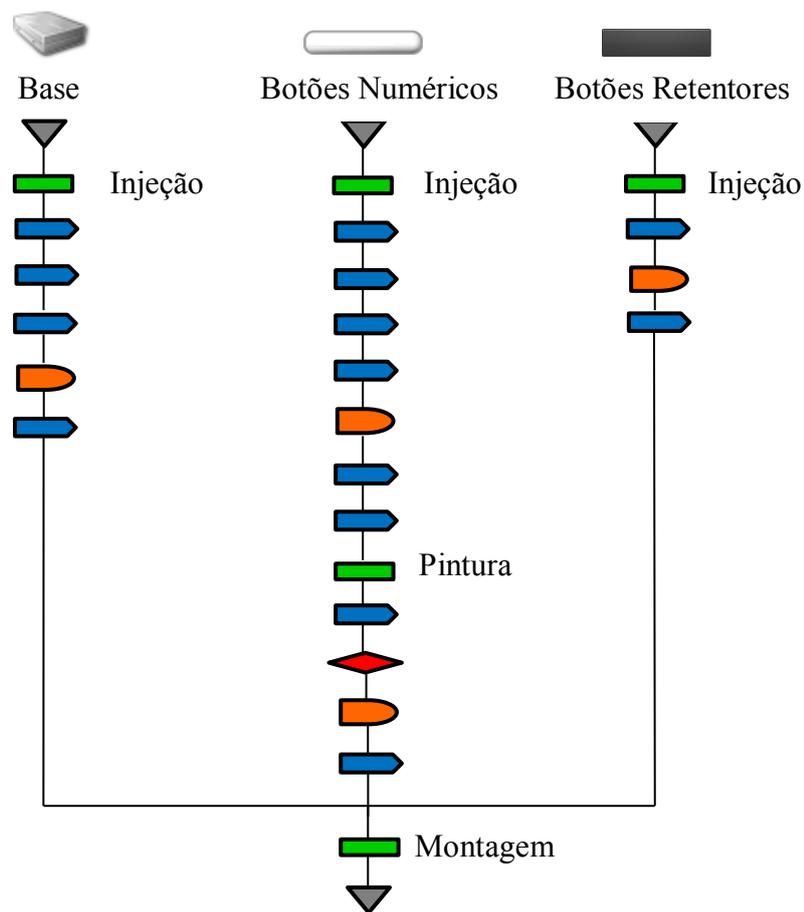


Figura 5.1. Fluxograma do processo produtivo

Tabela 5.1. Análise do processo produtivo das estruturas dos bezels (baseada na análise de processos de fabrico representada na Tabela 2.1)

					Tempo	Quantidade	Processo
COMPONENTE: BASE (1 por produto acabado)							
●					-	-	Saída de matérias-primas do armazém
	●				32 s	1	Injeção
	●	●			6 s	1	Colocar na caixa
	●				60 s	30	Levar caixa
	●		●		1200 s	600	Transporte p/armazém e armazenagem
	●				1200 s	30	Transporte p/montagem
COMPONENTE: BOTÃO NUMÉRICO (6 por produto acabado)							
●					-	-	Saída de matérias-primas do armazém
	●				28 s	6	Injeção
	●	●			28 s	6	Paletização
	●				16 s	54	Colocar na caixa
	●				60 s	648	Levar caixa
	●		●		1200 s	12 960	Transporte p/armazém e armazenagem
	●				1200 s	Lote_Pintura	Transporte p/pintura
	●				0.5 s (2 operadores)	6	Preparação p/pintura
	●	●			5640 s	Lote_Pintura	Pintura
	●				300 s	Lote_Pintura	Transporte p/inspeção
		●	●		18 s (2 operadores)	6	Inspeção e armazenagem
	●				1200 s	648	Transporte p/montagem
COMPONENTE: BOTÃO RETENTOR (6 por produto acabado)							
●					-	-	Saída de matérias-primas do armazém
	●				28 s	6	Injeção
	●		●		1200 s	12 000	Transporte p/armazém e armazenagem
	●				1200 s	12 000	Transporte p/montagem
CAIXA (1) + BOTÕES NUMÉRICOS (6) + BOTÕES RETENTORES (6)							
		●			45 s (2 operadores)	1 + 6 + 6	Montagem
●					-	-	Saída de produtos acabados

O volume anual de produção para responder à demanda é de cerca de 75000 bezels.

5.2. Caracterização dos Lotes

As opções de dimensionamento dos lotes testadas tiveram que seguir determinadas restrições de modo a simplificar o modelo:

- ❖ Os lotes de injeção de botões numéricos e os lotes de injeção de bases têm que ser múltiplos de 20 caixas de componentes injetados, que é a quantidade que é transportada da injeção para o armazém, o que significa que o lote de injeção de botões numéricos tem que ser um múltiplo de 2160 conjuntos de 6 botões (12 960 botões) e o lote de injeção de bases tem que ser um múltiplo de 600 bases.
- ❖ Os lotes de injeção de botões numéricos têm que compensar as perdas de componentes que ocorrem durante a pintura, sendo necessário planejar produzir 10% a mais do que o volume anual de produção.
- ❖ Para diminuir o tempo de simulação testaram-se apenas lotes de injeção de botões numéricos menores ou iguais a 6480 conjuntos de botões e lotes de injeção de bases menores ou iguais a 5400.
- ❖ O lote de injeção de botões retentores tem que ser um múltiplo de 2000 conjuntos de 6 botões (12 000 botões), que é a quantidade que sai da injeção para o armazém.
- ❖ Para diminuir o tempo de simulação testaram-se apenas lotes de injeção de botões retentores menores ou iguais a 6000 conjuntos de botões.
- ❖ O lote de pintura poderá ser qualquer valor desde que seja inferior ao lote de injeção de botões numéricos. Contudo, de modo a diminuir o tempo de simulação admitiu-se que o lote de pintura pode ser igual a um quarto, um meio, três quartos ou a um lote inteiro de injeção de botões numéricos.

A **Tabela 5.2** apresenta todas as dimensões dos lotes que foram simuladas por cada componente que constitui o produto final. As combinações das dimensões dos lotes simuladas correspondem a $3 \times 4 \times 3 \times 9 = 324$ opções de dimensionamento.

Tabela 5.2. Dimensões dos lotes testadas

Botões Numéricos		Botões Retentores	Bases
Injeção	Pintura		
2160	540	2000	600
	1080	4000	1200
	1620	6000	1800
	2160		2400
4320	1080		3000
	2160		3600
	3240		4200
	4320		4800
6480	1620		5400
	3240		
	4860		
	6480		

5.3. Simulação do Processo Produtivo

Através dos dados apresentados na **Tabela 5.1** e do fluxograma da **Figura 5.1** foi possível construir dois modelos de simulação que representam o processo produtivo do produto em estudo, um para o cenário 1, em que apenas se utiliza uma máquina de injeção para injetar os dois tipos de botões: numéricos e retentores, e outro para o cenário 2, em que se utilizam duas máquinas de injeção, uma máquina para injetar os botões numéricos e outra para injetar os botões retentores. A **Tabela 5.4** apresenta os dois cenários testados.

Tabela 5.3. Cenários testados no simul8

Cenário 1



Utiliza-se uma máquina de injeção para produzir os dois tipos de botões: numéricos e retentores.

Cenário 2



Utiliza-se uma máquina de injeção para injetar os botões numéricos e outra máquina de injeção para injetar os botões retentores.

Na **Figura 5.2** e na **Figura 5.3** apresentam-se os dois modelos criados no Simul8. Através destes modelos é possível testar várias hipóteses para os lotes de produção da injeção dos vários componentes e da pintura, de forma a identificar quais as melhores combinações de lotes de transferência que minimizam o WIP.

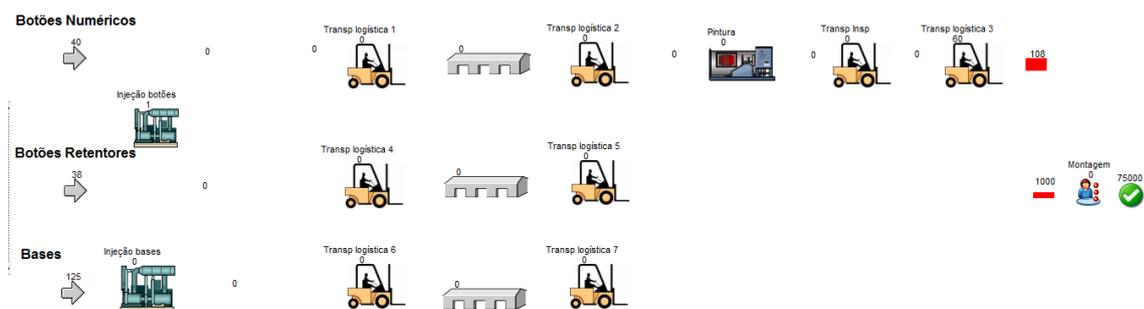


Figura 5.2. Representação do modelo no cenário 1

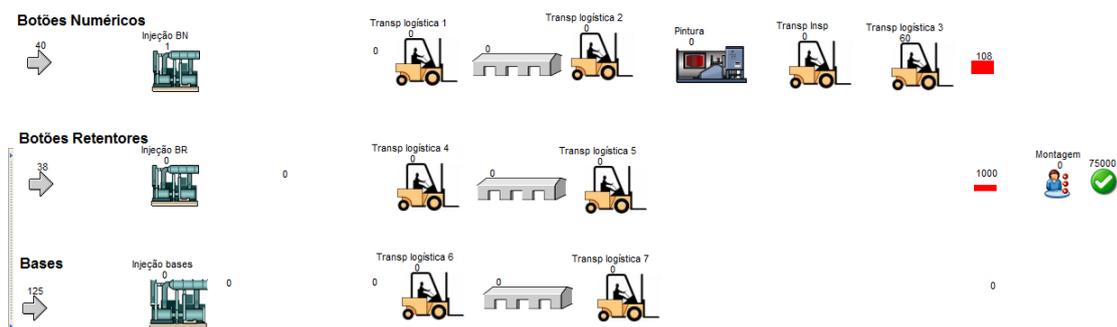


Figura 5.3. Representação do modelo no cenário 2

Tabela 5.4. Legenda da **Figura 5.2** e da **Figura 5.3**

	Representa o início da produção de novos lotes;
	Representa uma máquina de injeção;
	Representa o transporte de componentes realizado pelos colaboradores do abastecimento;
	Representa o armazém;
	Representa uma máquina de pintura;
	Representa o WIP;
	Representa a montagem de componentes;
	Representa o número de peças produzidas.

5.4. Caracterização da Simulação

O período de simulação considerado foi de um ano (52 semanas), que na Iber Oleff corresponde a 48 semanas de produção (4 semanas são de paragem).

Devido às perdas na pintura criarem variabilidade nos resultados para a mesma opção testada, foi necessário efectuar 5 corridas para cada opção, o que corresponde a 1620 corridas no total por cada cenário.

5.5. Resultados da simulação para os dois cenários considerados

No final da simulação de cada um dos cenários considerados obteve-se mais do que uma solução que minimiza o *stock*. As soluções encontradas encontram-se representadas na **Tabela 5.5** e na **Tabela 5.6**, ordenadas por menor tempo de *setup*. A diferença de uma caixa de *stock* máximo considerou-se irrelevante por ser uma diferença muito pequena.

Tabela 5.5. Resultados encontrados para o cenário 1

Opções	Botões Numéricos				Botões Retentores		Bases		Stock máximo (nº caixas)	Setup (horas)
	Injeção		Pintura		Injeção		Injeção			
	Nº lotes /ano	Dimensão (conj)	Nº lotes /ano	Dimensão (conj)	Nº lotes /ano	Dimensão (conj)	Nº lotes /ano	Dimensão (bases)	Total	Total
1	39	2160	39	2160	19	4000	125	600	76	153.3
2	39	2160	77	1080	19	4000	125	600	77	166.3
3	39	2160	39	2160	38	2000	125	600	77	167.8
4	39	2160	77	1080	38	2000	125	600	77	180.8
5	39	2160	153	540	19	4000	125	600	77	192.3
6	39	2160	153	540	38	2000	125	600	76	206.8

Tabela 5.6. Resultados encontrados para o cenário 2

Opções	Botões Numéricos				Botões Retentores		Bases		Stock máximo (nº caixas)	Setup (horas)
	Injeção		Pintura		Injeção		Injeção			
	Nº lotes /ano	Dimensão (conj)	Nº lotes /ano	Dimensão (conj)	Nº lotes /ano	Dimensão (conj)	Nº lotes /ano	Dimensão (bases)	Total	Total
1	39	2160	39	2160	19	4000	125	600	69	153.3
2	39	2160	77	1080	19	4000	125	600	69	166.3
3	39	2160	39	2160	38	2000	125	600	69	167.8
4	39	2160	77	1080	38	2000	125	600	70	180.8
5	39	2160	153	540	19	4000	125	600	69	192.3
6	39	2160	153	540	38	2000	125	600	69	206.8

Como se pode verificar por análise da **Tabela 5.5** e da **Tabela 5.6**, o cenário que minimiza o *stock* máximo é o cenário 2 em que se utilizam duas máquinas de injeção, uma para injetar os botões numéricos e outra para injetar os botões retentores, o que se deve ao facto de minimizar o *stock* de bases, como se pode observar na **Tabela 5.7** e na **Tabela 5.8**, em que se encontram representados os *stocks* máximos obtidos nos armazéns nos dois cenários considerados.

Tabela 5.7. *Stock* máximo de cada componente nos armazéns para o cenário 1

Opção	<i>Stock</i> Máximo (caixas)				
	Botões Numéricos		Botões Retentores	Bases	Total
	Armazém	Racks	Armazém	Armazém	
1	20	21	6	29	76
2	20	20	6	30	76
3	20	22	6	29	77
4	20	21	6	30	77
5	20	21	6	30	77
6	20	22	6	29	77

Tabela 5.8. *Stock* máximo de cada componente nos armazéns para o cenário 2

Opção	<i>Stock</i> Máximo (caixas)				
	Botões Numéricos		Botões Retentores	Bases	Total
	Armazém	Racks	Armazém	Armazém	
1	20	21	6	22	69
2	20	22	6	21	69
3	20	21	6	22	69
4	20	22	6	21	69
5	20	21	6	22	69
6	20	22	6	22	70

Para os componentes botões numéricos e bases, as dimensões dos lotes que minimizam o WIP são os menores lotes possíveis como se pôde verificar por análise da **Tabela 5.5** e da **Tabela 5.6**. Contudo, no caso dos componentes botões retentores, nas opções 1, 2 e 5 isto não se verifica. No fim de serem injetados, os botões retentores são

transportados da injeção para o armazém em 6 caixas de 2000 botões cada, o que corresponde a 2000 conjuntos de 6 botões. A montagem necessita então de ter as 6 caixas junto à linha para poder produzir as estruturas dos bezels. Se um lote tiver a dimensão de 4000 conjuntos de botões, a duração da produção de metade do lote será cerca de $28 \text{ s} \times 2000 \text{ conjuntos} \cong 15,56 \text{ horas}$, que é tempo suficiente para que quando a segunda metade do lote for produzida, a primeira metade já tenha saído do armazém para a linha de montagem, fazendo com que a quantidade máxima de conjuntos de botões numéricos nunca ultrapasse os 2000 conjuntos (6 caixas). Em relação ao lote de pintura, a dimensão deste lote que minimiza o WIP será igual a um quarto, metade ou a totalidade da dimensão do lote de injeção de botões numéricos, o que permite transportar a totalidade do lote em 4 vezes, 2 vezes ou uma só vez, respectivamente. Se o lote de pintura for igual a $\frac{3}{4}$ da dimensão do lote de injeção de botões numéricos, não é possível transportar todo o lote de injeção, sendo necessário esperar pelo próximo lote, o que vai provocar acumulação de *stocks* entre a injeção e a pintura de botões numéricos.

