

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ALLISON DURIGAN GANZERT

**SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO (*JUST-IN-SEQUENCE*) NA
LINHA DE MONTAGEM FINAL: ESTUDO DE CASO EM
MONTADORA DA RMC**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

ALLISON DURIGAN GANZERT

**SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO (*JUST-IN-SEQUENCE*) NA
LINHA DE MONTAGEM FINAL: ESTUDO DE CASO EM
MONTADORA DA RMC**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos de Abreu Rodrigues

Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Tadeu Gonçalves Muniz

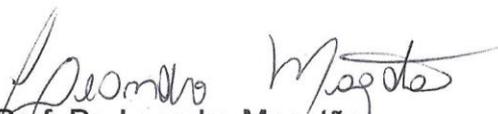
CURITIBA

2013

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO (JUST-IN-SEQUENCE) NA LINHA DE MONTAGEM FINAL: ESTUDO DE CASO EM MONTADORA DA RMC", realizada pelo aluno Allison Durigan Ganzert, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.


Prof. Dr. Luiz Carlos de Abreu Rodrigues
DAMEC, UTFPR
Orientador


Prof. Dr. Leandro Magatão
DAMEC, UTFPR
Avaliador


Prof. Higor Vinicius dos Reis Leite
DAGEE, UTFPR
Avaliador

Curitiba, 07 de maio de 2013

RESUMO

GANZERT, Allison Durigan. Sequenciamento da produção (*Just-In-Sequence*) na linha de montagem final: estudo de caso em montadora da RMC. 2013. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Industrial Mecânica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

O *Just-In-Sequence* é uma estratégia de manufatura que aplica as ideias do *Just-In-Time* de forma ainda mais extrema. Ele é utilizado principalmente pelas montadoras automotivas, pois tal indústria é bastante competitiva, possui produção relativamente estável e utiliza componentes de alto valor agregado. Esta monografia analisa a aplicação do *Just-In-Sequence* em duas montadoras da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), descrevendo seu funcionamento. Também apresenta simulações computacionais, por meio do *software* Flexsim, do funcionamento do *Just-In-Sequence*, em várias variações possíveis, em parte de uma linha de montagem final de montadora da RMC. Também são simulados os casos das aplicações do *Just-In-Time* tradicional e do *Just-In-Time* por *kits*, comparando-os entre si e com o *Just-In-Sequence*. Por fim, é apresentado um método de cálculo de custos utilizado para se analisar o impacto econômico da mudança de *Just-In-Time* para *Just-In-Sequence* no fornecimento de determinado módulo (*kit* de peças previamente montadas). Com base no caso de uma montadora da RMC que trabalha com o *Just-In-Time*, o método foi aplicado, verificando se a mudança para o *Just-In-Sequence* de certo componente pode ser vantajosa.

Palavras-chave: *Just-In-Sequence*. Montadora automotiva / automobilística. Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Simulação computacional. Método de cálculo de custos.

ABSTRACT

GANZERT, Allison Durigan. Sequenciamento da produção (*Just-In-Sequence*) na linha de montagem final: estudo de caso em montadora da RMC. 2013. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Industrial Mecânica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Just-In-Sequence is a manufacturing strategy that applies the Just-In-Time ideas in a more extreme level. It is employed mainly by the automobile manufacturers, because this industry is very competitive, has a relatively stable production and utilizes high added value components. This dissertation describes the Just-In-Sequence operation in two automakers located in the Metropolitan Region of Curitiba (RMC). It also presents computer simulations, utilizing the software Flexsim, of the Just-In-Sequence as well as the traditional Just-In-Time and the partially sequenced Just-In-Time, being applied in the operation of a part of the final assembly line of an automaker in the RMC. The simulations are compared to each other. Lastly, it is introduced a cost estimation method developed to analyze the economic impact of the shift from Just-In-Time to Just-In-Sequence in the supply of a given module (preassembled parts kit). The method was applied based on the data of an assembler in the RMC working in Just-In-Time. It was verified if the change to Just-In-Sequence can be advantageous.

Keywords: Just-In-Sequence. Automobile Manufacturer / Assembler. Metropolitan Region of Curitiba (RMC). Computer simulation. Cost estimation method.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Pirâmide dos 4P's da Toyota	17
Figura 2: Casa da Toyota	18
Figura 3: Folha de Trabalho Padronizado	21
Figura 4: Esquema do funcionamento do JIT tradicional	24
Figura 5: Esquema do funcionamento do JIT por <i>kits</i>	25
Figura 6: Análise ABC/XYZ juntamente com análise de variedade	31
Figura 7: Ilustração da Volkswagen BUC	32
Figura 8: Componentes da simulação	43
Figura 9: Posicionamento dos componentes na situação padrão	45
Figura 10: Gráfico em pizza da ocupação do montador na situação padrão	46
Figura 11: Gráfico em pizza da ocupação da transportadora na situação padrão ...	46
Figura 12: Gráfico em pizza da ocupação da transportadora na situação padrão com os tempos de carga e descarga	47
Figura 13: Gráfico em pizza da ocupação do montador na situação 2	48
Figura 14: Gráfico em pizza da ocupação da transportadora na situação 2	49
Figura 15: Gráfico em pizza da ocupação da transportadora na situação 2 com os tempos de carga e descarga	50
Figura 16: Gráfico em pizza da ocupação do montador na situação 3	51
Figura 17: Gráfico em pizza da ocupação da transportadora na situação 3	51
Figura 18: Posicionamento dos componentes na situação JIT por <i>kits</i>	52
Figura 19: Gráfico em pizza da ocupação da transportadora na situação 4	53
Figura 20: Gráfico carregamento vs. tempo da transportadora na situação 4	54
Figura 21: Gráfico carregamento vs. tempo da transportadora na situação 5	55
Figura 22: Posicionamento dos componentes na situação 6	56
Figura 23: Gráfico em pizza da ocupação do montador na situação 6	56

Figura 24: Gráfico em pizza dos custos de produção na linha 1 funcionando em JIT
(valores em R\$)67

Figura 25: Gráfico em pizza dos custos de produção na linha 2 funcionando em JIT
(valores em R\$)69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Diferenças entre JIT e JIS	26
Tabela 2: Investimentos necessários para o início da implementação do JIS	28
Tabela 3: Parâmetros das simulações	57

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

3PL – *Third-Party Logistics provider* (Operador Logístico Terceirizado)

CIC – Cidade Industrial de Curitiba

EDI – *Electronic Data Interchange* (Troca Eletrônica de Dados)

FIS – *Fabrikation Information System* (Sistema de Informações de Fabricação)

JIS – *Just-In-Sequence* (Sequenciado)

JIT – *Just-In-Time* (Pontualmente)

MRP II – *Manufacturing Resources Planning* (Planejamento dos Recursos de Manufatura)

OEM – *Original Equipment Manufacturer* (Fabricante Original do Equipamento)

OES – *Original Equipment Supplier* (Fornecedor Original do Equipamento)

PCP – Planejamento e Controle da Produção

RFID – *Radio Frequency Identification* (Identificação por Radiofrequência)

RMC – Região Metropolitana de Curitiba

STP – Sistema Toyota de Produção

TI – Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Contexto do Tema	12
1.2	Caracterização do Problema	12
1.3	Objetivos	13
1.4	Justificativa	13
1.5	Conteúdo ou Etapas do Trabalho	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Sistema Toyota de Produção	16
2.1.1	Autonomação (<i>Jidoka</i>)	18
2.1.2	<i>Just-In-Time</i>	18
2.1.3	<i>Kanban</i>	19
2.1.4	Folha de trabalho padrão	19
2.1.5	<i>Poka-yoke</i> (ou <i>baka-yoke</i>)	21
2.1.6	Sistema de Trabalho Total	22
2.2	Outras ferramentas de melhoramento da produção	22
2.2.1	Planejamento e Controle da Produção	22
2.2.2	<i>Milk Run</i>	23
2.2.3	<i>Third-Party Logistics provider</i> (3PL)	23
2.2.4	<i>Electronic Data Interchange</i> (EDI)	23
2.3	Variações do <i>Just-In-Time</i>	24
2.3.1	<i>Just-In-Time</i> tradicional	24
2.3.2	<i>Just-In-Time</i> por <i>kits</i>	24
2.4	<i>Just-In-Sequence</i>	25
2.5	Indústria Automotiva na RMC	31
2.5.1	Volkswagen	31
2.5.2	Renault/Nissan	34
2.5.3	Volvo Trucks	34
2.6	Flexsim	34
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	36
4	FUNCIONAMENTO DO JIS EM MONTADORAS DA RMC	38
4.1	Volkswagen	38
4.2	Renault/Nissan	40
5	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO FUNCIONAMENTO DO JIS (E DO JIT)	43
5.1	Situações em JIS	44
5.1.1	Situação 1 - Situação Padrão	44
5.1.2	Situação 2 – Mudança de distância entre operador e <i>buffer</i>	48
5.1.3	Situação 3 - Montagem de dois componentes por carro	50
5.2	JIT por <i>kits</i>	52
5.2.1	Situação 4 - JIT por <i>kits</i> com distância de 180 metros entre estoque e <i>buffer</i>	53

5.2.2	Situação 5 - JIT por <i>kits</i> com distância de 360 metros entre estoque e <i>buffer</i>	54
5.3	Situação 6 - Montagem em JIT simples	55
6	COMPARAÇÃO ECONÔMICA JIT x JIS	58
6.1	Condições para se considerar a troca JIT para JIS	58
6.1.1	Condição necessária: variedade	58
6.1.2	Condições suficientes: valor e complexidade logística	58
6.2	Função do Custo Total de Logística	58
6.2.1	Custos do sistema	59
6.2.2	Custos de manuseio	59
6.2.3	Custos de inventário	60
6.2.4	Custos de área	61
6.2.5	Custos de transporte interno	61
6.2.6	Custos de montagem	62
6.3	Comparação econômica JIT x JIS em montadora da RMC	65
6.3.1	Linha 1	65
6.3.2	Linha 2	67
6.3.3	Conjunto das duas linhas	69
7	CONCLUSÕES	71
	REFERÊNCIAS	73
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA VISITA À RENAULT	76

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto do Tema

A redução de custos em uma indústria é algo primordial para a manutenção de sua competitividade com relação a seus concorrentes e para a geração de melhores resultados financeiros e operacionais. A aplicação do Sistema Toyota de Produção (STP) auxilia a atingir esse objetivo, pois reduz custos nos processos fabris através da redução de estoques e retrabalhos, diminuição da demanda por mão-de-obra, e também a redução de outros desperdícios relacionados ao mau gerenciamento da produção.