Tendo em conta os resultados obtidos para os dois cenários, seleccionou-se a primeira opção da **Tabela 5.6** como sendo a melhor, uma vez que, além de minimizar os *stocks*, é a opção que minimiza o tempo de setup. Esta opção consiste em injetar e pintar lotes de 2160 conjuntos de botões numéricos, injetar lotes de 4000 conjuntos de botões retentores e injetar lotes de 600 bases de bezels.

A partir da visualização dos gráficos da **Figura 5.4** é possível ter uma percepção da distribuição da ocupação das principais máquinas que constituem o processo produtivo e da linha de montagem para a melhor opção de dimensionamento dos lotes.

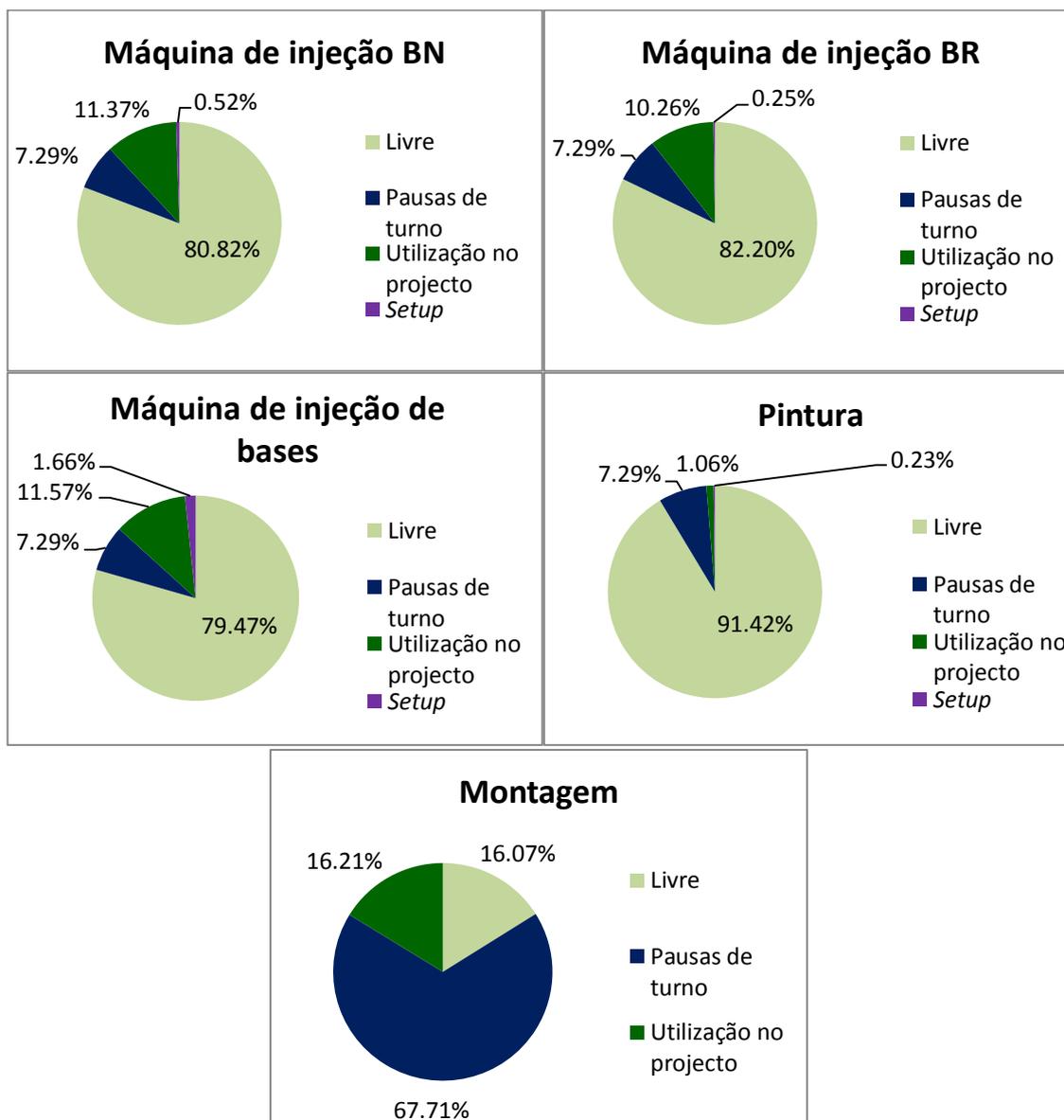


Figura 5.4. Distribuição da ocupação das principais máquinas e da linha de montagem do processo produtivo na opção 1 da **Tabela 5.6**

Como se pode verificar após análise da **Figura 5.4**, o tempo dispensado pelas máquinas de injeção neste projecto é de cerca de 11 a 13% do tempo total simulado, sendo que cerca de 1 a 2 % deste tempo é de *setup*. As máquinas de injeção possuem então cerca de 80% do tempo disponível para outros projectos. Por outro lado, a máquina de pintura apenas necessita de cerca de 1% do tempo para pintar os botões numéricos, possuindo cerca de 91% do tempo livre para outros projectos. Como a montagem não trabalha por

turnos, a sua percentagem de tempo disponível para este projecto é muito menor (cerca de 32%), mas, ainda assim é suficiente e os operadores podem ainda utilizar cerca de metade (16%) do seu tempo disponível noutros projectos.

Os tempos médios e os tempos máximos de espera nos armazéns para a opção 1 da Tabela 5.6 encontram-se representados no gráfico da Figura 5.5.

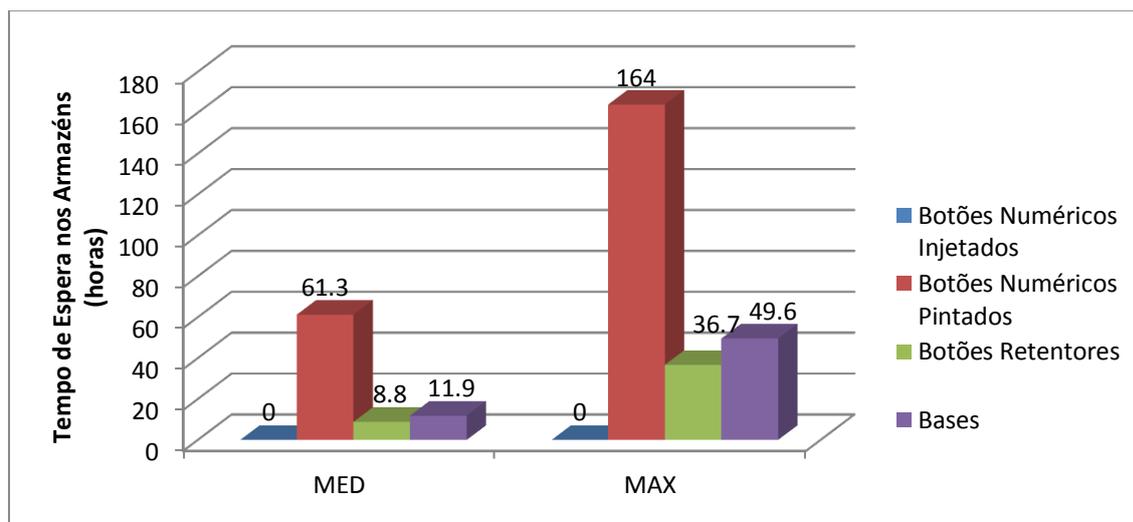


Figura 5.5. Tempos médios e tempos máximos de espera nos armazéns por componente (conjuntos de botões ou bases) para a melhor opção

Como se pode observar na Figura 5.5, os tempos de espera nos armazéns (*racks*) dos botões numéricos pintados é muito superior aos tempos de espera dos outros componentes. Isto deve-se ao facto de ser necessário injetar botões numéricos com mais frequência devido às perdas planeadas para a pintura.

Ainda que a percentagem de tempo de *setup* não seja muito significativa, quando se realizou a simulação deste processo observou-se que existiam outros resultados que, apesar de possuírem um maior *stock* máximo de WIP, permitiam obter um menor tempo de *setup*. Os resultados obtidos para o *stock* máximo e o tempo de *setup* de todas as opções para os lotes testadas no cenário 1 e no cenário 2 encontram-se ordenados por menor *stock* máximo no Anexo B e no Anexo C, respectivamente. Nos casos em que o *stock* máximo é igual, os resultados estão ordenados por menor *setup*.

Os gráficos da Figura 5.6 e da Figura 5.7 representam os resultados do Anexo B e do Anexo C, em que o eixo horizontal são as opções de dimensionamento dos lotes do

Anexo B e do Anexo C, o eixo vertical principal é o tempo de *setup* total em horas e o eixo vertical secundário é o *stock* máximo total (nº de caixas).

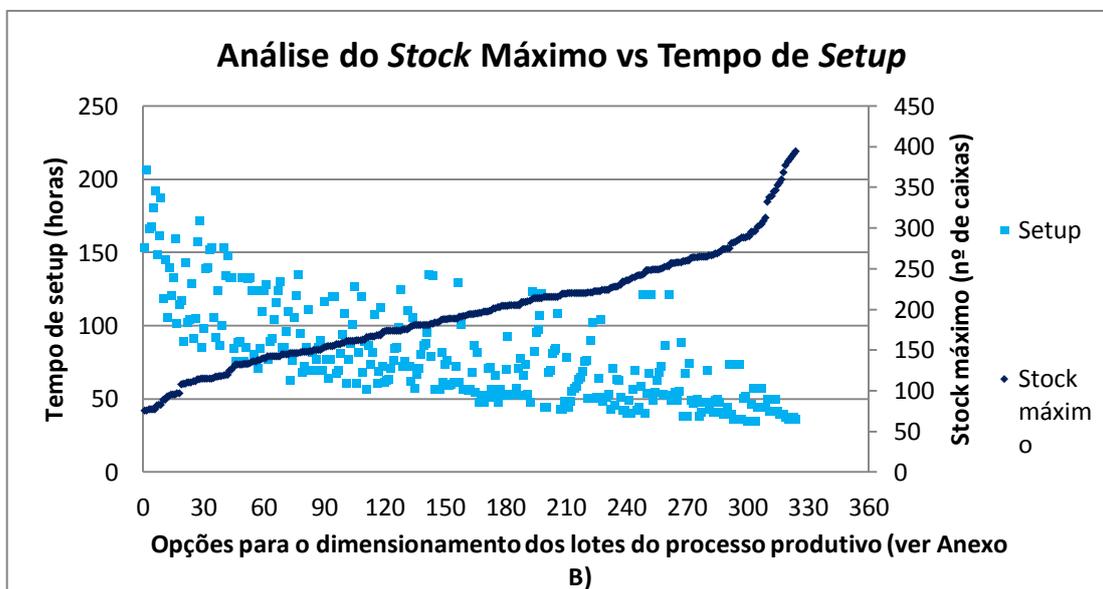


Figura 5.6. Análise do *stock* máximo e do tempo de *setup* das opções de dimensionamento testadas no cenário 1 (Anexo B)

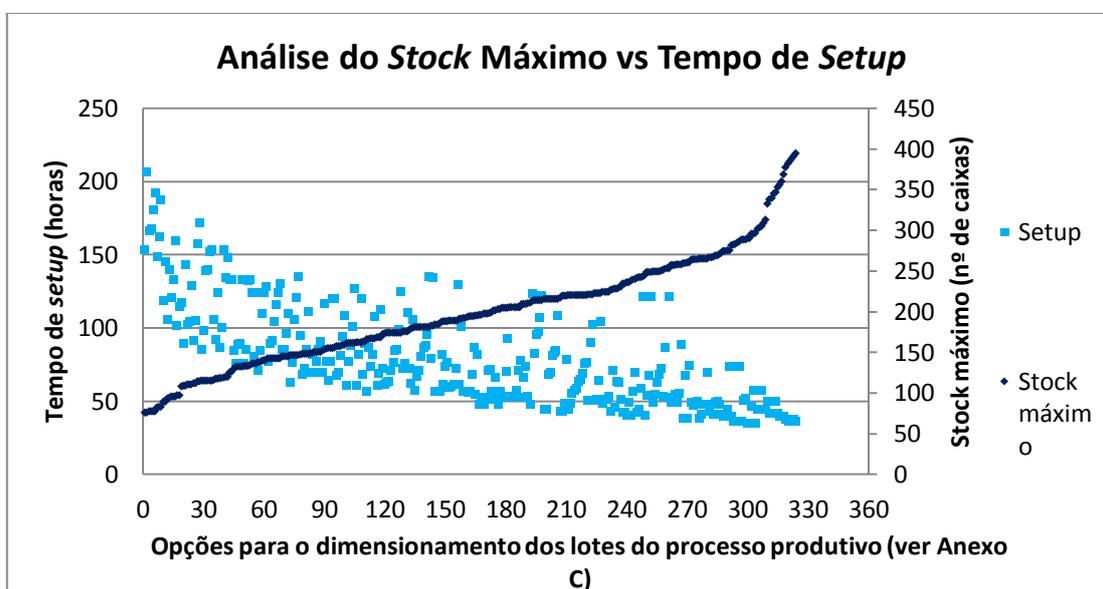


Figura 5.7. Análise do *stock* máximo e do tempo de *setup* das opções de dimensionamento testadas no cenário 2 (Anexo C)

5.6. Discussão de Resultados

Através da realização deste projecto pretendeu-se determinar quais os melhores lotes de fabrico a implementar num processo produtivo de uma estrutura de um bezel com o objectivo de minimizar os *stocks* de produto acabado e WIP. Foram criados dois cenários, um em que é utilizada uma máquina de injeção para injetar os dois tipos de botões, numéricos e retentores, e outro em que são utilizadas duas máquinas de injeção, uma para cada tipo de botão. Obtiveram-se 6 soluções para cada cenário, verificando-se que as soluções do cenário 2 permitem obter um menor *stock* máximo do componente base da estrutura dos bezels.