O STP possui diversos conceitos e ferramentas responsáveis pelas suas vantagens em relação à tradicional produção em massa, como *Just-In-Time*, *Kanban* e *Poka-yoke*, abordados mais a frente na monografia. Segundo Wagner e Silveira-Camargos (2011), a estratégia *Just-In-Sequence* (JIS) é a aplicação extrema do *Just-In-Time* (JIT – um dos pilares do STP), isto é, as ideias do último são aplicadas de forma ainda mais profunda. Utilizado principalmente na indústria automotiva, o JIS admite uma grande quantidade de variedades de um produto sem grandes aumentos nos custos de produção; ele possibilita uma maior quantidade de opções para o consumidor, aumentando-se a customização do produto, uma demanda crescente no mercado.

Devido à possibilidade da maior variabilidade de produtos, à redução de estoques e à grande competitividade na indústria automotiva, o JIS tem sido aplicado em um número cada vez maior de montadoras.

1.2 Caracterização do Problema

O JIS é uma estratégia inovadora e possui várias possibilidades de pesquisa. Entretanto, há uma quantidade pequena de trabalhos acadêmicos relacionados ao funcionamento do JIS em montadoras da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), o que levanta questionamentos sobre os resultados de sua aplicação pelas empresas localizadas nesta região.

O JIS possui diversas vantagens em relação à aplicação do JIT simples, porém a sua implementação é bastante trabalhosa, pois demanda mudanças na fábrica e uma necessidade ainda maior de integração com os fornecedores. A análise dos benefícios do JIS é essencial para uma empresa decidir pela mudança para tal sistema. Neste contexto, o problema de pesquisa que se coloca é: É vantajoso mudar o sistema de fornecimento, de JIT para JIS, de um componente hipotético em uma montadora da RMC?

1.3 Objetivos

Objetivo Geral: Estudar os resultados da aplicação do sistema JIS na linha de montagem final em montadora da Região Metropolitana de Curitiba (RMC).

Objetivos específicos: (i) Descrever o funcionamento de parte da linha de montagem final baseada no JIS. (ii) Simular computacionalmente o funcionamento do JIS e do JIT em parte da linha de montagem final. (iii) Verificar as diferenças básicas entre as estratégias JIT e JIS. (iv) Analisar se é vantajosa a mudança do fornecimento de certo componente de JIT para JIS.

1.4 Justificativa

Apesar da ideia da produção enxuta (*lean manufacturing*) - derivada do STP - ser antiga, sendo aplicada em uma grande quantidade de indústrias há várias décadas, ela continua sendo atual e está sendo implantada em um número cada vez maior de empresas. Neste contexto, o estudo da vanguarda dessa filosofia - o JIS - e a sua aplicação na indústria é algo que adiciona muito ao conhecimento acadêmico atual.

A simulação computadorizada do funcionamento do JIS em uma parte da linha de montagem é realizada para analisar o funcionamento da produção naquela seção, e compará-lo com o do JIT simples e do JIT por *kits*, que também podem ser simulados. Uma comparação econômica também é realizada, pois avalia o impacto econômico da mudança de JIT para JIS, auxiliando a empresa em sua tomada de decisão.

1.5 Conteúdo ou Etapas do Trabalho

A monografia está estruturada em capítulos, iniciando-se com Fundamentação Teórica e Procedimentos Metodológicos, passando por Funcionamento do JIS em Montadoras da RMC, Simulação Computacional do Funcionamento do JIS (e do JIT) e Comparação Econômica JITxJIS e finalizando-se com Resultados e Conclusões.

Os capítulos são descritos a seguir:

2. Fundamentação Teórica: Neste capítulo é realizada uma breve exposição da teoria por trás da estratégia de produção JIS. Abordam-se os princípios do Sistema Toyota de Produção e suas ferramentas; outras ferramentas utilizadas pelo JIS; variações do JIT; para, enfim, apresentar-se o JIS. Também são expostas as montadoras que se situam na RMC, descrevendo brevemente suas operações e se utilizam o JIS.

3. Procedimentos Metodológicos: Neste capítulo é descrita a metodologia aplicada para a confecção do trabalho.

4. Funcionamento do JIS em Montadoras da RMC: Neste capítulo é descrito o funcionamento da estratégia de manufatura JIS em duas montadoras localizadas na RMC.

5. Simulação Computacional do Funcionamento do JIS (e do JIT): Neste capítulo são apresentadas simulações realizadas em computador de parte de uma linha de montagem final utilizando o JIS. Também foram realizadas simulações com a mesma linha de montagem funcionando em JIT tradicional e JIT por *kits*.

6. Comparação Econômica JITxJIS: Neste capítulo são comparadas as estratégias de manufatura JIT e JIS em uma parte da linha de montagem final, aplicando-se um método de cálculo de custos para se verificar qual a escolha mais vantajosa economicamente.

7. Conclusões: Neste capítulo são apresentadas as diferenças entre a metodologia efetivamente utilizada e a prevista na proposta; os imprevistos ocorridos ao longo do projeto; a análise dos resultados obtidos no trabalho; e as diferenças entre os produtos previstos e os efetivamente obtidos. Também é analisado se o

objetivo estabelecido foi atingido; as justificativas de tais resultados; e recomendações para futuros trabalhos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sistema Toyota de Produção

O Sistema Toyota de Produção (STP) é o sistema de produção que possui como base de sustentação a constante busca e eliminação do desperdício. Segundo Ohno (1997), o desperdício na produção pode ser dividido nas seguintes categorias, conhecidas como os sete desperdícios do STP:

- Superprodução – Produção além da demanda do cliente;
- Espera – Ociosidade de máquinas e operadores;
- Movimentação – Deslocamento de pessoas que não agrega valor ao produto;
- Transporte – Movimentação de itens por distâncias maiores que as necessárias e uso de soluções de transporte ineficientes;
- Muita maquinização (processamento demorado) – Existência de processos que não agregam valor ao cliente final;
- Inventários – Excesso de itens estocados;
- Fabricação de peças e produtos defeituosos – Peças e produtos reprocessados ou descartados.

Segundo Womack *et al* (2004), cunhadores do termo “produção enxuta” (*lean manufacturing* – instituído após amplo estudo sobre o STP) através do livro “A máquina que mudou o mundo”, lançado em 1990, pode-se acrescentar um oitavo desperdício:

- Desperdício de capital intelectual – Não aproveitar a capacidade intelectual dos operadores, desperdiçando ideias que poderiam resultar em melhorias.

Através da redução do desperdício, há a redução do custo de produção, reduzindo o custo final do produto, o que pode resultar tanto em um preço menor ao cliente quanto em lucros maiores ao fabricante.

A pirâmide dos 4P's da Toyota (Figura 1) exemplifica o funcionamento do seu sistema de produção. A sua base é a própria filosofia do STP, e o planejamento de longo prazo. Em seguida vem o foco no processo, no que é efetivamente realizado

pela empresa. Acima, há a preocupação com as pessoas e parceiros envolvidos no processo. No topo, há a resolução de problemas, que objetiva ainda maior redução de desperdícios.



Figura 1: Pirâmide dos 4P's da Toyota
Fonte: Liker, 2005 (apud SANTIAGO, 2012)

Os dois pilares que sustentam o STP - representados na Casa da Toyota (Figura 2) - são a automação (*Jidoka*) e o JIT.

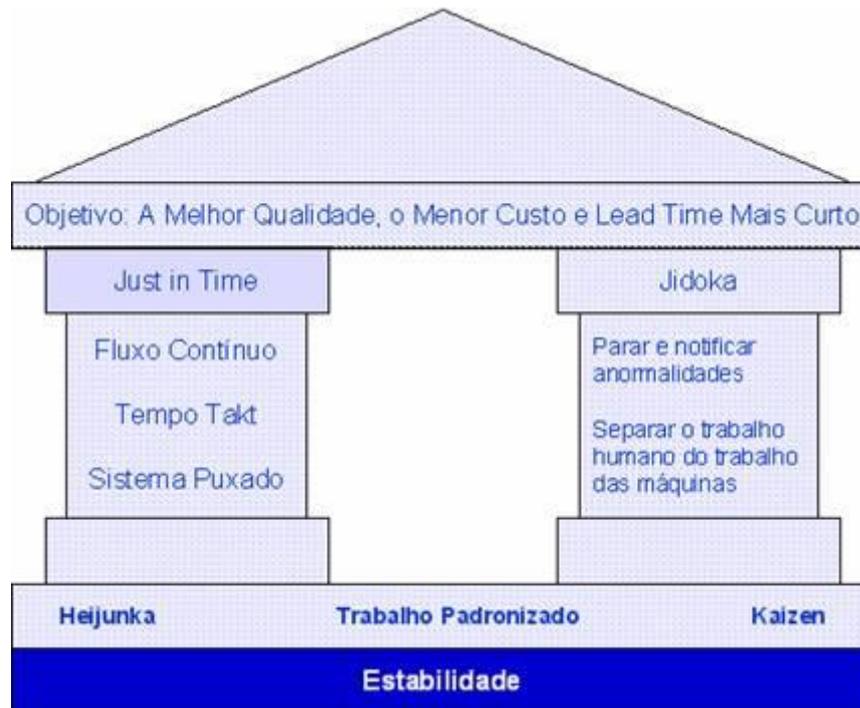


Figura 2: Casa da Toyota

Fonte: Kamada, 2012

2.1.1 Automação (*Jidoka*)

A automação, também conhecida como automação com toque humano ou *Jidoka*, é, segundo Ohno (1997), a ideia de equipar as máquinas de tal forma que elas possam parar de produzir assim que alguma anormalidade passível de ocasionar defeitos ocorra.

O conceito, originado do tear auto-ativado inventado por Toyoda Sakichi, é baseado na interrupção da produção até que a causa do problema que gera o defeito seja encontrada. No caso do tear, ele parava ao ocorrer a ruptura ou o deslocamento inadequado dos fios, e os funcionários localizavam o problema antes de dar continuidade à produção. (OHNO, 1997)

2.1.2 *Just-In-Time*

O JIT é um sistema de administração que define o tempo no qual algo deve ser produzido, transportado, estocado ou comprado. O princípio básico do JIT é, segundo Monden (1984), atender a demanda variável do mercado de forma rápida e flexível. A principal vantagem do JIT é a redução de estoques. Ao controlar os

estoques intermediários – estoques entre cada etapa do processo de fabricação - estes são bastante reduzidos, o que diminui custos como de transporte, de funcionários e de espaço consumido na fábrica. Além disso, com o JIT, é possível reduzir os estoques de matéria-prima e de produto acabado.

Somando todas as reduções de estoque geradas, há uma redução de custos de produção e uma grande diminuição no capital de giro necessário para a empresa continuar em funcionamento. O JIT administra os estoques através de sinalizações conhecidas como *Kanban*.

2.1.3 Kanban

A estratégia de controle de estoques *Kanban* é baseada na identificação dos produtos, normalmente através de cartões nos quais se encontram informações úteis à continuidade do processo de manufatura da peça. Ele também pode ser feito através de carrinhos de transporte que, quando vazios, são novamente completados com produtos. Atualmente é bastante utilizada a identificação eletrônica, através de códigos de barra, chips ou RFID (*Radio Frequency Identification*).

Segundo Ohno (1997), o *Kanban* é composto de informação de coleta, informação de transferência e informação de produção. Também segundo Ohno (1997), ele possui as funções de:

- 1.Fornecer informação sobre apanhar ou transportar
- 2.Fornecer informação sobre a produção
- 3.Impedir a superprodução e o transporte excessivo
- 4.Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias
- 5.Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz
- 6.Revelar problemas existentes e mantém o controle de estoques

2.1.4 Folha de trabalho padrão

A folha de trabalho padrão é fixada em local facilmente visível pelo operário, para auxiliá-lo a produzir com mais eficiência, de acordo com a filosofia JIT. Segundo Ohno (1997), ela define o tempo de ciclo, a sequência de trabalho e o estoque padrão:

2.1.4.1 Tempo de ciclo

O tempo de ciclo é o tempo necessário para se produzir uma peça ou uma unidade do produto, isto é, o intervalo de tempo entre a saída de duas peças processadas quando a fábrica trabalha em sua capacidade máxima.

2.1.4.2 Sequência de trabalho

A sequência de trabalho é a sequência de operações que um trabalhador deve realizar na produção do produto.

2.1.4.3 Estoque padrão

O estoque padrão é a quantidade mínima de estoque de produto inacabado entre os processos para que a produção flua normalmente.

Um exemplo de folha de trabalho padrão (Figura 3) contém os seguintes campos a serem preenchidos:

Campo 1 – Diagrama do Fluxo do Trabalho

Nesta área é feita uma representação gráfica do ambiente de trabalho, incluindo a localização de máquinas e equipamentos e destacando os deslocamentos executadas pelo trabalhador.

Campo 2 – Descrição da Atividade

Nesta área são relacionadas todas as atividades executadas pelo trabalhador na sequência correta e com os respectivos tempos de execução.

Campo 3 – Tempo *Takt* (ou *Takt Time* ou Tempo Padrão)

Identificação do Tempo *Takt* do processo (o tempo de produção disponível pelo número de unidades a serem produzidas).

Campo 4 – Estoque Padrão

Identificação do Estoque Padrão necessário (deve ser o mínimo possível).

Campo 5 – Diagrama de Tempo de Ciclo

4. Quando há erros de trabalho ou um passo foi pulado, as correções são feitas automaticamente e a fabricação continua.
5. As irregularidades no processo anterior são barradas no processo posterior a fim de parar os produtos com defeito.
6. Quando algum passo é esquecido, o processo não será iniciado.

2.1.6 Sistema de Trabalho Total

Segundo Ohno (1997), os movimentos dos trabalhadores podem ser divididos em desperdício e em trabalho. O desperdício é o movimento desnecessário que não agrega valor ao produto. O trabalho é classificado como sem valor adicionado ou com valor adicionado. O primeiro, como o nome diz, são movimentos necessários à produção do produto nas condições de trabalho atuais, porém que poderiam ser reduzidos ou eliminados caso as condições fossem alteradas, como deslocamentos para pegar peças. O segundo agrega valor ao produto, processando a peça ou produto de modo a mudar suas características.

O STP se baseia na redução e eliminação do desperdício e do trabalho sem valor adicionado, de modo que a maior porcentagem possível da totalidade dos movimentos dos trabalhadores seja de trabalho com valor adicionado.

2.2 Outras ferramentas de melhoramento da produção

2.2.1 Planejamento e Controle da Produção

O Planejamento e Controle da Produção (PCP), segundo Martins (1993), tem como objetivo principal comandar o processo produtivo. Ele transforma informações obtidas em vários setores da empresa em ordens de produção e ordens de venda de forma a fornecer produtos e serviços aos clientes e gerar lucros para os acionistas. Enfim, o PCP é o elemento central na estrutura administrativa de um sistema de manufatura.

Os dois principais tipos de sistemas de PCP são o MRP II e o JIT. O sistema JIT já foi exposto anteriormente. O sistema MRP II, segundo Corrêa e Giansi (1993), é um sistema hierárquico de administração da produção, em que os planos de longo prazo de produção são sucessivamente detalhados até se chegar ao nível

do planejamento de componentes e máquinas específicas. O MRP II é normalmente realizado através de *softwares* que são alimentados por dados do processo para o planejamento dos recursos de manufatura da empresa.

A fim de se aproveitar as vantagens de ambos os sistemas (JIT e MRP II), pode-se integrar ambos para aumentar a eficácia na gestão do processo produtivo.

2.2.2 Milk Run

O *Milk Run*, segundo Moura (2000), é um sistema de coleta de peças ou componentes baseado no transporte realizado por um único equipamento de transporte em horários programados de coleta e de entrega entre fornecedor e cliente.

Ele se alia ao sistema JIT no objetivo de reduzir estoques. Ele também reduz custos de logística, provém um maior controle dos materiais em trânsito e agiliza o carregamento e descarregamento de material.

2.2.3 Third-Party Logistics provider (3PL)

Segundo Hertz e Alfredsson (2003), 3PL é uma empresa que fornece serviços logísticos para outra, de forma terceirizada. Ela geralmente é encarregada de fornecer serviços de armazenamento e transporte.

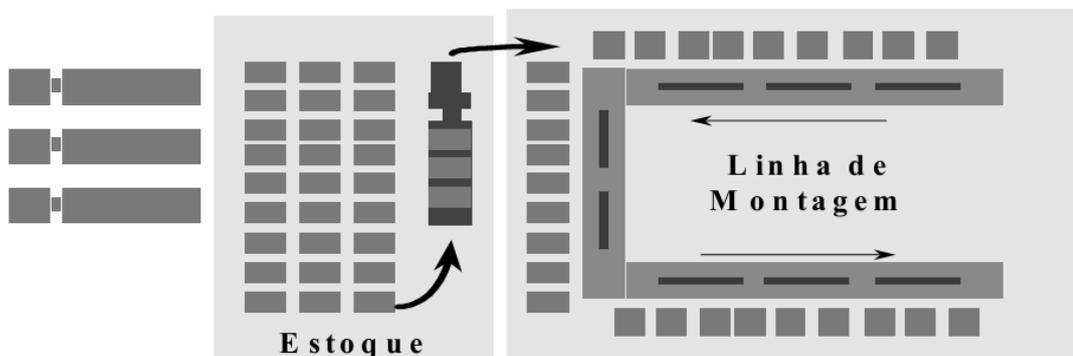
2.2.4 Electronic Data Interchange (EDI)

Segundo Kantor e Burrows (1996), EDI é um método para se transferir dados entre sistemas de computador ou redes de computador. Ele é utilizado para realizar trocas eletrônicas de documentos comerciais entre duas empresas, como, por exemplo, comunicações entre fornecedor e comprador. Através do EDI, o cliente faz um pedido de compra para o fornecedor, e todo o processo é acompanhado, desde a retirada dos produtos do armazém, o seu transporte, até sua entrega ao cliente, de forma eletrônica. (POLIDORO, 2007)

2.3 Variações do *Just-In-Time*

2.3.1 *Just-In-Time* tradicional

O JIT tradicional, segundo Heckert e Francischini (1998), é considerado como sendo o JIT sem sequenciamento prévio dos produtos fornecidos para a linha de montagem. Um componente que possui várias variáveis (como, por exemplo, para-choques de um mesmo modelo de automóvel porém de cores diferentes) teria um *buffer* (estoque intermediário) na linha de montagem para cada variante. No caso de produtos grandes e com várias variantes, portanto, a linha de montagem teria que ter um grande espaço reservado para estoques. A Figura 4 ilustra o funcionamento de uma linha de montagem em JIT tradicional.