Deste modo, conclui-se que, face aos objectivos iniciais do estudo em que apenas se pretendia minimizar os *stocks*, qualquer uma das opções representadas na **Tabela 5.6** são boas soluções. Porém, caso se tenha em conta a redução do tempo de *setup* será preferível optar pela opção 1 da **Tabela 5.6** que consiste na injeção e pintura de lotes de 2160 conjuntos de botões numéricos, na injeção de lotes de 4000 conjuntos de botões retentores e na injeção de lotes de 600 bases de bezels.

Por análise dos gráficos da **Figura 5.6** e da **Figura 5.7** verifica-se uma diminuição do tempo de *setup* com o aumento do *stock* máximo de WIP, ainda que não seja de forma acentuada. Realizando-se um balanço entre o *stock* máximo obtido e o tempo de *setup*, poderá compensar a utilização de um conjunto de lotes diferente, tendo em conta que o tempo de *setup* também acarreta custos elevados.

Este trabalho poderia ser completado com um estudo sobre os custos associados aos tempos de *setup* de cada uma das máquinas que constituem o processo produtivo e sobre os custos associados ao *stock* de cada componente por unidade de tempo de armazenamento, de forma a comparar as opções de dimensionamento e programação dos lotes testadas, com o objectivo de definir qual a opção que minimiza os custos.

6. CONCLUSÕES

Esta dissertação resulta do trabalho desenvolvido durante um estágio curricular na empresa Iber Oleff que teve como finalidade explorar as potencialidades da simulação como ferramenta de estudo de processos produtivos com o objectivo de melhorar processos existentes na empresa e procurar as melhores soluções de produção em processos que ainda não existem. Para tal, foram simulados dois processos produtivos: um numa linha de montagem de ventiladores em que se pretendia procurar eventuais melhorias, focando-se na eliminação de tarefas que não acrescentam valor ao produto e outro no processo de fabrico de uma estrutura de um bezel que ainda se encontra em fase de estudo, de modo a determinar quais são os lotes de fabrico dos componentes que constituem o produto que minimizam o WIP e o stock de produtos acabados.

No primeiro projecto, estudou-se a possibilidade da redefinição da distribuição das tarefas que não acrescentam valor ao produto e a viabilidade da implementação de um sistema de abastecimento das linhas diferente do actual, o sistema de abastecimento por *kits*, uma vez que se verificou que ocorriam movimentações de materiais e transportes de caixas na linha que consistem em actividades sem valor acrescentado. Através da simulação concluiu-se que as alternativas que foram estudadas para a linha de montagem poderiam possibilitar o aumento da sua produtividade, aumentando a utilização dos operadores nas tarefas que acrescentam valor ao produto. Contudo, a única actividade sem valor acrescentado que ocorria no posto de inspecção e controlo era o registo e transporte de caixas completas e, como o operador deste posto é o operador que assegura a qualidade do produto, a empresa considerou que esta actividade não podia ser transferida para outro operador, fazendo com que qualquer melhoria que ocorra nos outros postos de trabalho esteja restringida por este posto de controlo e inspecção. Deste modo, como este posto tem capacidade para produzir no máximo 108 ventiladores por hora e na situação actual a linha produz 107 ventiladores por hora, o máximo de aumento de produção que se poderá obter é de 1 ventilador por hora, o que não justifica os inconvenientes resultantes da distribuição das operações que não acrescentam valor nos outros postos e da implementação do sistema de abastecimento por *kits*. Ainda assim, a empresa considerou a diminuição das actividades

de movimentação de materiais por parte dos operadores na linha de montagem de encher as caixas pequenas que estão em cima da bancada com os componentes que estão nas caixas grandes nas *racks* através da utilização de caixas de menores dimensões no abastecimento de alguns componentes.

No segundo projecto utilizou-se a simulação para determinar qual a programação e as dimensões dos lotes que minimizam os *stocks*, testando-se um conjunto de opções para os lotes de produção dos vários componentes. Nesta simulação foram considerados dois cenários, um em que apenas existe uma máquina de injeção para fabricar os dois tipos de botões que constituem o produto em estudo e outro em que existem duas máquinas de injeção, uma para cada tipo de botão. No final obteve-se mais do que uma solução que minimiza os *stocks* para ambos os cenários. Contudo as soluções do cenário 2 permitem obter menores *stocks* do que as soluções do cenário 1. Tendo em conta a importância dos custos relacionados com o tempo de *setup*, seleccionou-se a solução do cenário 2 que minimiza o tempo de *setup* como a melhor solução.

Após a simulação do processo produtivo da estrutura do bezel obtiveram-se 324 resultados para cada cenário. Estes resultados foram ordenados por menor *stock* máximo e, nos casos em que o *stock* máximo é igual, por menor *setup* e encontram-se representados nos anexos. Através da análise destes resultados verifica-se que com o aumento das dimensões dos lotes de fabrico existe um aumento do *stock* máximo e uma diminuição do tempo de *setup*. Comparando-se os tempos de *setup* das várias máquinas com os *stocks* máximos dos componentes que constituem a estrutura do bezel poderá ser benéfico utilizar outro conjunto de lotes. No entanto, para confirmar isso será necessário realizar um estudo que tenha em conta os custos associados ao tempo de *setup* e os custos associados ao *stock* máximo.

Em termos de trabalhos futuros para completar este estudo propõem-se:

- ❖ A redução das dimensões das caixas dos componentes da linha de montagem do ventilador estudado, com o objectivo de minimizar a movimentação de materiais nos postos de trabalho procurando-se uma solução integrada que não prejudique a gestão dos *stocks* nem o sistema de abastecimento das linhas e que respeite os métodos de embalagem;

- ❖ A realização de um balanço entre os custos relacionados com o tempo de *setup* de cada máquina que constitui o processo produtivo da estrutura do bezel (custo da mão de obra aplicada na mudança de moldes e na preparação de novos lotes de pintura, custos dos materiais envolvidos na preparação, custos indirectos, etc) e os custos associados ao *stock* máximo de cada um dos componentes que constituem a estrutura do bezel por unidade de tempo de armazenamento com o objectivo de identificar quais as dimensões dos lotes que minimizam os custos totais.

REFERÊNCIAS

- Anwar, M. F., & Nagi, R. (1997). Integrated lot-sizing and scheduling for just-in-time production of complex assemblies with finite set-ups. *International Journal of Production Research*, 35(5), 1447–1470.
- Banks, J., Carson, J., Nelson, B. L., & Nicol, D. (2004). *Discrete-Event System Simulation*. PrenticeHall International Series in Industrial and Systems Engineering, 624.
- Castro, J. G., & Pizzolato, N. D. (2005). A Programação de Lotes Econômicos de Produção (ELSP) com tempos e custos de setup dependentes da seqüência: um estudo de caso. *Revista Gestão Industrial*, 1(3).
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefous, C. (2007). *Gestão da Produção*. (Lidel-edições técnicas lda, Ed.) (5a Edição).
- Graybeal, W., & Pooch, U. W. (1980). *Simulation Principles and Methods*. Winthrop Publishers, Inc.
- Jin, B., Luh, P. B., & Thakur, L. S. (1999). An effective optimization-based algorithm for job shop scheduling with fixed-size transfer lots. *Journal of Manufacturing Systems*, 18(4), 284–300.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (2000). *Simulation Modeling and Analysis*. (M. G. H. I. Series, Ed.) (3a Edição). Mc Graw Hill International Series.
- Metro Kitting Carts. (2016). Retrieved May 20, 2016, from <https://materialflow.com/p/kitting-carts>
- Modular Bin Shelving - McMurray Stern. (2016). Retrieved May 20, 2016, from <http://www.mcmurraystern.com/products/modular-bin-shelving/>
- Rocha, R. E. P. S. (2012). *Análise e Dimensionamento de Sistemas para Abastecimento a Linhas de Montagem*. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.
- Rogers, L. K. (2011). Picking: Driving efficiencies and quality for automotive supplier - *Modern Materials Handling*. *Modern Materials Handling*, October, 2, 40–41.
- Salaverry, P. B. (2014). *Proposta de metodologia de implantação de plano para cada peça e introdução do sistema de abastecimento por kits*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Outras referências:

Slides da cadeira de Gestão de Operações, Professor Doutor Cristóvão Silva.

ANEXO A - RESULTADOS DO PROJECTO I

			Estado actual	Cenário 1	Cenário 2
Taxa de utilização (%)	Posto 1	Montagem	[91.74; 92.12]	[95.13; 95.55]	[96.10; 96.48]
		Transportes	[1.53; 1.61]		
		Abastecimentos	[2.48; 2.53]		
		Validação da máquina 1	[0.42; 0.44]	[0.42; 0.44]	[0.42; 0.44]
	Posto 2	Montagem	[81.39; 81.72]	[84.41; 84.76]	[85.25; 85.58]
		Transportes	[2.56; 2.61]		
		Abastecimentos	[2.53; 2.61]	[2.53; 2.61]	
		Mudança de cor	[0.11; 0.12]	[0.11; 0.12]	
		Registo e transporte de caixas completas		[8.23; 8.29]	[8.31; 8.37]
	Posto 3	Inspecção	[81.91; 82.21]	[85.48; 85.82]	[85.76; 86.10]
		Colocação de cartão	[2.84; 2.86]	[3.01; 3.03]	[2.98; 3.00]
		Validação da máq 3	[1.06; 1.13]	[1.06; 1.13]	[1.06; 1.13]
		Mudança de ref	[1.75; 1.90]	[1.19; 1.28]	[1.18; 1.28]
		Registo e transporte de caixas	[7.93; 7.99]		
		Abastecimentos postol		[3.10; 3.15]	
		Manutenção e limpeza	[0.59; 0.68]	[0.59; 0.68]	[0.59; 0.68]
		Rotação de postos	[0.41; 0.43]	[0.41; 0.43]	[0.41; 0.43]
		Paragens	[1.47; 1.81]	[1.47; 1.81]	[1.47; 1.81]
		Recurso 1	[99.03; 99.20]	[98.36; 98.57]	[99.35; 99.48]
	Recurso 2	[89.42; 89.63]	[98.13; 98.32]	[96.37; 96.52]	
	Recurso 3	[99.07; 99.34]	[98.06; 98.28]	[95.11; 95.42]	
Taxa de produção	Total (nº de caixas)		[694.37; 697.03]	[719.97; 722.93]	[727.22; 729.98]
	Diária (nº de ventiladores)		[833.24; 836.44]	[863.96; 867.52]	[872.66; 875.98]

 Tarefas que não existem neste cenário ou que são realizadas em outro posto

ANEXO B – RESULTADOS DO PROJECTO II CENÁRIO

1

Opção	Programação e Dimensão dos Lotes								Resultados								
	Botões Numéricos				Botões Retentores		Bases		Stock Máximo (caixas)				Setup (horas)				
	Injeção		Pintura		Injeção		Injeção		Botões Numéricos		Botões Retentores	Bases	Total	Máq Inj.	Máq Inj. Bases	Máq Pintura	Total
	Nº lote s/a no	Dimensão (conj)	Nº lotes/ano	Dimensão (conj)	Nº lote s/a no	Dimensão (conj)	Nº lotes/ano	Dimensão (bases)	Armazém	Racks	Armazém	Armazém					
1	39	2160	39	2160	19	4000	125	600	20	21	6	29	76	44.5	95.8	13	153.3
2	39	2160	153	540	38	2000	125	600	20	20	6	30	76	59	95.8	52	206.8
3	39	2160	77	1080	19	4000	125	600	20	22	6	29	77	44.5	95.8	26	166.3
4	39	2160	39	2160	38	2000	125	600	20	21	6	30	77	59	95.8	13	167.8
5	39	2160	77	1080	38	2000	125	600	20	21	6	30	77	59	95.8	26	180.8
6	39	2160	153	540	19	4000	125	600	20	22	6	29	77	44.5	95.8	52	192.3
7	39	2160	39	2160	13	6000	125	600	20	21	12	29	82	39.9	95.8	13	148.7
8	39	2160	77	1080	13	6000	125	600	20	22	12	29	83	39.9	95.8	26	161.7
9	39	2160	153	540	13	6000	125	600	20	22	12	29	83	39.9	95.8	52	187.7
10	39	2160	77	1080	19	4000	63	1200	20	19	6	44	89	44.5	48.3	26	118.8
11	39	2160	153	540	19	4000	63	1200	20	19	6	44	89	44.5	48.3	52	144.8
12	39	2160	39	2160	19	4000	63	1200	20	20	6	47	93	44.5	48.3	13	105.8
13	39	2160	153	540	13	6000	63	1200	20	19	12	43	94	39.9	48.3	52	140.2
14	39	2160	39	2160	38	2000	63	1200	20	19	6	50	95	59	48.3	13	120.3
15	39	2160	77	1080	38	2000	63	1200	20	19	6	50	95	59	48.3	26	133.3
16	39	2160	153	540	38	2000	63	1200	20	19	6	50	95	59	48.3	52	159.3
17	39	2160	39	2160	13	6000	63	1200	20	19	12	46	97	39.9	48.3	13	101.2
18	39	2160	77	1080	13	6000	63	1200	20	19	12	46	97	39.9	48.3	26	114.2
19	39	2160	77	1080	38	2000	42	1800	20	19	6	63	108	59	32.2	26	117.2
20	39	2160	39	2160	19	4000	42	1800	20	19	6	64	109	44.5	32.2	13	89.7
21	39	2160	153	540	38	2000	42	1800	20	19	6	64	109	59	32.2	52	143.2
22	39	2160	77	1080	19	4000	42	1800	20	19	6	65	110	44.5	32.2	26	102.7
23	39	2160	39	2160	38	2000	42	1800	20	19	6	65	110	59	32.2	13	104.2
24	39	2160	153	540	19	4000	42	1800	20	20	6	64	110	44.5	32.2	52	128.7
25	20	4320	39	2160	19	4000	63	1200	20	46	6	40	112	29.9	48.3	13.3	91.5
26	20	4320	77	1080	19	4000	63	1200	20	46	6	40	112	29.9	48.3	26.7	104.9
27	39	2160	51	1620	19	4000	125	600	30	26	6	52	114	44.5	95.8	17.3	157.6
28	39	2160	51	1620	38	2000	125	600	30	26	6	52	114	59	95.8	17.3	172.1
29	39	2160	39	2160	13	6000	42	1800	20	19	12	64	115	39.9	32.2	13	85.1
30	39	2160	77	1080	13	6000	42	1800	20	19	12	64	115	39.9	32.2	26	98.1
31	20	4320	39	2160	19	4000	125	600	20	53	6	36	115	29.9	95.8	13.3	139
32	20	4320	39	2160	38	2000	125	600	20	53	6	36	115	30.7	95.8	13.3	139.8
33	20	4320	77	1080	19	4000	125	600	20	53	6	36	115	29.9	95.8	26.7	152.4
34	20	4320	77	1080	38	2000	125	600	20	53	6	36	115	30.7	95.8	26.7	153.2
35	20	4320	77	1080	38	2000	63	1200	20	46	6	44	116	30.7	48.3	26.7	105.7
36	20	4320	39	2160	38	2000	63	1200	20	47	6	44	117	30.7	48.3	13.3	92.3
37	39	2160	153	540	13	6000	42	1800	20	20	12	65	117	39.9	32.2	52	124.1
38	20	4320	39	2160	13	6000	63	1200	20	46	12	40	118	25.3	48.3	13.3	86.9
39	20	4320	77	1080	13	6000	63	1200	20	46	12	40	118	25.3	48.3	26.7	100.3
40	39	2160	51	1620	13	6000	125	600	30	26	12	51	119	39.9	95.8	17.3	153
41	20	4320	39	2160	13	6000	125	600	20	52	12	36	120	25.3	95.8	13.3	134.4
42	20	4320	77	1080	13	6000	125	600	20	52	12	36	120	25.3	95.8	26.7	147.8
43	13	6480	51	1620	19	4000	125	600	30	52	6	37	125	19.9	95.8	17.3	133
44	13	6480	51	1620	38	2000	125	600	30	53	6	37	126	19.9	95.8	17.3	133
45	20	4320	20	4320	19	4000	63	1200	40	41	6	42	129	29.9	48.3	6.7	84.9
46	20	4320	39	2160	19	4000	42	1800	20	46	6	60	132	29.9	32.2	13.3	75.4