JIT Tradicional

FCAV - EPUSP

Figura 4: Esquema do funcionamento do JIT tradicional

Fonte: Heckert e Francischini, 1998

2.3.2 *Just-In-Time* por kits

O JIT por *kits*, segundo Heckert e Francischini (1998), é uma variação do JIT na qual as peças são pré-sequenciadas, no armazém da fábrica, em pequenos kits, que são transportados para a linha de montagem poucos instantes antes de serem processados, como ilustrado na Figura 5. Os kits são constituídos de poucas peças (entre duas e dez) e servem para suprir poucos minutos de produção. Este tipo de fornecimento é geralmente adequado para peças com poucas variações e de tamanho médio.

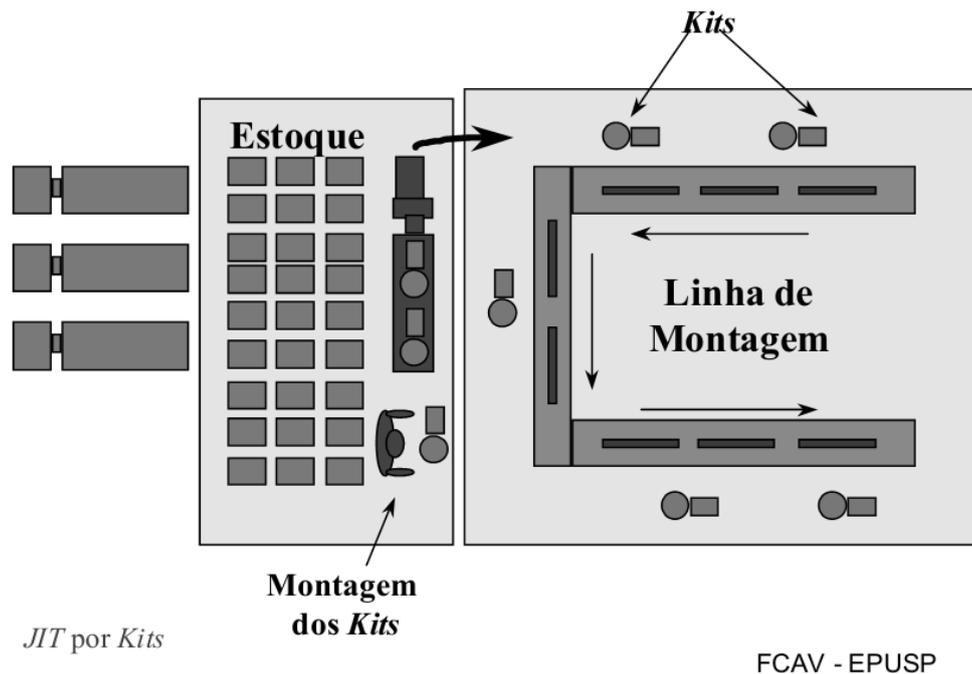


Figura 5: Esquema do funcionamento do JIT por kits

Fonte: Heckert e Francischini, 1998

2.4 Just-In-Sequence

O JIS, segundo Wagner e Silveira-Camargos (2011), é uma aplicação extrema do JIT. Também chamado de *JIT sequencing* (Toyota), *Sequenced Parts Delivery* (SPD) (Chrysler), *Supply In Line Sequence* (SILS) (Opel/Vauxhall), *In Line Vehicle Sequencing* (ILVS) (Ford) e *Pearl Chain with JIS* (Daimler), o JIS surgiu, segundo Wagner e Silveira-Camargos (2010), na década de 1980 na Daimler e no início da década de 1990 na Toyota, sendo utilizado no fornecimento de assentos.

Utilizado principalmente na indústria automotiva, o JIS se baseia no fornecimento de componentes e subconjuntos completos na hora e na sequência certas para sua aplicação na montagem, reduzindo ao máximo a quantidade de estoques (*buffers*).

O JIS se diferencia do JIT pois, além de fornecer os componentes corretos na quantidade correta, na hora correta, no lugar correto e com a qualidade correta, ele também fornece os componentes na sequência correta (THUN *et al.*, 2006). A Tabela 1 explicita as implicações de tal refinamento.

Tabela 1: Diferenças entre JIT e JIS

Critério	<i>Just-in-time</i> (JIT)	<i>Just-in-sequence</i> (JIS)
Buffer de segurança	Ineficiente	Altamente ineficiente
Especificação do módulo	Baixo	Máximo
Requisitos do sistema de TI	Padrão/integrado	Inteiramente integrado
Estabilidade da sequência	Irrelevante	Absolutamente necessário
Tempo de reação para redução da demanda	Horas/dias	Horas/minutos
Custos de trocas	Alto	Máximo

Fonte: WAGNER *et al*, 2011 (Tradução própria)

As vantagens do JIS são, devido aos menores estoques tanto na montadora quanto no fornecedor, a diminuição do capital de giro, menores custos de logística e, devido à redução da área requerida para estoques, menores custos de estocagem. O JIS também possibilita uma maior capacidade de customização dos produtos, com maior flexibilidade e menor tempo de ciclo (THUN *et al.*, 2006).

Os riscos do JIS são equivalentes aos do JIT, porém de forma mais acentuada. Os altos custos de implementação e a baixa tolerância a atrasos das entregas são críticos, assim como a qualidade do produto do fornecedor. Como os componentes já vêm na quantidade e sequência de produção, um problema em um único item pode parar toda a linha de produção. A qualificação dos empregados também é importante para o funcionamento adequado do JIS; portanto, é necessária a realização de treinamento (THUN *et al.*, 2006).

O JIS necessita de um sistema que transmita pedidos de forma rápida e correta. Os sistemas de tecnologia da informação das empresas, portanto, devem ser bem implementados, para que não ocorram problemas de entregas erradas ou atrasadas, o que acarretaria em problemas na linha de montagem. A questão da

interdependência também é intrínseca ao JIS. O fornecedor precisa arcar com altos investimentos para preencher os requisitos da montadora, enquanto que as montadoras dependem da confiabilidade do fornecedor.

O JIS demanda grande integração e cooperação entre fornecedor e montadora, devido tanto aos estoques reduzidos quanto ao fornecimento sequenciado. Portanto, além da integração comunicacional, através de *softwares*, e administrativa, é necessária uma integração logística entre as partes, o que é facilitado através da proximidade (ou até mesmo integração) física entre elas. Conseqüentemente, a implementação do JIS é normalmente acompanhada pelo surgimento de um Condomínio Industrial ou de um Consórcio Modular.

O Condomínio Industrial é constituído pela instalação de fornecedores próximos à montadora e passam a fornecer componentes ou subconjuntos completos (CASTRO, 2007). Deste modo, reduzem-se custos de transporte e, pelo sistema JIS, custos de armazenamento, além de diminuir-se a probabilidade de atrasos de pedidos. No condomínio industrial os fornecedores têm depósitos ou efetuam processos finais de acabamento na planta da montadora (ALVES FILHO *et al.*, 2002).

O Consórcio Modular, segundo Pires (1998), é um caso radical de *outsourcing* entre montadora e fornecedores. Ele é formado quando os fornecedores de primeiro nível se instalam dentro de um mesmo edifício e, segundo Dias (1998), são eles os responsáveis pela montagem do veículo, sendo de responsabilidade da montadora apenas projeto, desenvolvimento e certificação de produtos, atividades de vendas e pós-vendas e gestão financeira.

Segundo Neto e lemma (2004), no condomínio industrial alguns processos diretos pertencem à montadora, o que não acontece no consórcio modular. No entanto, em ambos os casos há uma maior integração dos fornecedores com a montadora, gerando uma relação mais sólida e confiável entre as partes.

Segundo Thun *et al.* (2007), as maiores economias obtidas pelo JIS são nos custos de estoque e espaço físico, seguidos dos custos de qualidade e logística. Os investimentos necessários para a implementação do JIS podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2: Investimentos necessários para o início da implementação do JIS

Investimentos	Empresa compradora	Fornecedor
Sistema de TI	<i>Software</i> baseado em EDI e interfaces que possibilitam o cancelamento de pedidos em JIS para o fornecedor em JIS	<i>Software</i> baseado em EDI e interfaces para receber cancelamentos de pedidos em JIS do OEM
Planos de emergência	Plano de contingência no caso de falhas no sistema para evitar paradas na produção; criação de estoque emergencial para módulos JIS críticos	Conhecimento dos procedimentos do plano de contingência para apoiar o OEM em situações de emergência; suprimento de estoques de segurança de módulos acabados ou semi-acabados
Módulos JIS	Investimento e suprimento para fornecedores em JIS de módulos de transporte que satisfazem as funções tanto de transporte quanto de sequenciamento	Utilização e integração do módulo JIS no ciclo de entrega e gerenciamento dos tipos específicos de módulos JIS
<i>Layout</i> e infraestrutura da planta	Mudança do <i>layout</i> da planta na logística de entrada e replanejamento parcial das estações de montagem; instalação de transportadores	Mudanças no processo de produção dependendo da rigidez da implementação; planejamento detalhado de processos externos

Tabela 2 (Continuação)

Qualidade do processo	Instalações de scanners de código de barras, dispositivos <i>pick-to-light</i> , e outros <i>poka-yokes</i> ; rastreamento de processos através de indicadores chave de performance pré-definidos	(Mesmos da empresa compradora)
Treinamento de empregados	Sensibilização dos trabalhadores do chão de fábrica e treinamento prático (especialmente em situações de contingência); mudança da mentalidade no nível gerencial em relação à filosofia de produção e logística JIS; desenvolver senso ou urgência entre os empregados com relação à dependência do tempo	(Mesmos da empresa compradora)
Apoio inicial do fornecedor	Investimentos iniciais na infraestrutura de TI, treinamento e coordenação e integração de processos	Investimento em equipamentos de TI e compatibilidade da interface. Troca do sistema EDI de cancelamento de pedidos baseado no JIT para o baseado no JIS

Tabela 2 (Continuação)

Integração 3PL	Definição de interfaces e atribuições inequívocas de responsabilidades dentro do relacionamento OES-3PL-OEM quando um operador terceirizado de serviços logísticos está envolvido	(Mesmos da empresa compradora)
----------------	---	--------------------------------

Fonte: WAGNER *et al*, 2011 (Tradução própria)

Também segundo Thun *et al.* (2007), pode-se avaliar se um item possui vantagem de ser fornecido em JIS pela análise ABC/XYZ, juntamente com uma análise de variabilidade. A análise ABC/XYZ é um método pelo qual se classifica um componente do processo entre “A” para partes de maior valor agregado, “B” para partes de valor agregado intermediário e “C” para partes de menor; e “X” para partes pelas quais há uma demanda estável, “Y” para partes com demanda menos estável e “Z” para partes de demanda instável. (SAP, 2013) Para as implementações tanto do JIT quanto do JIS serem vantajosas, as partes devem ser AX (partes de grande valor agregado com demanda estável). Para se decidir entre JIT e JIS, deve-se avaliar o item entre “s”, para produtos padrão, e “v”, para produtos com variantes. Produtos AXv são os que devem ter a implementação do fornecimento JIS considerada (Figura 6).

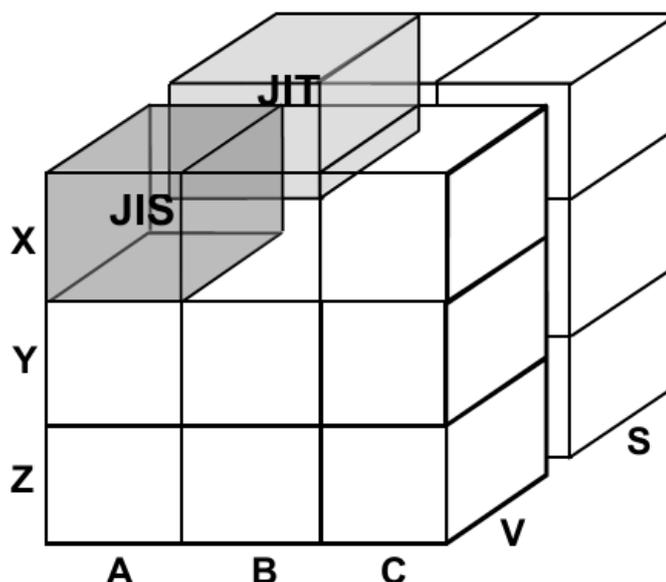


Figura 6: Análise ABC/XYZ juntamente com análise de variedade

Fonte: Thun *et al*, 2007

2.5 Indústria Automotiva na RMC

A Região Metropolitana de Curitiba possui três montadoras de veículos: Volkswagen, Renault/Nissan e Volvo Trucks.

2.5.1 Volkswagen

A fábrica da Volkswagen, localizada em São José dos Pinhais, atualmente responde por 25% da produção da montadora no país. Produz os carros Fox, CrossFox, SpaceFox, Fox para exportação e Golf. A fábrica é pioneira no Brasil no emprego do sistema JIS na sua linha de montagem. Inaugurada em janeiro de 1999 (VOLKSWAGEN, 2013a), ela faz parte do Condomínio Industrial cujo nome dado pela empresa é de Volkswagen BUC (*Business Unit* Curitiba).

Esse condomínio é formado pela Volkswagen em conjunto com 15 fornecedores localizados no PIC (Parque Industrial de Curitiba) (VOLKSWAGEN, 2013b) vinculados ao sistema JIS. A planta da montadora foi desenhada de modo a oferecer condições para se armazenar o mínimo de inventário e ter uma grande produtividade e flexibilidade. Qualquer deslocamento no interior da fábrica demora no máximo 5 minutos. Ela é constituída de três áreas produtivas – montagem bruta, pintura e montagem final – que são conectadas entre si formando um “Y”, conforme

Figura 7. A área do meio, chamada de “centro de comunicação”, possui os escritórios e os serviços de uso comum, como restaurantes e banco.

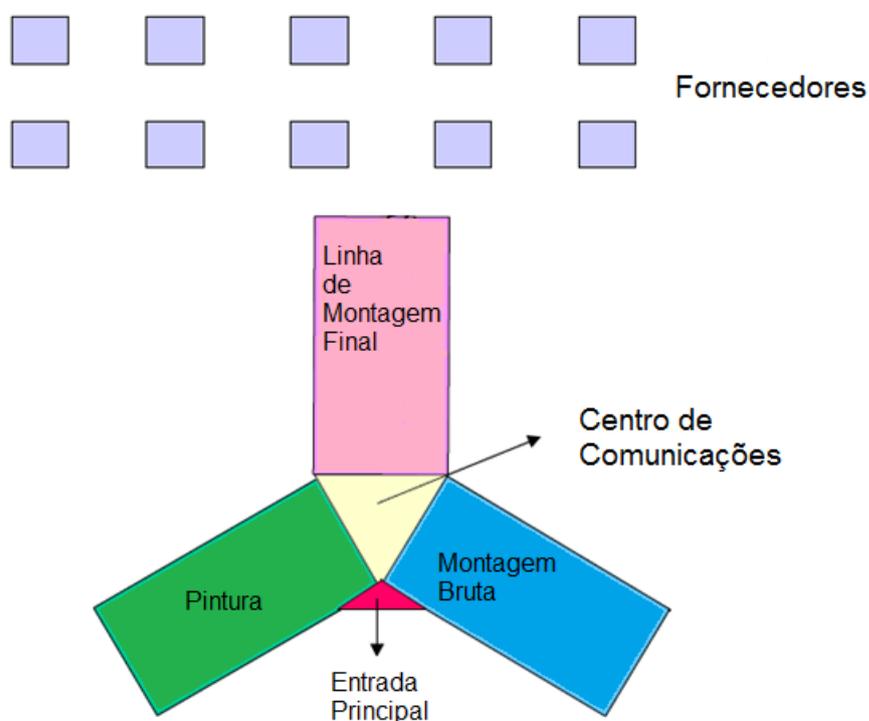


Figura 7: Ilustração da Volkswagen BUC
 Fonte: Pires, 2001 (Tradução própria)

2.5.1.1 Etapas da produção de carro na fábrica da Volkswagen na RMC

Durante visita técnica na fábrica, foram observadas as várias etapas de produção do carro, com o auxílio de funcionária terceirizada encarregada da visita.

A Estamparia transforma as chapas de aço em peças da carroceria do automóvel. Ela conta com uma prensa Schuler Sauger que produz 9000 peças ao dia, efetuando 6,8 golpes por minuto com 25 ferramentas diferentes. A chapa utilizada é da ArcelorMittal/Gonvarri. Há uma ponte rolante que movimenta os moldes, que podem chegar a pesar, cada um, 35 toneladas. O tempo de *setup* (retirada e montagem dos moldes na prensa) varia de 20 a 30 minutos.

Na Armação ocorrem as soldagens das peças prensadas na estamparia. Esta etapa do processo conta com 305 robôs. O nível de automação (porcentagem dos processos realizados por máquinas em relação ao total) do Fox é de 51% e, a do

Golf, 56%. Nesta etapa, a fábrica possui duas linhas separadas, uma para o Fox e outra para o Golf.

Na Montagem Bruta, a carroceria é montada. Parte da montagem é dividida em duas linhas, uma para cada lateral do carro. As colas e soldas nas portas são feitas com robôs, de forma automática. O carro conta com 3000 pontos de solda.

A Pintura é feita em cinco etapas, resultando em cinco camadas de proteção para o aço. A primeira, chamada de RTL, tem como objetivo proteger o aço da oxidação ocasionada com o contato com a atmosfera, e é igual para todos os automóveis. As etapas finais, feitas com tinta a base de água, atualmente contam com 15 cores diferentes.

A Montagem Final começa com o recebimento da carroceria do automóvel e termina com o veículo pronto, com todas as partes devidamente montadas. Esta etapa é composta de uma única linha para todos os modelos. Possui sistema de *skids* com plataforma móvel, manipuladores móveis para melhorar ergonomia na movimentação e princípios *Warenkorb* (um termo técnico logístico utilizado para descrever uma derivação dos sistemas JIT e *kanban*, atendendo a uma necessidade na área de fluxo de materiais, logística e engenharia de manufatura) e JIT. Vários componentes são fornecidos em JIS. Os para-choques, por exemplo, são entregues junto da estação onde ocorre sua montagem. Há um fornecedor que produz dentro da fábrica - a SAS, fabricante de painéis. Um destaque do processo de montagem final é o *Haku-Haku*, um banquinho desenvolvido de forma a facilitar a operação do trabalhador na colagem do tecido interno do carro. O casamento da carroceria com o chassi é feito por robô e é efetuado em poucos segundos. Do início ao fim do processo de montagem final do produto, a média de tempo é de 24 a 25 horas.

Os automóveis são transportados em via elevada, a fim de otimizar o espaço ocupado e melhorar a organização da fábrica. Cada carro é identificado a partir de um *chip*, no qual há informações sobre suas características. Desse modo, as peças são corretamente fornecidas. Ao final da montagem, todos os carros são avaliados em uma pista de testes.

2.5.2 Renault/Nissan

A fábrica da Renault/Nissan, localizada em São José dos Pinhais, produz todos os automóveis Renault fabricados no país (Logan, Duster, Sandero e Master) e os automóveis Nissan Frontier, Livina e Grand Livina (RENAULT, 2013). Sua capacidade foi recentemente ampliada de 280.000 para 380.000 veículos por ano. A fábrica é composta de duas linhas: A linha 1, na qual são produzidos os modelos Renault Logan, Duster e Sandero. Ela teve sua capacidade recentemente aumentada de 45 para 60 carros por hora. Na linha 2 ocorre a produção do Renault Master e dos Nissan Frontier, Livina e Grand Livina.

Devido ao aumento da capacidade, a fábrica sofre de problemas de falta de espaço. Há alguns anos haviam vários fornecedores instalados dentro da fábrica provendo peças em JIS, porém atualmente apenas algumas partes, como assentos, ainda são fornecidas deste modo.