Análise de Processos Produtivos com Recurso à Simulação por Eventos Discretos

47	20	4320	77	1080	19	4000	42	1800	20	46	6	60	132	29.9	32.2	26.7	88.8
48	20	4320	77	1080	38	2000	42	1800	20	46	6	60	132	30.7	32.2	26.7	89.6
49	13	6480	51	1620	13	6000	125	600	30	53	12	37	132	19.9	95.8	17.3	133
50	20	4320	39	2160	38	2000	42	1800	20	47	6	60	133	30.7	32.2	13.3	76.2
51	20	4320	20	4320	38	2000	63	1200	40	43	6	44	133	30.7	48.3	6.7	85.7
52	20	4320	20	4320	19	4000	125	600	40	51	6	36	133	29.9	95.8	6.7	132.4
53	20	4320	20	4320	38	2000	125	600	40	52	6	36	134	30.7	95.8	6.7	133.2
54	13	6480	26	3240	19	4000	125	600	40	52	6	37	135	19.9	95.8	8.7	124.4
55	20	4320	20	4320	13	6000	63	1200	40	42	12	42	136	25.3	48.3	6.7	80.3
56	13	6480	26	3240	38	2000	125	600	40	53	6	37	136	19.9	95.8	8.7	124.4
57	20	4320	39	2160	13	6000	42	1800	20	46	12	60	138	25.3	32.2	13.3	70.8
58	20	4320	77	1080	13	6000	42	1800	20	46	12	60	138	25.3	32.2	26.7	84.2
59	39	2160	51	1620	19	4000	63	1200	30	26	6	77	139	44.5	48.3	17.3	110.1
60	39	2160	51	1620	38	2000	63	1200	30	26	6	78	140	59	48.3	17.3	124.6
61	20	4320	20	4320	13	6000	125	600	40	52	12	36	140	25.3	95.8	6.7	127.8
62	39	2160	39	2160	19	4000	25	3000	20	20	6	96	142	44.5	19.2	13	76.7
63	39	2160	77	1080	19	4000	25	3000	20	20	6	96	142	44.5	19.2	26	89.7
64	39	2160	39	2160	38	2000	25	3000	20	20	6	96	142	59	19.2	13	91.2
65	39	2160	77	1080	38	2000	25	3000	20	20	6	96	142	59	19.2	26	104.2
66	39	2160	153	540	19	4000	25	3000	20	20	6	96	142	44.5	19.2	52	115.7
67	13	6480	26	3240	13	6000	125	600	40	53	12	37	142	19.9	95.8	8.7	124.4
68	39	2160	153	540	38	2000	25	3000	20	20	6	96	142	59	19.2	52	130.2
69	13	6480	51	1620	38	2000	63	1200	30	53	6	56	145	19.9	48.3	17.3	85.5
70	13	6480	51	1620	19	4000	63	1200	30	53	6	56	145	19.9	48.3	17.3	85.5
71	39	2160	39	2160	38	2000	32	2400	20	19	6	100	145	59	24.5	13	96.5
72	39	2160	77	1080	38	2000	32	2400	20	19	6	100	145	59	24.5	26	109.5
73	20	4320	39	2160	13	6000	32	2400	20	38	12	76	146	25.3	24.5	13.3	63.1
74	20	4320	77	1080	13	6000	32	2400	20	38	12	76	146	25.3	24.5	26.7	76.5
75	39	2160	51	1620	13	6000	63	1200	30	26	12	78	146	39.9	48.3	17.3	105.5
76	39	2160	153	540	19	4000	32	2400	20	19	6	101	146	44.5	24.5	52	121
77	39	2160	153	540	38	2000	32	2400	20	19	6	101	146	59	24.5	52	135.5
78	39	2160	77	1080	19	4000	32	2400	20	19	6	102	147	44.5	24.5	26	95
79	20	4320	20	4320	19	4000	42	1800	40	42	6	60	148	29.9	32.2	6.7	68.8
80	39	2160	39	2160	13	6000	25	3000	20	20	12	96	148	39.9	19.2	13	72.1
81	39	2160	77	1080	13	6000	25	3000	20	20	12	96	148	39.9	19.2	26	85.1
82	39	2160	153	540	13	6000	25	3000	20	20	12	96	148	39.9	19.2	52	111.1
83	20	4320	20	4320	38	2000	42	1800	40	43	6	60	149	30.7	32.2	6.7	69.6
84	39	2160	39	2160	19	4000	32	2400	20	20	6	103	149	44.5	24.5	13	82
85	13	6480	51	1620	38	2000	42	1800	30	52	6	62	150	19.9	32.2	17.3	69.4
86	39	2160	39	2160	13	6000	32	2400	20	19	12	99	150	39.9	24.5	13	77.4
87	13	6480	51	1620	13	6000	63	1200	30	52	12	56	150	19.9	48.3	17.3	85.5
88	39	2160	77	1080	13	6000	32	2400	20	19	12	99	150	39.9	24.5	26	90.4
89	13	6480	51	1620	19	4000	42	1800	30	53	6	63	152	19.9	32.2	17.3	69.4
90	39	2160	153	540	13	6000	32	2400	20	19	12	102	153	39.9	24.5	52	116.4
91	13	6480	26	3240	19	4000	63	1200	40	52	6	56	154	19.9	48.3	8.7	76.9
92	20	4320	20	4320	13	6000	42	1800	40	43	12	60	155	25.3	32.2	6.7	64.2
93	13	6480	26	3240	38	2000	63	1200	40	53	6	56	155	19.9	48.3	8.7	76.9
94	13	6480	13	6480	19	4000	125	600	60	49	6	40	155	19.9	95.8	4.3	120
95	13	6480	13	6480	38	2000	125	600	60	49	6	41	156	19.9	95.8	4.3	120
96	20	4320	39	2160	19	4000	32	2400	20	38	6	93	157	29.9	24.5	13.3	67.7
97	13	6480	51	1620	13	6000	42	1800	30	52	12	63	157	19.9	32.2	17.3	69.4
98	20	4320	77	1080	19	4000	32	2400	20	38	6	93	157	29.9	24.5	26.7	81.1
99	39	2160	51	1620	19	4000	42	1800	30	26	6	97	159	44.5	32.2	17.3	94
100	39	2160	51	1620	38	2000	42	1800	30	26	6	97	159	59	32.2	17.3	108.5
101	13	6480	26	3240	38	2000	42	1800	40	52	6	63	161	19.9	32.2	8.7	60.8
102	13	6480	26	3240	13	6000	63	1200	40	53	12	56	161	19.9	48.3	8.7	76.9
103	39	2160	39	2160	38	2000	21	3600	20	19	6	116	161	59	16.1	13	88.1
104	39	2160	77	1080	38	2000	21	3600	20	19	6	116	161	59	16.1	26	101.1
105	39	2160	153	540	38	2000	21	3600	20	19	6	116	161	59	16.1	52	127.1
106	13	6480	26	3240	19	4000	42	1800	40	52	6	64	162	19.9	32.2	8.7	60.8
107	20	4320	77	1080	38	2000	32	2400	20	43	6	93	162	30.7	24.5	26.7	81.9
108	13	6480	13	6480	13	6000	125	600	60	49	12	41	162	19.9	95.8	4.3	120
109	20	4320	39	2160	38	2000	32	2400	20	44	6	93	163	30.7	24.5	13.3	68.5
110	39	2160	51	1620	13	6000	42	1800	30	26	12	95	163	39.9	32.2	17.3	89.4
111	20	4320	20	4320	13	6000	32	2400	40	34	12	80	166	25.3	24.5	6.7	56.5

112	39	2160	77	1080	19	4000	21	3600	20	19	6	121	166	44.5	16.1	26	86.6
113	39	2160	39	2160	19	4000	21	3600	20	19	6	122	167	44.5	16.1	13	73.6
114	39	2160	77	1080	13	6000	21	3600	20	19	12	116	167	39.9	16.1	26	82
115	39	2160	153	540	13	6000	21	3600	20	19	12	116	167	39.9	16.1	52	108
116	13	6480	26	3240	13	6000	42	1800	40	53	12	63	168	19.9	32.2	8.7	60.8
117	39	2160	39	2160	13	6000	21	3600	20	20	12	116	168	39.9	16.1	13	69
118	39	2160	153	540	19	4000	21	3600	20	19	6	123	168	44.5	16.1	52	112.6
119	13	6480	13	6480	38	2000	63	1200	60	48	6	58	172	19.9	48.3	4.3	72.5
120	20	4320	20	4320	19	4000	32	2400	40	34	6	93	173	29.9	24.5	6.7	61.1
121	20	4320	39	2160	19	4000	25	3000	20	52	6	96	174	29.9	19.2	13.3	62.4
122	20	4320	39	2160	38	2000	25	3000	20	52	6	96	174	30.7	19.2	13.3	63.2
123	39	2160	39	2160	19	4000	18	4200	20	19	6	129	174	44.5	13.8	13	71.3
124	20	4320	77	1080	38	2000	25	3000	20	52	6	96	174	30.7	19.2	26.7	76.6
125	39	2160	77	1080	19	4000	18	4200	20	19	6	129	174	44.5	13.8	26	84.3
126	39	2160	39	2160	38	2000	18	4200	20	19	6	129	174	59	13.8	13	85.8
127	39	2160	77	1080	38	2000	18	4200	20	19	6	129	174	59	13.8	26	98.8
128	39	2160	153	540	38	2000	18	4200	20	19	6	129	174	59	13.8	52	124.8
129	13	6480	13	6480	19	4000	63	1200	60	48	6	61	175	19.9	48.3	4.3	72.5
130	20	4320	77	1080	19	4000	25	3000	20	53	6	96	175	29.9	19.2	26.7	75.8
131	39	2160	153	540	19	4000	18	4200	20	20	6	129	175	44.5	13.8	52	110.3
132	13	6480	13	6480	13	6000	63	1200	60	48	12	57	177	19.9	48.3	4.3	72.5
133	20	4320	20	4320	38	2000	32	2400	40	40	6	93	179	30.7	24.5	6.7	61.9
134	39	2160	153	540	13	6000	18	4200	20	19	12	129	180	39.9	13.8	52	105.7
135	20	4320	39	2160	13	6000	25	3000	20	53	12	96	181	25.3	19.2	13.3	57.8
136	39	2160	39	2160	13	6000	18	4200	20	19	12	130	181	39.9	13.8	13	66.7
137	20	4320	77	1080	13	6000	25	3000	20	53	12	96	181	25.3	19.2	26.7	71.2
138	39	2160	51	1620	19	4000	25	3000	30	27	6	118	181	44.5	19.2	17.3	81
139	20	4320	26	3240	19	4000	63	1200	40	47	6	88	181	29.9	48.3	8.7	86.9
140	20	4320	26	3240	38	2000	63	1200	40	47	6	88	181	30.7	48.3	8.7	87.7
141	39	2160	51	1620	38	2000	25	3000	30	26	6	119	181	59	19.2	17.3	95.5
142	20	4320	26	3240	38	2000	125	600	40	51	6	84	181	30.7	95.8	8.7	135.2
143	39	2160	77	1080	13	6000	18	4200	20	20	12	130	182	39.9	13.8	26	79.7
144	20	4320	26	3240	19	4000	125	600	40	52	6	84	182	29.9	95.8	8.7	134.4
145	13	6480	51	1620	38	2000	25	3000	30	52	6	96	184	19.9	19.2	17.3	56.4
146	13	6480	51	1620	13	6000	25	3000	30	52	6	96	184	19.9	19.2	17.3	56.4
147	13	6480	51	1620	19	4000	25	3000	30	53	6	96	185	19.9	19.2	17.3	56.4
148	20	4320	26	3240	13	6000	63	1200	40	47	12	88	187	25.3	48.3	8.7	82.3
149	13	6480	51	1620	13	6000	32	2400	30	53	6	99	188	19.9	24.5	17.3	61.7
150	20	4320	77	1080	38	2000	21	3600	20	46	6	116	188	30.7	16.1	26.7	73.5
151	39	2160	51	1620	13	6000	25	3000	30	26	12	120	188	39.9	19.2	17.3	76.4
152	20	4320	39	2160	19	4000	21	3600	20	47	6	116	189	29.9	16.1	13.3	59.3
153	20	4320	39	2160	38	2000	21	3600	20	47	6	116	189	30.7	16.1	13.3	60.1
154	13	6480	51	1620	19	4000	32	2400	30	52	6	101	189	19.9	24.5	17.3	61.7
155	20	4320	77	1080	19	4000	21	3600	20	47	6	116	189	29.9	16.1	26.7	72.7
156	20	4320	26	3240	13	6000	125	600	40	47	18	84	189	25.3	95.8	8.7	129.8
157	13	6480	51	1620	38	2000	32	2400	30	52	6	103	191	19.9	24.5	17.3	61.7
158	39	2160	51	1620	38	2000	32	2400	30	26	6	129	191	59	24.5	17.3	100.8
159	13	6480	13	6480	38	2000	42	1800	60	48	6	78	192	19.9	32.2	4.3	56.4
160	13	6480	13	6480	19	4000	42	1800	60	48	6	78	192	19.9	32.2	4.3	56.4
161	20	4320	20	4320	19	4000	25	3000	40	51	6	96	193	29.9	19.2	6.7	55.8
162	20	4320	20	4320	38	2000	25	3000	40	52	6	96	194	30.7	19.2	6.7	56.6
163	20	4320	77	1080	13	6000	21	3600	20	46	12	116	194	25.3	16.1	26.7	68.1
164	39	2160	51	1620	19	4000	32	2400	30	26	6	132	194	44.5	24.5	17.3	86.3
165	20	4320	39	2160	13	6000	21	3600	20	47	12	116	195	25.3	16.1	13.3	54.7
166	39	2160	51	1620	13	6000	32	2400	30	26	12	127	195	39.9	24.5	17.3	81.7
167	13	6480	26	3240	38	2000	25	3000	40	53	6	97	196	19.9	19.2	8.7	47.8
168	13	6480	26	3240	19	4000	32	2400	40	53	6	97	196	19.9	24.5	8.7	53.1
169	13	6480	26	3240	19	4000	25	3000	40	52	6	99	197	19.9	19.2	8.7	47.8
170	13	6480	26	3240	38	2000	32	2400	40	52	6	99	197	19.9	24.5	8.7	53.1
171	20	4320	26	3240	19	4000	42	1800	40	47	6	104	197	29.9	32.2	8.7	70.8
172	20	4320	26	3240	38	2000	42	1800	40	47	6	105	198	30.7	32.2	8.7	71.6
173	13	6480	13	6480	13	6000	42	1800	60	48	12	79	199	19.9	32.2	4.3	56.4
174	20	4320	20	4320	13	6000	25	3000	40	53	12	96	201	25.3	19.2	6.7	51.2
175	20	4320	26	3240	13	6000	42	1800	40	47	12	102	201	25.3	32.2	8.7	66.2
176	13	6480	26	3240	13	6000	25	3000	40	53	12	98	203	19.9	19.2	8.7	47.8

Análise de Processos Produtivos com Recurso à Simulação por Eventos Discretos

177	20	4320	39	2160	19	4000	18	4200	20	41	6	136	203	29.9	13.8	13.3	57
178	13	6480	26	3240	13	6000	32	2400	40	52	12	100	204	19.9	24.5	8.7	53.1
179	13	6480	51	1620	38	2000	21	3600	30	52	6	116	204	19.9	16.1	17.3	53.3
180	20	4320	77	1080	19	4000	18	4200	20	42	6	136	204	29.9	13.8	26.7	70.4
181	39	2160	51	1620	38	2000	21	3600	30	26	6	142	204	59	16.1	17.3	92.4
182	20	4320	20	4320	19	4000	21	3600	40	43	6	116	205	29.9	16.1	6.7	52.7
183	13	6480	51	1620	19	4000	21	3600	30	53	6	116	205	19.9	16.1	17.3	53.3
184	20	4320	20	4320	38	2000	21	3600	40	43	6	116	205	30.7	16.1	6.7	53.5
185	20	4320	39	2160	38	2000	18	4200	20	43	6	136	205	30.7	13.8	13.3	57.8
186	20	4320	77	1080	38	2000	18	4200	20	43	6	136	205	30.7	13.8	26.7	71.2
187	39	2160	51	1620	19	4000	21	3600	30	26	6	143	205	44.5	16.1	17.3	77.9
188	20	4320	39	2160	13	6000	18	4200	20	41	12	136	209	25.3	13.8	13.3	52.4
189	20	4320	77	1080	13	6000	18	4200	20	41	12	136	209	25.3	13.8	26.7	65.8
190	39	2160	51	1620	13	6000	21	3600	30	26	12	141	209	39.9	16.1	17.3	73.3
191	13	6480	51	1620	13	6000	21	3600	30	52	12	116	210	19.9	16.1	17.3	53.3
192	20	4320	20	4320	13	6000	21	3600	40	43	12	116	211	25.3	16.1	6.7	48.1
193	39	2160	153	540	38	2000	16	4800	20	19	6	167	212	59	12.3	52	123.3
194	39	2160	39	2160	38	2000	14	5400	20	19	6	169	214	59	10.7	13	82.7
195	39	2160	77	1080	38	2000	14	5400	20	19	6	169	214	59	10.7	26	95.7
196	39	2160	77	1080	38	2000	16	4800	20	19	6	169	214	59	12.3	26	97.3
197	39	2160	153	540	19	4000	14	5400	20	19	6	169	214	44.5	10.7	52	107.2
198	39	2160	153	540	38	2000	14	5400	20	19	6	169	214	59	10.7	52	121.7
199	13	6480	26	3240	38	2000	21	3600	40	53	6	116	215	19.9	16.1	8.7	44.7
200	13	6480	26	3240	19	4000	21	3600	40	53	6	116	215	19.9	16.1	8.7	44.7
201	39	2160	39	2160	19	4000	14	5400	20	20	6	169	215	44.5	10.7	13	68.2
202	39	2160	39	2160	19	4000	16	4800	20	20	6	169	215	44.5	12.3	13	69.8
203	39	2160	77	1080	19	4000	14	5400	20	20	6	169	215	44.5	10.7	26	81.2
204	39	2160	77	1080	19	4000	16	4800	20	19	6	170	215	44.5	12.3	26	82.8
205	39	2160	39	2160	38	2000	16	4800	20	19	6	170	215	59	12.3	13	84.3
206	39	2160	153	540	19	4000	16	4800	20	20	6	169	215	44.5	12.3	52	108.8
207	13	6480	13	6480	19	4000	25	3000	60	48	6	103	217	19.9	19.2	4.3	43.4
208	13	6480	13	6480	38	2000	25	3000	60	49	6	104	219	19.9	19.2	4.3	43.4
209	13	6480	13	6480	38	2000	32	2400	60	48	6	105	219	19.9	24.5	4.3	48.7
210	39	2160	77	1080	13	6000	16	4800	20	19	12	168	219	39.9	12.3	26	78.2
211	13	6480	26	3240	13	6000	21	3600	40	52	12	116	220	19.9	16.1	8.7	44.7
212	13	6480	13	6480	19	4000	32	2400	60	48	6	106	220	19.9	24.5	4.3	48.7
213	20	4320	39	2160	19	4000	16	4800	20	38	6	156	220	29.9	12.3	13.3	55.5
214	20	4320	26	3240	19	4000	25	3000	40	47	6	127	220	29.9	19.2	8.7	57.8
215	20	4320	26	3240	38	2000	25	3000	40	47	6	127	220	30.7	19.2	8.7	58.6
216	39	2160	39	2160	13	6000	14	5400	20	19	12	169	220	39.9	10.7	13	63.6
217	39	2160	39	2160	13	6000	16	4800	20	19	12	169	220	39.9	12.3	13	65.2
218	20	4320	77	1080	19	4000	16	4800	20	38	6	156	220	29.9	12.3	26.7	68.9
219	39	2160	51	1620	19	4000	18	4200	30	26	6	158	220	44.5	13.8	17.3	75.6
220	39	2160	77	1080	13	6000	14	5400	20	19	12	169	220	39.9	10.7	26	76.6
221	20	4320	20	4320	19	4000	18	4200	40	39	6	136	221	29.9	13.8	6.7	50.4
222	39	2160	51	1620	38	2000	18	4200	30	26	6	159	221	59	13.8	17.3	90.1
223	39	2160	153	540	13	6000	14	5400	20	20	12	169	221	39.9	10.7	52	102.6
224	20	4320	39	2160	13	6000	16	4800	20	34	12	156	222	25.3	12.3	13.3	50.9
225	20	4320	20	4320	38	2000	18	4200	40	40	6	136	222	30.7	13.8	6.7	51.2
226	20	4320	77	1080	13	6000	16	4800	20	34	12	156	222	25.3	12.3	26.7	64.3
227	39	2160	153	540	13	6000	16	4800	20	19	12	171	222	39.9	12.3	52	104.2
228	13	6480	13	6480	13	6000	32	2400	60	48	12	104	224	19.9	24.5	4.3	48.7
229	13	6480	51	1620	38	2000	18	4200	30	52	6	136	224	19.9	13.8	17.3	51
230	13	6480	51	1620	19	4000	18	4200	30	52	6	136	224	19.9	13.8	17.3	51
231	20	4320	26	3240	13	6000	25	3000	40	47	12	125	224	25.3	19.2	8.7	53.2
232	13	6480	13	6480	13	6000	25	3000	60	49	12	105	226	19.9	19.2	4.3	43.4
233	39	2160	51	1620	13	6000	18	4200	30	26	12	159	227	39.9	13.8	17.3	71
234	20	4320	20	4320	13	6000	18	4200	40	40	12	136	228	25.3	13.8	6.7	45.8
235	20	4320	26	3240	38	2000	32	2400	40	47	6	135	228	30.7	24.5	8.7	63.9
236	20	4320	26	3240	19	4000	32	2400	40	47	6	136	229	29.9	24.5	8.7	63.1
237	13	6480	51	1620	13	6000	18	4200	30	52	12	136	230	19.9	13.8	17.3	51
238	13	6480	26	3240	38	2000	18	4200	40	52	6	136	234	19.9	13.8	8.7	42.4
239	13	6480	26	3240	19	4000	18	4200	40	52	6	136	234	19.9	13.8	8.7	42.4
240	13	6480	13	6480	38	2000	21	3600	60	48	6	122	236	19.9	16.1	4.3	40.3
241	20	4320	20	4320	19	4000	16	4800	40	34	6	156	236	29.9	12.3	6.7	48.9

242	13	6480	13	6480	19	4000	21	3600	60	48	6	123	237	19.9	16.1	4.3	40.3
243	20	4320	39	2160	38	2000	16	4800	20	43	6	170	239	30.7	12.3	13.3	56.3
244	20	4320	77	1080	38	2000	16	4800	20	44	6	170	240	30.7	12.3	26.7	69.7
245	13	6480	26	3240	13	6000	18	4200	40	53	12	136	241	19.9	13.8	8.7	42.4
246	20	4320	20	4320	13	6000	16	4800	40	34	12	156	242	25.3	12.3	6.7	44.3
247	20	4320	26	3240	13	6000	32	2400	40	47	18	137	242	25.3	24.5	8.7	58.5
248	13	6480	17	4860	38	2000	125	600	60	69	6	108	243	19.9	95.8	5.7	121.4
249	13	6480	13	6480	13	6000	21	3600	60	48	12	124	244	19.9	16.1	4.3	40.3
250	20	4320	39	2160	19	4000	14	5400	20	46	6	176	248	29.9	10.7	13.3	53.9
251	20	4320	77	1080	19	4000	14	5400	20	46	6	176	248	29.9	10.7	26.7	67.3
252	13	6480	17	4860	19	4000	125	600	60	69	12	107	248	19.9	95.8	5.7	121.4
253	20	4320	39	2160	13	6000	14	5400	20	41	12	176	249	25.3	10.7	13.3	49.3
254	20	4320	39	2160	38	2000	14	5400	20	47	6	176	249	30.7	10.7	13.3	54.7
255	20	4320	77	1080	13	6000	14	5400	20	41	12	176	249	25.3	10.7	26.7	62.7
256	20	4320	77	1080	38	2000	14	5400	20	47	6	176	249	30.7	10.7	26.7	68.1
257	39	2160	51	1620	19	4000	14	5400	30	26	6	188	250	44.5	10.7	17.3	72.5
258	20	4320	26	3240	38	2000	18	4200	40	47	6	158	251	30.7	13.8	8.7	53.2
259	39	2160	51	1620	38	2000	14	5400	30	26	6	190	252	59	10.7	17.3	87
260	20	4320	26	3240	19	4000	18	4200	40	47	6	160	253	29.9	13.8	8.7	52.4
261	13	6480	17	4860	13	6000	125	600	60	69	18	106	253	19.9	95.8	5.7	121.4
262	13	6480	51	1620	38	2000	16	4800	30	52	6	169	257	19.9	12.3	17.3	49.5
263	20	4320	20	4320	38	2000	16	4800	40	41	6	170	257	30.7	12.3	6.7	49.7
264	20	4320	26	3240	19	4000	21	3600	40	47	6	164	257	29.9	16.1	8.7	54.7
265	13	6480	51	1620	19	4000	16	4800	30	53	6	169	258	19.9	12.3	17.3	49.5
266	20	4320	26	3240	38	2000	21	3600	40	47	6	165	258	30.7	16.1	8.7	55.5
267	39	2160	51	1620	38	2000	16	4800	30	26	6	196	258	59	12.3	17.3	88.6
268	13	6480	13	6480	19	4000	18	4200	60	48	6	145	259	19.9	13.8	4.3	38
269	39	2160	51	1620	13	6000	14	5400	30	27	12	190	259	39.9	10.7	17.3	67.9
270	13	6480	13	6480	38	2000	18	4200	60	48	6	146	260	19.9	13.8	4.3	38
271	39	2160	51	1620	19	4000	16	4800	30	27	6	197	260	44.5	12.3	17.3	74.1
272	13	6480	51	1620	13	6000	16	4800	30	52	12	169	263	19.9	12.3	17.3	49.5
273	20	4320	20	4320	19	4000	14	5400	40	42	6	176	264	29.9	10.7	6.7	47.3
274	20	4320	20	4320	38	2000	14	5400	40	42	6	176	264	30.7	10.7	6.7	48.1
275	20	4320	26	3240	13	6000	21	3600	40	47	12	165	264	25.3	16.1	8.7	50.1
276	13	6480	13	6480	13	6000	18	4200	60	48	12	145	265	19.9	13.8	4.3	38
277	13	6480	26	3240	38	2000	16	4800	40	53	6	166	265	19.9	12.3	8.7	40.9
278	13	6480	51	1620	38	2000	14	5400	30	53	6	176	265	19.9	10.7	17.3	47.9
279	13	6480	51	1620	19	4000	14	5400	30	53	6	176	265	19.9	10.7	17.3	47.9
280	39	2160	51	1620	13	6000	16	4800	30	26	12	197	265	39.9	12.3	17.3	69.5
281	20	4320	20	4320	13	6000	14	5400	40	38	12	176	266	25.3	10.7	6.7	42.7
282	20	4320	26	3240	13	6000	18	4200	40	47	18	161	266	25.3	13.8	8.7	47.8
283	13	6480	26	3240	19	4000	16	4800	40	52	6	169	267	19.9	12.3	8.7	40.9
284	20	4320	26	3240	19	4000	14	5400	40	47	6	176	269	29.9	10.7	8.7	49.3
285	20	4320	26	3240	38	2000	14	5400	40	47	6	176	269	30.7	10.7	8.7	50.1
286	13	6480	51	1620	13	6000	14	5400	30	52	12	176	270	19.9	10.7	17.3	47.9
287	13	6480	26	3240	13	6000	16	4800	40	53	12	167	272	19.9	12.3	8.7	40.9
288	13	6480	26	3240	38	2000	14	5400	40	52	6	176	274	19.9	10.7	8.7	39.3
289	13	6480	26	3240	19	4000	14	5400	40	52	6	176	274	19.9	10.7	8.7	39.3
290	20	4320	26	3240	13	6000	14	5400	40	47	12	176	275	25.3	10.7	8.7	44.7
291	13	6480	17	4860	38	2000	63	1200	60	69	6	140	275	19.9	48.3	5.7	73.9
292	13	6480	26	3240	13	6000	14	5400	40	53	12	176	281	19.9	10.7	8.7	39.3
293	13	6480	13	6480	19	4000	16	4800	60	48	6	168	282	19.9	12.3	4.3	36.5
294	13	6480	13	6480	38	2000	16	4800	60	48	6	169	283	19.9	12.3	4.3	36.5
295	13	6480	17	4860	19	4000	63	1200	60	69	12	143	284	19.9	48.3	5.7	73.9
296	13	6480	17	4860	13	6000	63	1200	60	69	18	139	286	19.9	48.3	5.7	73.9
297	13	6480	13	6480	13	6000	16	4800	60	48	12	168	288	19.9	12.3	4.3	36.5
298	20	4320	26	3240	19	4000	16	4800	40	47	6	195	288	29.9	12.3	8.7	50.9
299	20	4320	26	3240	38	2000	16	4800	40	47	6	195	288	30.7	12.3	8.7	51.7
300	13	6480	13	6480	38	2000	14	5400	60	48	6	176	290	19.9	10.7	4.3	34.9
301	13	6480	13	6480	19	4000	14	5400	60	48	6	176	290	19.9	10.7	4.3	34.9
302	20	4320	26	3240	13	6000	16	4800	40	47	12	196	295	25.3	12.3	8.7	46.3
303	13	6480	17	4860	38	2000	42	1800	60	69	6	160	295	19.9	32.2	5.7	57.8
304	13	6480	13	6480	13	6000	14	5400	60	48	12	176	296	19.9	10.7	4.3	34.9
305	13	6480	17	4860	38	2000	25	3000	60	69	6	167	302	19.9	19.2	5.7	44.8
306	13	6480	17	4860	19	4000	42	1800	60	69	12	162	303	19.9	32.2	5.7	57.8