O aluno realizou visita técnica à fábrica, descrita no item 4.2.

2.5.3 Volvo Trucks

A Volvo Trucks, localizada na CIC, possui uma única fábrica no Brasil, assim como a Renault. Ela produz caminhões (modelos VM, FM, FMX e FH), ônibus - tanto urbanos (B270F Urbano, B290R, B360S e B340) quanto rodoviários (B270F, B290R, B240R, B380, B380R, B420R e B450R), motores e transmissões (VOLVO, 2013).

Das fábricas instaladas na RMC, a Volvo Trucks não aplica o sistema JIS, a Renault/Nissan o aplica de forma reduzida e a Volkswagen produz através do sistema JIS de maneira mais completa.

2.6 Flexsim

O *software* de simulação Flexsim é capaz de simular as condições de produção em uma fábrica (FLEXSIM, 2013). O modelo nele desenvolvido é construído em ambiente com possibilidade bidimensional de posicionamento dos componentes. Os itens contidos em sua biblioteca emulam os que se encontram em uma fábrica, como

processador, transportador e operador. Cada item pode ter suas dimensões, suas posições e seus parâmetros de funcionamento definidos pelo usuário.

Os componentes básicos da biblioteca do *software* são o *Source*, fonte de peças na simulação, componente no qual se define os parâmetros das chegadas de peças; o *Queue*, que seria um estoque ou um *buffer*, no qual a peça fica armazenada, em espera; o *Processor*, que seria o processador, a máquina ou o local onde ocorre algum processo; o *Sink*, componente que retira as peças da simulação; o *Conveyor*, que seria uma esteira transportadora; o *Operator*, que seria o operador, o funcionário responsável por alguma atividade produtiva; o *Transporter*, que seria o meio de transporte da peça, possivelmente uma máquina transportadora; e o *Dispatcher*, um item adicionado para delegar tarefas a itens como o *Operator* e o *Transporter*.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Objetivo Geral: Estudar os resultados da aplicação do sistema JIS na linha de montagem final em montadora da Região Metropolitana de Curitiba (RMC).

Primeiramente foi realizada uma revisão da literatura sobre o conteúdo. Foram estudados os conceitos do STP e da produção enxuta através de livros sobre o assunto (OHNO, 1997) (WOMACK *et al.*, 2004) e pesquisas na *internet* para, em seguida, se pesquisar sobre o JIS, as montadoras da RMC e a aplicação do JIS nessas montadoras. As bibliotecas das principais universidades da região foram consultadas, assim como os recursos disponíveis na *internet*, por meio de mecanismos de busca e pelo portal de periódicos do CAPES.

Em seguida, visitas técnicas foram feitas. Primeiramente realizaram-se visitas técnicas comuns (para o público geral) na Renault e na Volkswagen, para se obter uma visão geral do funcionamento da linha de montagem das montadoras. Após mais um tempo de pesquisa na literatura disponível, foi realizada visita técnica específica, a fim de se observar o foco do trabalho – a aplicação do JIS em parte da linha de montagem final em montadora da RMC.

Foi primeiramente considerada a realização de visita técnica específica na fábrica da Volkswagen de São José dos Pinhais, que utiliza o JIS para um maior número de componentes. Porém, a empresa ofereceu somente a visita técnica para o público geral, sem a possibilidade de se analisar em profundidade o funcionamento do JIS. Este empecilho motivou a realização do estudo *in loco* somente na fábrica da Renault.

A visita técnica específica, realizada na Renault, teve como objetivo observar e obter informações sobre as partes da linha de montagem final nas quais a estratégia de manufatura JIS é aplicada – bancos e para-choques. O estudante levou um questionário para a visita (Apêndice A) no qual havia vários itens julgados necessários para compreender o funcionamento do JIS em tal montadora. Funcionários da empresa responderam às questões levantadas pelo estudante. Ele também observou *in loco* o fornecimento e a montagem de ambos os componentes fornecidos em JIS. Todas as informações foram anotadas em papel durante a visita.

Para se obter informações sobre o funcionamento do JIS na fábrica da Volkswagen, foram pesquisados artigos (CASTRO, 2007) (NOGUEIRA, 2013) e informações na *internet* (VOLKSWAGEN, 2012) (VOLKSWAGEN, 2013b) (CARGO, 2007) (GLOBALONLINE, 2013).

A simulação da aplicação do JIS foi realizada baseada em parte de uma linha de montagem final, utilizando-se dados teóricos, emulando um caso real. Com base em tais dados, foi realizada uma simulação no *software* Flexsim (FLEXSIM, 2013) versão 5.1.2 edição de demonstração (*Free Trial*). Devido à restrição do número de componentes na simulação nesta edição, apenas situações simples poderiam ser simuladas. Foram simuladas situações com alterações de certos parâmetros para se observar seus impactos no funcionamento da produção. Também foram realizadas simulações para os casos de JIT tradicional e JIT por *kits*, comparando-os entre si e com o JIS, para se analisar as características de cada um desses sistemas e suas diferenciações.

A comparação econômica entre as aplicações do JIT e JIS foi realizada a partir de dados de um componente fornecido em duas linhas de produção em montadora de automóveis da RMC, obtidos a partir de funcionário da empresa. Aplicando-se os dados obtidos nas equações expostas no artigo de Wagner e Silveira-Camargos (2011), com o auxílio do Microsoft Excel, chegou-se aos valores dos custos vinculados a cada sistema de produção. Foi analisada qual estratégia é a mais vantajosa economicamente: o JIT ou o JIS, com base no valor dos investimentos necessários para a implementação do JIS, pois eles são a variável cujo valor não pôde ser estimado.

4 FUNCIONAMENTO DO JIS EM MONTADORAS DA RMC

4.1 Volkswagen

As informações nesta seção foram obtidas em artigos e conteúdo da *internet*, referenciadas ao longo do texto.

A fábrica da Volkswagen em São José dos Pinhais possui 15 fornecedores (VOLKSWAGEN, 2013b) localizados nas suas adjacências. 14 deles utilizam o sistema JIS integrado com a montadora, portanto vários componentes são entregues em JIS na linha de montagem. (CASTRO, 2007) O painel de instrumentos é um exemplo à parte. O fornecedor do painel, SAS Automotive, é instalado dentro da própria fábrica da montadora. Ela fornece o conjunto completo – painel, sistema de ventilação e refrigeração (se for o caso) e chicote, já montado – em sequência, pronto para a montagem final.

Para a aplicação do JIS, a Volkswagen utiliza um sistema estruturado junto aos fornecedores. A localização estratégica dos fornecedores maiores, chamados de “moduleiros” ou “sistemistas”, na fábrica da Volkswagen, possibilita que vários componentes sejam entregues a qualquer momento na linha de produção, através de docas com acesso exclusivo para fornecedores, evitando-se filas em docas comuns (CARGO, 2013). Essas docas são espécies de armazéns destinados a cada um dos fornecedores, com saídas diretas para a linha de montagem (NOGUEIRA, 2013).

O *supply chain* (rede de fornecedores) da Volkswagen é gerenciado eletronicamente através do FIS (*Fabrikation Information System*), sigla em alemão para Sistema de Informações de Fabricação. Ele registra e gerencia todos os processos, desde processos ocorridos na montagem até pedidos de concessionárias. O FIS define a sequência dos carros a ser produzida. Os automóveis entram na linha de montagem de acordo com vários fatores, como tamanho e quantidade de opcionais. Para evitar ociosidade na etapa de inclusão dos acessórios, é feito um rodízio por tipo de veículo (NOGUEIRA, 2013).

A Volkswagen terceiriza a logística de sua fábrica. O operador logístico é a empresa CSI Cargo. Sua principal responsabilidade é a de abastecer a linha de

montagem com materiais na quantidade certa e no tempo certo. A empresa implantou mudanças na fábrica desde o início de sua atuação. Entre elas estão o sistema *Milk-Run* entre os fornecedores da fábrica, juntamente com as docas exclusivas e o chamado “supermercado”, uma área de sequenciamento de peças para abastecimento de linha baseado em módulos de produção. Nesta área, os funcionários recorrem a prateleiras do armazém de peças para encher cestas ou carrinhos com os componentes desejados para a montagem dos automóveis. Os carrinhos acompanham os veículos na linha de produção de forma sincronizada e são alimentados de acordo com o mix de modelos que entram na produção (CARGO, 2013).

O processo de produção começa com a definição da ordem de produção. Em seguida, começa-se a fabricação dos carros. Antes de ingressar na armação, o automóvel recebe um *Tag* - um chip que contém as especificações do carro a ser produzido (qual o modelo, a quantidade de portas, se há teto solar ou não, se é destinado ao Brasil ou à exportação, entre outras informações). 14 dos 17 fornecedores principais estão dentro da fábrica e integrados ao sistema FIS, que gerencia a produção. Eles fabricam as peças de acordo com os pedidos da montadora, eliminando estoques (NOGUEIRA, 2013).

Encerrada a etapa de armação, o carro ganha um novo *Tag*, desta vez inserido na altura do para-brisa. No módulo são incluídas informações sobre a cor e os acessórios internos do carro. O FIS monta uma nova sequência na linha, para que os blocos de carros que têm a mesma cor sejam pintados um após o outro. Pistolas de tinta que trocam de cor automaticamente fazem o trabalho. Enquanto os carros secam e são preparados para a montagem final, a sequência é alterada novamente, a fim de intercalar modelos completos com os mais simples. Nessa nova fase são incorporados os acessórios finais, como bancos e pneus, e iniciadas as baterias de testes de qualidade. Cinco horas depois do processo, um caminhão-cegonha recolhe os carros e os leva para as concessionárias (NOGUEIRA, 2013).