307	13	6480	17	4860	13	6000	42	1800	60	69	18	158	305	19.9	32.2	5.7	57.8
308	13	6480	17	4860	19	4000	25	3000	60	69	12	168	309	19.9	19.2	5.7	44.8
309	13	6480	17	4860	13	6000	25	3000	60	69	18	166	313	19.9	19.2	5.7	44.8
310	13	6480	17	4860	38	2000	32	2400	60	69	6	197	332	19.9	24.5	5.7	50.1
311	13	6480	17	4860	38	2000	21	3600	60	69	6	203	338	19.9	16.1	5.7	41.7
312	13	6480	17	4860	19	4000	32	2400	60	69	12	198	339	19.9	24.5	5.7	50.1
313	13	6480	17	4860	19	4000	21	3600	60	69	12	204	345	19.9	16.1	5.7	41.7
314	13	6480	17	4860	13	6000	32	2400	60	69	18	199	346	19.9	24.5	5.7	50.1
315	13	6480	17	4860	13	6000	21	3600	60	69	18	206	353	19.9	16.1	5.7	41.7
316	13	6480	17	4860	38	2000	18	4200	60	69	6	221	356	19.9	13.8	5.7	39.4
317	13	6480	17	4860	19	4000	18	4200	60	69	12	219	360	19.9	13.8	5.7	39.4
318	13	6480	17	4860	13	6000	18	4200	60	69	18	221	368	19.9	13.8	5.7	39.4
319	13	6480	17	4860	38	2000	16	4800	60	69	6	242	377	19.9	12.3	5.7	37.9
320	13	6480	17	4860	38	2000	14	5400	60	69	6	247	382	19.9	10.7	5.7	36.3
321	13	6480	17	4860	19	4000	16	4800	60	69	12	244	385	19.9	12.3	5.7	37.9
322	13	6480	17	4860	19	4000	14	5400	60	69	12	247	388	19.9	10.7	5.7	36.3
323	13	6480	17	4860	13	6000	16	4800	60	69	18	244	391	19.9	12.3	5.7	37.9
324	13	6480	17	4860	13	6000	14	5400	60	69	18	247	394	19.9	10.7	5.7	36.3

ANEXO C – RESULTADOS DO PROJECTO II CENÁRIO 2

Opção	Programação e Dimensão dos Lotes								Resultados										
	Botões Numéricos				Botões Retentores		Bases		Stock Máximo (caixas)					Setup (horas)					
	Injeção		Pintura		Injeção		Injeção		Botões Numéricos		Botões Retentores	Bases		Total	Máq Inj. BN	Máq Inj. BR	Máq Inj. Bases	Máq. Pintura	Total
	Nº lote s/a no	Dimensão (conj)	Nº lotes/ano	Dimensão (conj)	Nº lote s/a no	Dimensão (conj)	Nº lotes/ano	Dimensão (bases)	Armazém	Racks	Arma zém	Arma zém							
1	39	2160	39	2160	19	4000	125	600	20	21	6	22	69	29.9	14.6	95.8	13	153.3	
2	39	2160	77	1080	19	4000	125	600	20	22	6	21	69	29.9	14.6	95.8	26	166.3	
3	39	2160	39	2160	38	2000	125	600	20	21	6	22	69	29.9	29.1	95.8	13	167.8	
4	39	2160	153	540	19	4000	125	600	20	22	6	21	69	29.9	14.6	95.8	52	192.3	
5	39	2160	153	540	38	2000	125	600	20	21	6	22	69	29.9	29.1	95.8	52	206.8	
6	39	2160	77	1080	38	2000	125	600	20	22	6	22	70	29.9	29.1	95.8	26	180.8	
7	39	2160	39	2160	13	6000	125	600	20	21	12	22	75	29.9	10	95.8	13	148.7	
8	39	2160	77	1080	13	6000	125	600	20	22	12	22	76	29.9	10	95.8	26	161.7	
9	39	2160	153	540	13	6000	125	600	20	22	12	22	76	29.9	10	95.8	52	187.7	
10	39	2160	77	1080	19	4000	63	1200	20	19	6	44	89	29.9	14.6	48.3	26	118.8	
11	39	2160	77	1080	38	2000	63	1200	20	19	6	44	89	29.9	29.1	48.3	26	133.3	
12	39	2160	153	540	19	4000	63	1200	20	19	6	44	89	29.9	14.6	48.3	52	144.8	
13	39	2160	39	2160	38	2000	63	1200	20	19	6	45	90	29.9	29.1	48.3	13	120.3	
14	39	2160	153	540	38	2000	63	1200	20	19	6	45	90	29.9	29.1	48.3	52	159.3	
15	39	2160	39	2160	19	4000	63	1200	20	20	6	47	93	29.9	14.6	48.3	13	105.8	
16	39	2160	153	540	13	6000	63	1200	20	19	12	43	94	29.9	10	48.3	52	140.2	
17	39	2160	39	2160	13	6000	63	1200	20	19	12	46	97	29.9	10	48.3	13	101.2	
18	39	2160	77	1080	13	6000	63	1200	20	19	12	46	97	29.9	10	48.3	26	114.2	
19	20	4320	39	2160	38	2000	125	600	20	53	6	20	99	15.3	29.1	95.8	13.3	153.5	
20	20	4320	39	2160	19	4000	125	600	20	53	6	21	100	15.3	14.6	95.8	13.3	139	
21	20	4320	77	1080	19	4000	125	600	20	53	6	21	100	15.3	14.6	95.8	26.7	152.4	
22	20	4320	77	1080	38	2000	125	600	20	53	6	21	100	15.3	29.1	95.8	26.7	166.9	
23	20	4320	39	2160	13	6000	125	600	20	52	12	21	105	15.3	10	95.8	13.3	134.4	
24	20	4320	77	1080	13	6000	125	600	20	53	12	21	106	15.3	10	95.8	26.7	147.8	
25	39	2160	77	1080	38	2000	42	1800	20	19	6	63	108	29.9	29.1	32.2	26	117.2	
26	39	2160	39	2160	19	4000	42	1800	20	19	6	64	109	29.9	14.6	32.2	13	89.7	
27	39	2160	77	1080	19	4000	42	1800	20	19	6	64	109	29.9	14.6	32.2	26	102.7	
28	39	2160	153	540	38	2000	42	1800	20	19	6	64	109	29.9	29.1	32.2	52	143.2	
29	39	2160	39	2160	38	2000	42	1800	20	19	6	65	110	29.9	29.1	32.2	13	104.2	
30	39	2160	153	540	19	4000	42	1800	20	20	6	64	110	29.9	14.6	32.2	52	128.7	
31	13	6480	51	1620	19	4000	125	600	30	52	6	22	110	10	14.6	95.8	17.3	137.7	
32	13	6480	51	1620	38	2000	125	600	30	53	6	21	110	10	29.1	95.8	17.3	152.2	
33	20	4320	77	1080	19	4000	63	1200	20	46	6	40	112	15.3	14.6	48.3	26.7	104.9	
34	20	4320	77	1080	38	2000	63	1200	20	46	6	40	112	15.3	29.1	48.3	26.7	119.4	
35	20	4320	39	2160	19	4000	63	1200	20	47	6	40	113	15.3	14.6	48.3	13.3	91.5	
36	20	4320	39	2160	38	2000	63	1200	20	47	6	40	113	15.3	29.1	48.3	13.3	106	
37	39	2160	51	1620	19	4000	125	600	30	26	6	52	114	29.9	14.6	95.8	17.3	157.6	
38	39	2160	51	1620	38	2000	125	600	30	26	6	52	114	29.9	29.1	95.8	17.3	172.1	
39	39	2160	39	2160	13	6000	42	1800	20	19	12	64	115	29.9	10	32.2	13	85.1	
40	39	2160	77	1080	13	6000	42	1800	20	19	12	64	115	29.9	10	32.2	26	98.1	
41	13	6480	51	1620	13	6000	125	600	30	53	12	20	115	10	10	95.8	17.3	133.1	

Análise de Processos Produtivos com Recurso à Simulação por Eventos Discretos

42	39	2160	153	540	13	6000	42	1800	20	20	12	65	117	29.9	10	32.2	52	124.1
43	20	4320	39	2160	13	6000	63	1200	20	46	12	40	118	15.3	10	48.3	13.3	86.9
44	20	4320	77	1080	13	6000	63	1200	20	46	12	40	118	15.3	10	48.3	26.7	100.3
45	39	2160	51	1620	13	6000	125	600	30	26	12	51	119	29.9	10	95.8	17.3	153
46	13	6480	51	1620	38	2000	63	1200	30	48	6	40	124	10	29.1	48.3	17.3	104.7
47	13	6480	51	1620	19	4000	63	1200	30	46	6	43	125	10	14.6	48.3	17.3	90.2
48	20	4320	20	4320	19	4000	63	1200	40	41	6	42	129	15.3	14.6	48.3	6.7	84.9
49	20	4320	20	4320	38	2000	63	1200	40	43	6	41	130	15.3	29.1	48.3	6.7	99.4
50	13	6480	51	1620	13	6000	63	1200	30	47	12	42	131	10	10	48.3	17.3	85.6
51	20	4320	39	2160	19	4000	42	1800	20	46	6	60	132	15.3	14.6	32.2	13.3	75.4
52	20	4320	77	1080	19	4000	42	1800	20	46	6	60	132	15.3	14.6	32.2	26.7	88.8
53	20	4320	77	1080	38	2000	42	1800	20	46	6	60	132	15.3	29.1	32.2	26.7	103.3
54	20	4320	39	2160	38	2000	42	1800	20	47	6	60	133	15.3	29.1	32.2	13.3	89.9
55	13	6480	26	3240	19	4000	125	600	40	52	6	36	134	10	14.6	95.8	8.7	129.1
56	13	6480	26	3240	38	2000	125	600	40	52	6	36	134	10	29.1	95.8	8.7	143.6
57	20	4320	20	4320	38	2000	125	600	40	52	6	36	134	15.3	29.1	95.8	6.7	146.9
58	20	4320	20	4320	19	4000	125	600	40	53	6	36	135	15.3	14.6	95.8	6.7	132.4
59	20	4320	20	4320	13	6000	63	1200	40	42	12	42	136	15.3	10	48.3	6.7	80.3
60	20	4320	39	2160	13	6000	42	1800	20	46	12	60	138	15.3	10	32.2	13.3	70.8
61	20	4320	77	1080	13	6000	42	1800	20	46	12	60	138	15.3	10	32.2	26.7	84.2
62	39	2160	51	1620	19	4000	63	1200	30	26	6	77	139	29.9	14.6	48.3	17.3	110.1
63	13	6480	26	3240	13	6000	125	600	40	52	12	36	140	10	10	95.8	8.7	124.5
64	39	2160	51	1620	38	2000	63	1200	30	26	6	78	140	29.9	29.1	48.3	17.3	124.6
65	20	4320	20	4320	13	6000	125	600	40	52	12	36	140	15.3	10	95.8	6.7	127.8
66	39	2160	39	2160	19	4000	25	3000	20	20	6	96	142	29.9	14.6	19.2	13	76.7
67	39	2160	77	1080	19	4000	25	3000	20	20	6	96	142	29.9	14.6	19.2	26	89.7
68	39	2160	39	2160	38	2000	25	3000	20	20	6	96	142	29.9	29.1	19.2	13	91.2
69	39	2160	77	1080	38	2000	25	3000	20	20	6	96	142	29.9	29.1	19.2	26	104.2
70	39	2160	153	540	19	4000	25	3000	20	20	6	96	142	29.9	14.6	19.2	52	115.7
71	39	2160	153	540	38	2000	25	3000	20	20	6	96	142	29.9	29.1	19.2	52	130.2
72	13	6480	26	3240	38	2000	63	1200	40	48	6	50	144	10	29.1	48.3	8.7	96.1
73	13	6480	51	1620	38	2000	42	1800	30	47	6	62	145	10	29.1	32.2	17.3	88.6
74	39	2160	39	2160	38	2000	32	2400	20	19	6	100	145	29.9	29.1	24.5	13	96.5
75	39	2160	77	1080	38	2000	32	2400	20	19	6	100	145	29.9	29.1	24.5	26	109.5
76	20	4320	39	2160	13	6000	32	2400	20	38	12	76	146	15.3	10	24.5	13.3	63.1
77	13	6480	51	1620	19	4000	42	1800	30	47	6	63	146	10	14.6	32.2	17.3	74.1
78	20	4320	77	1080	13	6000	32	2400	20	38	12	76	146	15.3	10	24.5	26.7	76.5
79	13	6480	26	3240	19	4000	63	1200	40	48	6	52	146	10	14.6	48.3	8.7	81.6
80	39	2160	77	1080	19	4000	32	2400	20	19	6	101	146	29.9	14.6	24.5	26	95
81	39	2160	51	1620	13	6000	63	1200	30	26	12	78	146	29.9	10	48.3	17.3	105.5
82	39	2160	153	540	19	4000	32	2400	20	19	6	101	146	29.9	14.6	24.5	52	121
83	39	2160	153	540	38	2000	32	2400	20	19	6	101	146	29.9	29.1	24.5	52	135.5
84	20	4320	20	4320	19	4000	42	1800	40	42	6	60	148	15.3	14.6	32.2	6.7	68.8
85	39	2160	39	2160	13	6000	25	3000	20	20	12	96	148	29.9	10	19.2	13	72.1
86	39	2160	39	2160	19	4000	32	2400	20	20	6	102	148	29.9	14.6	24.5	13	82
87	39	2160	77	1080	13	6000	25	3000	20	20	12	96	148	29.9	10	19.2	26	85.1
88	39	2160	153	540	13	6000	25	3000	20	20	12	96	148	29.9	10	19.2	52	111.1
89	20	4320	20	4320	38	2000	42	1800	40	43	6	60	149	15.3	29.1	32.2	6.7	83.3
90	39	2160	39	2160	13	6000	32	2400	20	19	12	99	150	29.9	10	24.5	13	77.4
91	39	2160	77	1080	13	6000	32	2400	20	19	12	99	150	29.9	10	24.5	26	90.4
92	13	6480	51	1620	13	6000	42	1800	30	47	12	63	152	10	10	32.2	17.3	69.5
93	39	2160	153	540	13	6000	32	2400	20	19	12	102	153	29.9	10	24.5	52	116.4
94	39	2160	39	2160	19	4000	21	3600	20	19	6	109	154	29.9	14.6	16.1	13	73.6
95	39	2160	39	2160	38	2000	21	3600	20	19	6	109	154	29.9	29.1	16.1	13	88.1
96	20	4320	20	4320	13	6000	42	1800	40	43	12	60	155	15.3	10	32.2	6.7	64.2
97	39	2160	77	1080	19	4000	21	3600	20	19	6	110	155	29.9	14.6	16.1	26	86.6
98	39	2160	77	1080	38	2000	21	3600	20	19	6	110	155	29.9	29.1	16.1	26	101.1
99	39	2160	153	540	19	4000	21	3600	20	19	6	110	155	29.9	14.6	16.1	52	112.6
100	13	6480	13	6480	19	4000	125	600	60	49	6	40	155	10	14.6	95.8	4.3	124.7
101	39	2160	153	540	38	2000	21	3600	20	20	6	109	155	29.9	29.1	16.1	52	127.1
102	13	6480	26	3240	13	6000	63	1200	40	48	18	50	156	10	10	48.3	8.7	77
103	13	6480	13	6480	38	2000	125	600	60	49	6	41	156	10	29.1	95.8	4.3	139.2
104	13	6480	26	3240	38	2000	42	1800	40	48	6	63	157	10	29.1	32.2	8.7	80
105	13	6480	26	3240	19	4000	42	1800	40	48	6	64	158	10	14.6	32.2	8.7	65.5
106	39	2160	51	1620	19	4000	42	1800	30	26	6	97	159	29.9	14.6	32.2	17.3	94

107	39	2160	51	1620	38	2000	42	1800	30	26	6	97	159	29.9	29.1	32.2	17.3	108.5
108	20	4320	39	2160	19	4000	32	2400	20	41	6	93	160	15.3	14.6	24.5	13.3	67.7
109	20	4320	77	1080	19	4000	32	2400	20	41	6	93	160	15.3	14.6	24.5	26.7	81.1
110	20	4320	77	1080	38	2000	32	2400	20	41	6	93	160	15.3	29.1	24.5	26.7	95.6
111	39	2160	77	1080	13	6000	21	3600	20	19	12	110	161	29.9	10	16.1	26	82
112	20	4320	39	2160	38	2000	32	2400	20	42	6	93	161	15.3	29.1	24.5	13.3	82.2
113	39	2160	153	540	13	6000	21	3600	20	19	12	110	161	29.9	10	16.1	52	108
114	39	2160	39	2160	13	6000	21	3600	20	20	12	110	162	29.9	10	16.1	13	69
115	13	6480	26	3240	13	6000	42	1800	40	48	12	63	163	10	10	32.2	8.7	60.9
116	39	2160	51	1620	13	6000	42	1800	30	26	12	95	163	29.9	10	32.2	17.3	89.4
117	20	4320	20	4320	13	6000	32	2400	40	34	12	80	166	15.3	10	24.5	6.7	56.5
118	13	6480	13	6480	13	6000	125	600	60	49	18	41	168	10	10	95.8	4.3	120.1
119	39	2160	39	2160	19	4000	18	4200	20	19	6	126	171	29.9	14.6	13.8	13	71.3
120	39	2160	77	1080	19	4000	18	4200	20	19	6	126	171	29.9	14.6	13.8	26	84.3
121	39	2160	39	2160	38	2000	18	4200	20	19	6	126	171	29.9	29.1	13.8	13	85.8
122	39	2160	77	1080	38	2000	18	4200	20	19	6	126	171	29.9	29.1	13.8	26	98.8
123	39	2160	153	540	38	2000	18	4200	20	19	6	126	171	29.9	29.1	13.8	52	124.8
124	13	6480	13	6480	19	4000	63	1200	60	48	6	58	172	10	14.6	48.3	4.3	77.2
125	13	6480	13	6480	38	2000	63	1200	60	48	6	58	172	10	29.1	48.3	4.3	91.7
126	39	2160	153	540	19	4000	18	4200	20	20	6	127	173	29.9	14.6	13.8	52	110.3
127	20	4320	39	2160	19	4000	25	3000	20	52	6	96	174	15.3	14.6	19.2	13.3	62.4
128	20	4320	39	2160	38	2000	25	3000	20	52	6	96	174	15.3	29.1	19.2	13.3	76.9
129	20	4320	77	1080	38	2000	25	3000	20	52	6	96	174	15.3	29.1	19.2	26.7	90.3
130	20	4320	20	4320	19	4000	32	2400	40	36	6	93	175	15.3	14.6	24.5	6.7	61.1
131	20	4320	77	1080	19	4000	25	3000	20	53	6	96	175	15.3	14.6	19.2	26.7	75.8
132	39	2160	153	540	13	6000	18	4200	20	19	12	126	177	29.9	10	13.8	52	105.7
133	39	2160	39	2160	13	6000	18	4200	20	19	12	127	178	29.9	10	13.8	13	66.7
134	13	6480	51	1620	19	4000	25	3000	30	47	6	96	179	10	14.6	19.2	17.3	61.1
135	13	6480	51	1620	38	2000	25	3000	30	47	6	96	179	10	29.1	19.2	17.3	75.6
136	20	4320	20	4320	38	2000	32	2400	40	40	6	93	179	15.3	29.1	24.5	6.7	75.6
137	39	2160	77	1080	13	6000	18	4200	20	20	12	128	180	29.9	10	13.8	26	79.7
138	20	4320	39	2160	13	6000	25	3000	20	53	12	96	181	15.3	10	19.2	13.3	57.8
139	13	6480	51	1620	19	4000	32	2400	30	44	6	101	181	10	14.6	24.5	17.3	66.4
140	20	4320	77	1080	13	6000	25	3000	20	53	12	96	181	15.3	10	19.2	26.7	71.2
141	39	2160	51	1620	19	4000	25	3000	30	27	6	118	181	29.9	14.6	19.2	17.3	81
142	20	4320	26	3240	19	4000	63	1200	40	47	6	88	181	15.3	14.6	48.3	8.7	86.9
143	20	4320	77	1080	38	2000	21	3600	20	46	6	109	181	15.3	29.1	16.1	26.7	87.2
144	39	2160	51	1620	38	2000	25	3000	30	26	6	119	181	29.9	29.1	19.2	17.3	95.5
145	20	4320	26	3240	38	2000	63	1200	40	47	6	88	181	15.3	29.1	48.3	8.7	101.4
146	20	4320	26	3240	38	2000	125	600	40	51	6	84	181	15.3	29.1	95.8	8.7	148.9
147	20	4320	77	1080	19	4000	21	3600	20	47	6	109	182	15.3	14.6	16.1	26.7	72.7
148	20	4320	39	2160	38	2000	21	3600	20	47	6	109	182	15.3	29.1	16.1	13.3	73.8
149	20	4320	26	3240	19	4000	125	600	40	52	6	84	182	15.3	14.6	95.8	8.7	134.4
150	20	4320	39	2160	19	4000	21	3600	20	47	6	110	183	15.3	14.6	16.1	13.3	59.3
151	13	6480	13	6480	13	6000	63	1200	60	48	18	57	183	10	10	48.3	4.3	72.6
152	13	6480	51	1620	13	6000	25	3000	30	46	12	96	184	10	10	19.2	17.3	56.5
153	13	6480	51	1620	13	6000	32	2400	30	43	12	99	184	10	10	24.5	17.3	61.8
154	13	6480	51	1620	38	2000	32	2400	30	45	6	103	184	10	29.1	24.5	17.3	80.9
155	20	4320	39	2160	19	4000	18	4200	20	42	6	117	185	15.3	14.6	13.8	13.3	57
156	20	4320	77	1080	19	4000	18	4200	20	42	6	117	185	15.3	14.6	13.8	26.7	70.4
157	20	4320	39	2160	38	2000	18	4200	20	41	6	120	187	15.3	29.1	13.8	13.3	71.5
158	20	4320	26	3240	13	6000	63	1200	40	47	12	88	187	15.3	10	48.3	8.7	82.3
159	20	4320	77	1080	13	6000	21	3600	20	46	12	110	188	15.3	10	16.1	26.7	68.1
160	39	2160	51	1620	13	6000	25	3000	30	26	12	120	188	29.9	10	19.2	17.3	76.4
161	20	4320	77	1080	38	2000	18	4200	20	42	6	120	188	15.3	29.1	13.8	26.7	84.9
162	20	4320	39	2160	13	6000	21	3600	20	47	12	110	189	15.3	10	16.1	13.3	54.7
163	20	4320	39	2160	13	6000	18	4200	20	41	12	117	190	15.3	10	13.8	13.3	52.4
164	13	6480	51	1620	19	4000	21	3600	30	46	6	108	190	10	14.6	16.1	17.3	58
165	20	4320	77	1080	13	6000	18	4200	20	41	12	117	190	15.3	10	13.8	26.7	65.8
166	13	6480	51	1620	38	2000	21	3600	30	46	6	108	190	10	29.1	16.1	17.3	72.5
167	13	6480	26	3240	19	4000	32	2400	40	48	6	97	191	10	14.6	24.5	8.7	57.8
168	13	6480	26	3240	38	2000	25	3000	40	48	6	97	191	10	29.1	19.2	8.7	67
169	39	2160	51	1620	19	4000	32	2400	30	26	6	129	191	29.9	14.6	24.5	17.3	86.3
170	39	2160	51	1620	38	2000	32	2400	30	26	6	129	191	29.9	29.1	24.5	17.3	100.8
171	13	6480	13	6480	19	4000	42	1800	60	48	6	78	192	10	14.6	32.2	4.3	61.1