O planejamento da produção começa com seis meses de antecedência, quando o FIS envia as expectativas futuras de vendas para que os fornecedores comecem a planejar a produção de peças. Um mês antes da previsão de produção, os números são ajustados. Faltando duas semanas para o início do processo, os

fornecedores recebem as informações sobre os modelos de carros que serão efetivamente fabricados. O chamado final acontece duas horas antes do início da montagem, no momento em que o carro entra na etapa de colocação de acessórios. Só então os fornecedores preparam a sequência das peças, de acordo com a escala de modelos. Quando isso acontece, um caminhão passa em cada um dos fabricantes, recolhe as peças necessárias para a produção daquele dia, no sistema *Milk-Run*, e as leva para as docas (NOGUEIRA, 2013).

O transporte e abastecimento de peças no interior da fábrica são realizados através de veículos autoguiados, conhecidos como AGVs (*Automatic Guided Vehicles*). Estes veículos robotizados trafegam seguindo um caminho pré-definido, sem necessidade de operador (VOLKSWAGEN, 2012).

No transporte externo dos componentes, a Volkswagen utiliza o modal rodoviário para as operações logísticas entre as fábricas e os portos para as importações e exportações de automóveis e autopeças. Todas as importações da fábrica passam pelo porto de Paranaguá – considerado o principal gargalo de transporte da empresa (GLOBALONLINE, 2013).

Para facilitar o controle no abastecimento das suas fábricas, a Volkswagen implantou o sistema integrado de gestão empresarial, conhecido pela sigla SAP, software de gestão de negócios. Este sistema, que controla todas as operações da montadora, também planeja as operações logísticas (GLOBALONLINE, 2013).

4.2 Renault/Nissan

Foi visitada a Fábrica de Veículos Utilitários localizada no chamado Complexo Ayrton Senna, onde também estão localizadas a Fábrica de Veículos de Passeio e a Fábrica de Motores da Renault. Na Fábrica de Veículos Utilitários são produzidos os veículos Renault Master, Nissan Frontier, Nissan Livina e Nissan Grand Livina. Há duas linhas de montagem na fábrica - uma para o Renault Master e outra para os modelos da Nissan. Ambas as linhas funcionam de forma similar. Para a obtenção das informações contidas no trabalho, além de observação durante visita, foram consultados funcionários da empresa, baseando-se no plano de visita feito pelo aluno (Apêndice A).

O controle da produção na fábrica é realizado através de software desenvolvido pela própria empresa, o PSF. A comunicação entre cliente e fornecedor é feita por sistema informático do programa de produção, informando-se a sequência correta a ser entregue. Tal sequência é definida pela Renault com base num filme de produção, realizado com no mínimo oito semanas de antecedência.

O carro é identificado na linha de montagem através de uma *carte d'aille* - uma folha de papel A4 que contém todas as informações das peças a serem montadas em cada posto. Algumas informações estão especificadas em códigos de barras e outras em códigos com letras e números.

As partes fornecidas em JIS nesta linha de produção são os bancos e os para-choques. O JIS é especialmente vantajoso para as operações com tais componentes, pois eles possuem grande volume e ocupam ampla área, portanto um grande estoque deles no armazém e na linha de montagem final da empresa representaria uma necessidade de área consideravelmente maior.

Os bancos são fornecidos pela Faurecia, cuja fábrica é localizada em Quatro Barras. A rota mais curta entre fornecedor e cliente é de aproximadamente 21 km. Os para-choques são fornecidos pela Peguform, cuja fábrica é localizada em São José dos Pinhais, no PIC da Volkswagen. A rota mais curta entre fornecedor e cliente é de aproximadamente 27 km. Em ambos os casos, rotas alternativas podem ser realizadas de acordo com o tráfego das vias.

Como ambos os fornecedores estão localizados a uma distância considerável, a fábrica da Renault/Nissan não trabalha com os conceitos de Consórcio Modular ou Condomínio Industrial. Também por essa causa, os componentes são expedidos várias horas antes da montagem, e em lotes relativamente grandes em relação ao que seria possível em um Condomínio.

As peças são entregues por caminhão dos fornecedores até a montadora. Após chegarem à montadora, as peças são recebidas em docas exclusivas, nas quais ocorre o armazenamento das peças até que sejam transportadas para sua posição de montagem na linha de montagem final.

Tanto o fornecimento da Faurecia quanto o da Peguform são realizados pelas próprias empresas. Funcionários dessas empresas trabalham dentro da fábrica da

Renault e dispõem, em sequência, os *racks* contendo as peças na linha de produção em suas devidas posições. Os *racks* funcionam como meio de transporte e armazenamento e são instrumento de *Kanban* – quando um se esvazia, há o aviso de que é necessário repô-lo por outro carregado. Ambas as empresas usam folhas de papel impressas para identificar os produtos contidos nos *racks*.

A montagem dos bancos ocorre após a montagem do painel. O conjunto de assentos do veículo é entregue em dois *racks*, um contendo os bancos do lado direito e partes dos bancos traseiros e outro contendo os bancos do lado esquerdo e outras partes dos bancos traseiros.

A montagem dos para-choques ocorre logo após o casamento da carroceria com o chassi. O conjunto de para-choques é entregue em um *kit* contendo o para-choque dianteiro e o traseiro.

5 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO FUNCIONAMENTO DO JIS (E DO JIT)

A simulação computacional do funcionamento do JIS foi realizada através do *software* Flexsim versão 5.1.2. Foi escolhida uma parte da linha de montagem final para a simulação: a montagem de um módulo (*kit* montado) no veículo. A configuração dos itens adicionados à simulação do transporte e processamento do item foi realizada de acordo com a visita técnica realizada na Renault.

Na parte escolhida ocorre a montagem de um módulo que possui quatro diferentes variantes. Na Figura 10, os componentes da simulação estão dispostos de maneira a melhor expô-los.

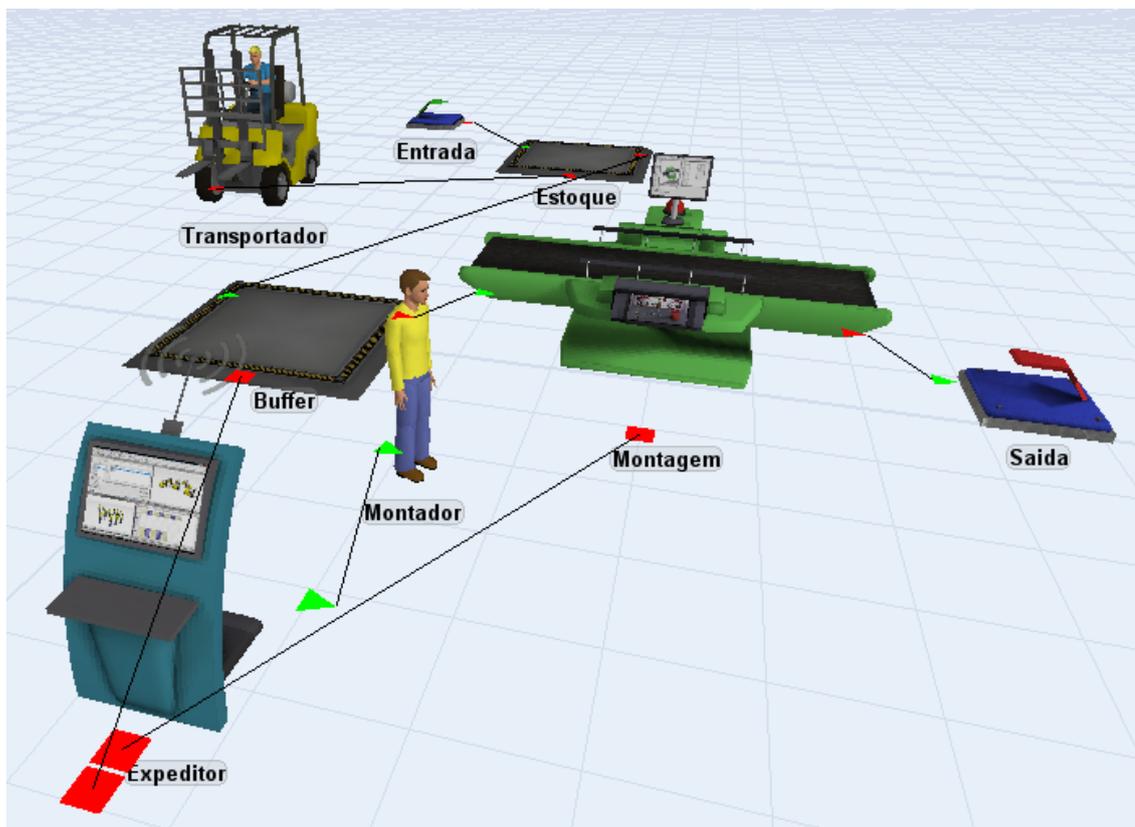


Figura 8: Componentes da simulação
Fonte: Autoria Própria

Para representar a entrada (“Entrada”), foi utilizado o componente *Source*; para o estoque (“Estoque”) e o *buffer* (“Buffer”) o *Queue*; para o montador (“Montador”), o

Operator, para a área de montagem (“Montagem”), o *Processor*, para a saída (“Saída”), o *Sink*. O item “Expeditor” (*Dispatcher*) foi adicionado para delegar a tarefa de carregar e operar o *Processor* para o *Operator*, simulando as operações do montador (buscar a peça no buffer e montá-la no veículo).

Os valores de velocidade de locomoção da transportadora e do operador foram mantidos como fornecidos pelo programa, que seriam teoricamente os que melhor simulam a realidade. O *buffer* foi inicialmente considerado como de 5 unidades, assim como a capacidade máxima de carregamento da máquina transportadora. As simulações foram realizadas considerando um período de 8 horas (28800 segundos), a duração de um turno.

Primeiramente, foi realizada a simulação de uma situação padrão em uma montadora que produz aproximadamente um veículo por minuto. Em seguida, foram realizadas várias simulações para se analisar o efeito de mudanças de parâmetros. Por fim, simulou-se o funcionamento da montagem aplicando-se o JIT tradicional e o JIT por kits.