Análise de Processos Produtivos com Recurso à Simulação por Eventos Discretos

172	13	6480	13	6480	38	2000	42	1800	60	48	6	78	192	10	29.1	32.2	4.3	75.6
173	13	6480	26	3240	19	4000	25	3000	40	48	6	99	193	10	14.6	19.2	8.7	52.5
174	13	6480	26	3240	38	2000	32	2400	40	48	6	99	193	10	29.1	24.5	8.7	72.3
175	20	4320	26	3240	13	6000	125	600	40	51	18	84	193	15.3	10	95.8	8.7	129.8
176	20	4320	20	4320	38	2000	25	3000	40	52	6	96	194	15.3	29.1	19.2	6.7	70.3
177	20	4320	20	4320	19	4000	25	3000	40	53	6	96	195	15.3	14.6	19.2	6.7	55.8
178	39	2160	51	1620	13	6000	32	2400	30	26	12	127	195	29.9	10	24.5	17.3	81.7
179	13	6480	51	1620	13	6000	21	3600	30	46	12	108	196	10	10	16.1	17.3	53.4
180	20	4320	26	3240	19	4000	42	1800	40	47	6	104	197	15.3	14.6	32.2	8.7	70.8
181	13	6480	26	3240	13	6000	25	3000	40	48	12	98	198	10	10	19.2	8.7	47.9
182	20	4320	26	3240	38	2000	42	1800	40	47	6	105	198	15.3	29.1	32.2	8.7	85.3
183	13	6480	26	3240	13	6000	32	2400	40	48	12	100	200	10	10	24.5	8.7	53.2
184	20	4320	20	4320	13	6000	25	3000	40	53	12	96	201	15.3	10	19.2	6.7	51.2
185	20	4320	26	3240	13	6000	42	1800	40	47	12	102	201	15.3	10	32.2	8.7	66.2
186	20	4320	39	2160	13	6000	16	4800	20	33	12	137	202	15.3	10	12.3	13.3	50.9
187	20	4320	77	1080	13	6000	16	4800	20	33	12	137	202	15.3	10	12.3	26.7	64.3
188	13	6480	51	1620	19	4000	18	4200	30	45	6	123	204	10	14.6	13.8	17.3	55.7
189	39	2160	51	1620	38	2000	21	3600	30	26	6	142	204	29.9	29.1	16.1	17.3	92.4
190	20	4320	20	4320	19	4000	21	3600	40	43	6	116	205	15.3	14.6	16.1	6.7	52.7
191	13	6480	13	6480	13	6000	42	1800	60	48	18	79	205	10	10	32.2	4.3	56.5
192	20	4320	20	4320	38	2000	21	3600	40	43	6	116	205	15.3	29.1	16.1	6.7	67.2
193	39	2160	51	1620	19	4000	21	3600	30	26	6	143	205	29.9	14.6	16.1	17.3	77.9
194	13	6480	51	1620	38	2000	18	4200	30	45	6	125	206	10	29.1	13.8	17.3	70.2
195	39	2160	51	1620	13	6000	21	3600	30	26	12	141	209	29.9	10	16.1	17.3	73.3
196	13	6480	26	3240	19	4000	21	3600	40	48	6	116	210	10	14.6	16.1	8.7	49.4
197	13	6480	51	1620	13	6000	18	4200	30	44	12	124	210	10	10	13.8	17.3	51.1
198	13	6480	26	3240	38	2000	21	3600	40	48	6	116	210	10	29.1	16.1	8.7	63.9
199	39	2160	39	2160	38	2000	14	5400	20	19	6	165	210	29.9	29.1	10.7	13	82.7
200	39	2160	153	540	19	4000	14	5400	20	19	6	165	210	29.9	14.6	10.7	52	107.2
201	39	2160	153	540	38	2000	14	5400	20	19	6	165	210	29.9	29.1	10.7	52	121.7
202	20	4320	20	4320	13	6000	21	3600	40	43	12	116	211	15.3	10	16.1	6.7	48.1
203	39	2160	39	2160	19	4000	14	5400	20	20	6	165	211	29.9	14.6	10.7	13	68.2
204	39	2160	77	1080	19	4000	14	5400	20	19	6	166	211	29.9	14.6	10.7	26	81.2
205	39	2160	77	1080	38	2000	14	5400	20	20	6	165	211	29.9	29.1	10.7	26	95.7
206	39	2160	153	540	38	2000	16	4800	20	19	6	167	212	29.9	29.1	12.3	52	123.3
207	39	2160	77	1080	38	2000	16	4800	20	19	6	169	214	29.9	29.1	12.3	26	97.3
208	39	2160	39	2160	13	6000	14	5400	20	19	12	164	215	29.9	10	10.7	13	63.6
209	39	2160	39	2160	19	4000	16	4800	20	20	6	169	215	29.9	14.6	12.3	13	69.8
210	39	2160	77	1080	19	4000	16	4800	20	19	6	170	215	29.9	14.6	12.3	26	82.8
211	39	2160	39	2160	38	2000	16	4800	20	19	6	170	215	29.9	29.1	12.3	13	84.3
212	39	2160	153	540	19	4000	16	4800	20	20	6	169	215	29.9	14.6	12.3	52	108.8
213	13	6480	26	3240	13	6000	21	3600	40	48	12	116	216	10	10	16.1	8.7	44.8
214	13	6480	13	6480	19	4000	25	3000	60	48	6	103	217	10	14.6	19.2	4.3	48.1
215	39	2160	77	1080	13	6000	14	5400	20	19	12	166	217	29.9	10	10.7	26	76.6
216	39	2160	153	540	13	6000	14	5400	20	20	12	165	217	29.9	10	10.7	52	102.6
217	13	6480	13	6480	38	2000	25	3000	60	49	6	104	219	10	29.1	19.2	4.3	62.6
218	13	6480	13	6480	38	2000	32	2400	60	48	6	105	219	10	29.1	24.5	4.3	67.9
219	39	2160	77	1080	13	6000	16	4800	20	19	12	168	219	29.9	10	12.3	26	78.2
220	13	6480	13	6480	19	4000	32	2400	60	48	6	106	220	10	14.6	24.5	4.3	53.4
221	20	4320	26	3240	19	4000	25	3000	40	47	6	127	220	15.3	14.6	19.2	8.7	57.8
222	39	2160	39	2160	13	6000	16	4800	20	19	12	169	220	29.9	10	12.3	13	65.2
223	20	4320	26	3240	38	2000	25	3000	40	47	6	127	220	15.3	29.1	19.2	8.7	72.3
224	39	2160	51	1620	19	4000	18	4200	30	26	6	158	220	29.9	14.6	13.8	17.3	75.6
225	20	4320	20	4320	19	4000	18	4200	40	39	6	136	221	15.3	14.6	13.8	6.7	50.4
226	39	2160	51	1620	38	2000	18	4200	30	26	6	159	221	29.9	29.1	13.8	17.3	90.1
227	20	4320	20	4320	38	2000	18	4200	40	40	6	136	222	15.3	29.1	13.8	6.7	64.9
228	39	2160	153	540	13	6000	16	4800	20	19	12	171	222	29.9	10	12.3	52	104.2
229	20	4320	39	2160	19	4000	16	4800	20	41	6	156	223	15.3	14.6	12.3	13.3	55.5
230	20	4320	77	1080	19	4000	16	4800	20	41	6	156	223	15.3	14.6	12.3	26.7	68.9
231	20	4320	26	3240	13	6000	25	3000	40	47	12	125	224	15.3	10	19.2	8.7	53.2
232	39	2160	51	1620	13	6000	18	4200	30	26	12	159	227	29.9	10	13.8	17.3	71
233	20	4320	20	4320	13	6000	18	4200	40	40	12	136	228	15.3	10	13.8	6.7	45.8
234	20	4320	26	3240	38	2000	32	2400	40	47	6	135	228	15.3	29.1	24.5	8.7	77.6
235	20	4320	39	2160	19	4000	14	5400	20	46	6	157	229	15.3	14.6	10.7	13.3	53.9
236	20	4320	26	3240	19	4000	32	2400	40	47	6	136	229	15.3	14.6	24.5	8.7	63.1

237	20	4320	77	1080	19	4000	14	5400	20	46	6	157	229	15.3	14.6	10.7	26.7	67.3
238	13	6480	26	3240	19	4000	18	4200	40	48	6	136	230	10	14.6	13.8	8.7	47.1
239	13	6480	13	6480	13	6000	32	2400	60	48	18	104	230	10	10	24.5	4.3	48.8
240	13	6480	26	3240	38	2000	18	4200	40	48	6	136	230	10	29.1	13.8	8.7	61.6
241	20	4320	39	2160	38	2000	14	5400	20	47	6	157	230	15.3	29.1	10.7	13.3	68.4
242	20	4320	39	2160	38	2000	16	4800	20	41	6	163	230	15.3	29.1	12.3	13.3	70
243	20	4320	77	1080	38	2000	14	5400	20	47	6	157	230	15.3	29.1	10.7	26.7	81.8
244	20	4320	77	1080	38	2000	16	4800	20	42	6	163	231	15.3	29.1	12.3	26.7	83.4
245	13	6480	13	6480	13	6000	25	3000	60	49	18	105	232	10	10	19.2	4.3	43.5
246	20	4320	77	1080	13	6000	14	5400	20	46	12	157	235	15.3	10	10.7	26.7	62.7
247	13	6480	13	6480	19	4000	21	3600	60	48	6	122	236	10	14.6	16.1	4.3	45
248	20	4320	39	2160	13	6000	14	5400	20	47	12	157	236	15.3	10	10.7	13.3	49.3
249	13	6480	13	6480	38	2000	21	3600	60	48	6	122	236	10	29.1	16.1	4.3	59.5
250	20	4320	20	4320	19	4000	16	4800	40	35	6	156	237	15.3	14.6	12.3	6.7	48.9
251	13	6480	26	3240	13	6000	18	4200	40	48	18	136	242	10	10	13.8	8.7	42.5
252	20	4320	20	4320	13	6000	16	4800	40	34	12	156	242	15.3	10	12.3	6.7	44.3
253	20	4320	26	3240	13	6000	32	2400	40	47	18	137	242	15.3	10	24.5	8.7	58.5
254	13	6480	17	4860	38	2000	125	600	60	69	6	108	243	10	29.1	95.8	5.7	140.6
255	13	6480	51	1620	19	4000	14	5400	30	47	6	162	245	10	14.6	10.7	17.3	52.6
256	13	6480	51	1620	38	2000	14	5400	30	47	6	163	246	10	29.1	10.7	17.3	67.1
257	13	6480	17	4860	19	4000	125	600	60	69	12	107	248	10	14.6	95.8	5.7	126.1
258	13	6480	13	6480	13	6000	21	3600	60	48	18	124	250	10	10	16.1	4.3	40.4
259	13	6480	51	1620	19	4000	16	4800	30	45	6	169	250	10	14.6	12.3	17.3	54.2
260	20	4320	20	4320	38	2000	16	4800	40	41	6	163	250	15.3	29.1	12.3	6.7	63.4
261	39	2160	51	1620	19	4000	14	5400	30	26	6	188	250	29.9	14.6	10.7	17.3	72.5
262	20	4320	26	3240	38	2000	18	4200	40	47	6	158	251	15.3	29.1	13.8	8.7	66.9
263	13	6480	51	1620	38	2000	16	4800	30	46	6	169	251	10	29.1	12.3	17.3	68.7
264	39	2160	51	1620	38	2000	14	5400	30	26	6	190	252	29.9	29.1	10.7	17.3	87
265	20	4320	26	3240	19	4000	18	4200	40	47	6	160	253	15.3	14.6	13.8	8.7	52.4
266	13	6480	51	1620	13	6000	16	4800	30	43	12	169	254	10	10	12.3	17.3	49.6
267	13	6480	51	1620	13	6000	14	5400	30	47	12	166	255	10	10	10.7	17.3	48
268	20	4320	26	3240	19	4000	21	3600	40	47	6	164	257	15.3	14.6	16.1	8.7	54.7
269	20	4320	26	3240	38	2000	21	3600	40	47	6	165	258	15.3	29.1	16.1	8.7	69.2
270	39	2160	51	1620	38	2000	16	4800	30	26	6	196	258	29.9	29.1	12.3	17.3	88.6
271	13	6480	13	6480	19	4000	18	4200	60	48	6	145	259	10	14.6	13.8	4.3	42.7
272	39	2160	51	1620	13	6000	14	5400	30	27	12	190	259	29.9	10	10.7	17.3	67.9
273	13	6480	17	4860	13	6000	125	600	60	69	24	106	259	10	10	95.8	5.7	121.5
274	13	6480	13	6480	38	2000	18	4200	60	48	6	146	260	10	29.1	13.8	4.3	57.2
275	13	6480	26	3240	38	2000	16	4800	40	48	6	166	260	10	29.1	12.3	8.7	60.1
276	39	2160	51	1620	19	4000	16	4800	30	27	6	197	260	29.9	14.6	12.3	17.3	74.1
277	13	6480	26	3240	19	4000	16	4800	40	48	6	169	263	10	14.6	12.3	8.7	45.6
278	20	4320	20	4320	19	4000	14	5400	40	42	6	176	264	15.3	14.6	10.7	6.7	47.3
279	20	4320	26	3240	13	6000	21	3600	40	47	12	165	264	15.3	10	16.1	8.7	50.1
280	20	4320	20	4320	38	2000	14	5400	40	42	6	176	264	15.3	29.1	10.7	6.7	61.8
281	39	2160	51	1620	13	6000	16	4800	30	26	12	197	265	29.9	10	12.3	17.3	69.5
282	20	4320	26	3240	13	6000	18	4200	40	47	18	161	266	15.3	10	13.8	8.7	47.8
283	13	6480	26	3240	13	6000	16	4800	40	48	12	167	267	10	10	12.3	8.7	41
284	20	4320	20	4320	13	6000	14	5400	40	41	12	176	269	15.3	10	10.7	6.7	42.7
285	20	4320	26	3240	19	4000	14	5400	40	47	6	176	269	15.3	14.6	10.7	8.7	49.3
286	20	4320	26	3240	38	2000	14	5400	40	47	6	176	269	15.3	29.1	10.7	8.7	63.8
287	13	6480	26	3240	19	4000	14	5400	40	48	6	176	270	10	14.6	10.7	8.7	44
288	13	6480	26	3240	38	2000	14	5400	40	48	6	176	270	10	29.1	10.7	8.7	58.5
289	13	6480	13	6480	13	6000	18	4200	60	48	18	145	271	10	10	13.8	4.3	38.1
290	20	4320	26	3240	13	6000	14	5400	40	47	12	176	275	15.3	10	10.7	8.7	44.7
291	13	6480	17	4860	38	2000	63	1200	60	69	6	140	275	10	29.1	48.3	5.7	93.1
292	13	6480	26	3240	13	6000	14	5400	40	48	18	176	282	10	10	10.7	8.7	39.4
293	13	6480	13	6480	19	4000	16	4800	60	48	6	168	282	10	14.6	12.3	4.3	41.2
294	13	6480	13	6480	38	2000	16	4800	60	48	6	169	283	10	29.1	12.3	4.3	55.7
295	13	6480	17	4860	19	4000	63	1200	60	69	12	143	284	10	14.6	48.3	5.7	78.6
296	20	4320	26	3240	19	4000	16	4800	40	47	6	195	288	15.3	14.6	12.3	8.7	50.9
297	20	4320	26	3240	38	2000	16	4800	40	47	6	195	288	15.3	29.1	12.3	8.7	65.4
298	13	6480	13	6480	19	4000	14	5400	60	48	6	176	290	10	14.6	10.7	4.3	39.6
299	13	6480	13	6480	38	2000	14	5400	60	48	6	176	290	10	29.1	10.7	4.3	54.1
300	13	6480	17	4860	13	6000	63	1200	60	69	24	139	292	10	10	48.3	5.7	74
301	13	6480	13	6480	13	6000	16	4800	60	48	18	168	294	10	10	12.3	4.3	36.6

Análise de Processos Produtivos com Recurso à Simulação por Eventos Discretos

302	20	4320	26	3240	13	6000	16	4800	40	47	12	196	295	15.3	10	12.3	8.7	46.3
303	13	6480	17	4860	38	2000	42	1800	60	69	6	160	295	10	29.1	32.2	5.7	77
304	13	6480	13	6480	13	6000	14	5400	60	48	18	176	302	10	10	10.7	4.3	35
305	13	6480	17	4860	38	2000	25	3000	60	69	6	167	302	10	29.1	19.2	5.7	64
306	13	6480	17	4860	19	4000	42	1800	60	69	12	162	303	10	14.6	32.2	5.7	62.5
307	13	6480	17	4860	19	4000	25	3000	60	69	12	168	309	10	14.6	19.2	5.7	49.5
308	13	6480	17	4860	13	6000	42	1800	60	69	24	158	311	10	10	32.2	5.7	57.9
309	13	6480	17	4860	13	6000	25	3000	60	69	24	166	319	10	10	19.2	5.7	44.9
310	13	6480	17	4860	38	2000	32	2400	60	69	6	197	332	10	29.1	24.5	5.7	69.3
311	13	6480	17	4860	38	2000	21	3600	60	69	6	203	338	10	29.1	16.1	5.7	60.9
312	13	6480	17	4860	19	4000	32	2400	60	69	12	198	339	10	14.6	24.5	5.7	54.8
313	13	6480	17	4860	19	4000	21	3600	60	69	12	204	345	10	14.6	16.1	5.7	46.4
314	13	6480	17	4860	13	6000	32	2400	60	69	24	199	352	10	10	24.5	5.7	50.2
315	13	6480	17	4860	38	2000	18	4200	60	69	6	221	356	10	29.1	13.8	5.7	58.6
316	13	6480	17	4860	13	6000	21	3600	60	69	24	206	359	10	10	16.1	5.7	41.8
317	13	6480	17	4860	19	4000	18	4200	60	69	12	219	360	10	14.6	13.8	5.7	44.1
318	13	6480	17	4860	13	6000	18	4200	60	69	24	221	374	10	10	13.8	5.7	39.5
319	13	6480	17	4860	38	2000	16	4800	60	69	6	242	377	10	29.1	12.3	5.7	57.1
320	13	6480	17	4860	38	2000	14	5400	60	69	6	247	382	10	29.1	10.7	5.7	55.5
321	13	6480	17	4860	19	4000	16	4800	60	69	12	244	385	10	14.6	12.3	5.7	42.6
322	13	6480	17	4860	19	4000	14	5400	60	69	12	247	388	10	14.6	10.7	5.7	41
323	13	6480	17	4860	13	6000	16	4800	60	69	24	244	397	10	10	12.3	5.7	38
324	13	6480	17	4860	13	6000	14	5400	60	69	24	247	400	10	10	10.7	5.7	36.4