5.1 Situações em JIS

5.1.1 Situação 1 - Situação Padrão

Para a situação padrão do JIS, em funcionamento na montagem de um componente, os componentes foram distribuídos na área de fabricação do Flexsim segundo a Figura 11.

O estoque de componentes foi posicionado a 30 metros do *buffer*, e o *buffer* ficou a 0,5 metros da área de montagem. O tempo de processo (tempo de montagem) ocorrido no processador (área de montagem) foi definido como sendo de 54 segundos para todas as variações do item. Os valores foram definidos como tais porque são próximos aos valores reais de uma linha de montagem funcionando em JIS processando um componente por minuto.

Para um turno de 8 horas, o total de peças montadas, segundo o programa, foi de 509 unidades, uma média de 63,625 unidades por hora, quantidade adequada à proposta de uma unidade por minuto (60 por hora), pois há de existir certa folga.

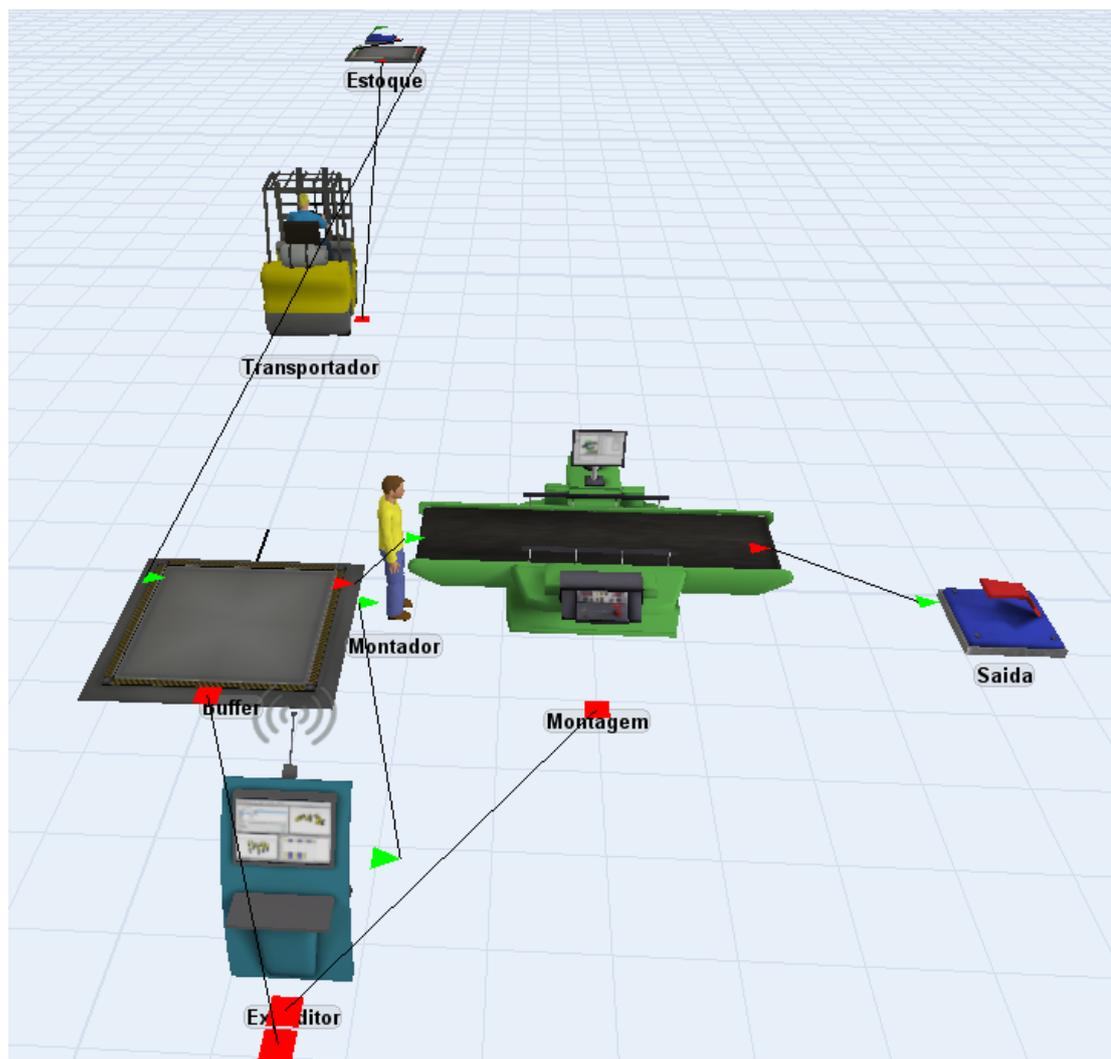


Figura 9: Posicionamento dos componentes na situação padrão

Fonte: Autoria Própria

O tempo de permanência (*staytime*) médio do componente no *buffer* foi de 249,3 segundos. O trabalhador percorreu uma distância de 803 metros durante as 8 horas, uma média de aproximadamente 100 metros por hora. A sua ocupação foi distribuída de acordo com a Figura 12.

Segundo o gráfico, o operário ficou trabalhando na montagem (*utilize*) praticamente na totalidade (95,6%) do tempo. Gastou relativamente pouco tempo caminhando para ir até o *buffer* buscar a peça (*travel_empty* - 2,0%) e voltando (*travel_loaded* - 2,2%). Demais tempos foram irrelevantes. A máquina transportadora obteve a distribuição contida na Figura 13.

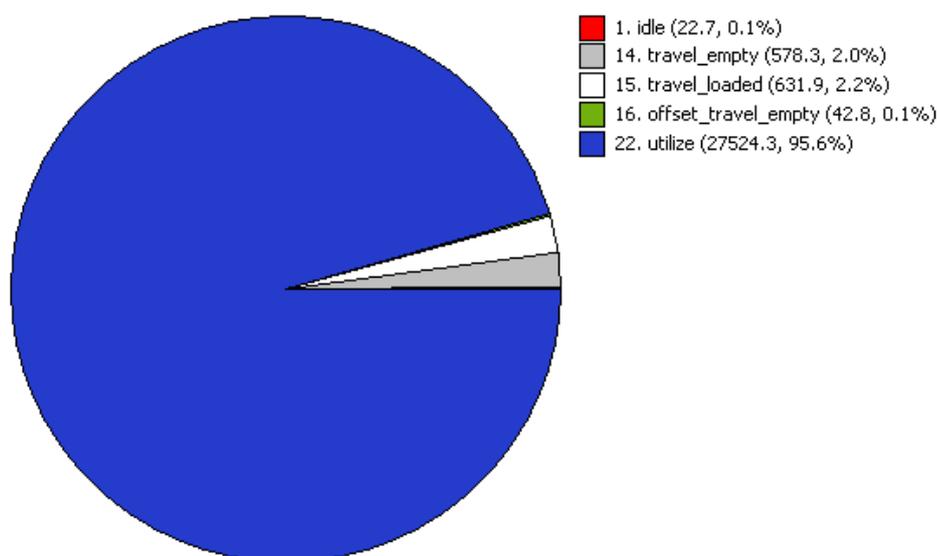


Figura 10: Ocupação do montador na situação padrão

Fonte: Autoria Própria

Segundo o gráfico, o operário ficou trabalhando na montagem (*utilize*) praticamente na totalidade (95,6%) do tempo. Gastou relativamente pouco tempo caminhando para ir até o *buffer* buscar a peça (*travel_empty* - 2,0%) e voltando (*travel_loaded* - 2,2%). Demais tempos foram irrelevantes. A máquina transportadora obteve a distribuição contida na Figura 13:

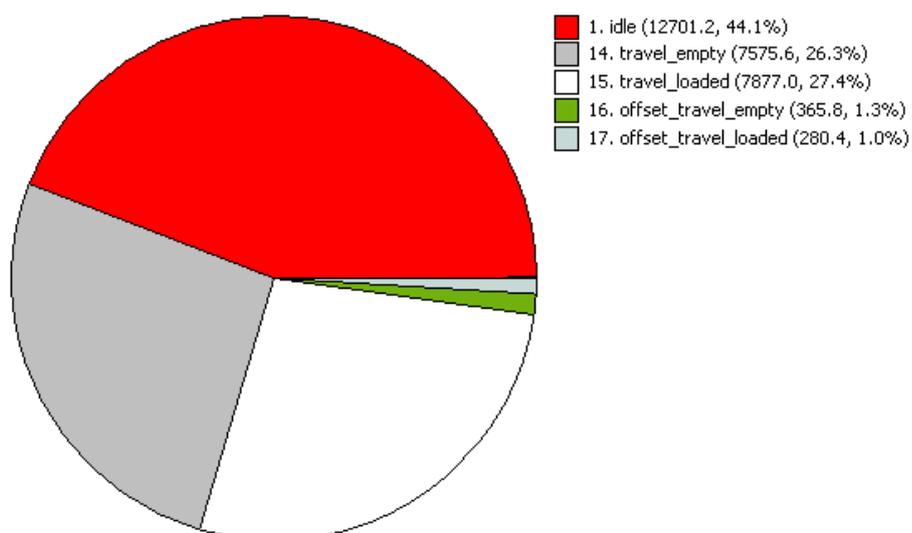


Figura 11: Ocupação da transportadora na situação padrão

Fonte: Autoria Própria

Em tal configuração, após atingir o limite do *buffer*, de 5 unidades, a máquina transportou somente um item por vez e, mesmo assim, ficou ociosa em boa parte do tempo (*idle* - 44,1%). Ela se locomoveu sem carga, a caminho do estoque, por 27,3% do tempo (os tempos de *offset_travel_empty* mais *travel_empty*) e, com carga, do estoque ao *buffer*, 28,7% do tempo (os tempos de *offset_travel_loaded* mais *travel_loaded*), totalizando 56% do tempo ocupado com locomoção.

Caso se conte os tempos de carga e descarga, considerando-os ambos como sendo 5 segundos, a configuração fica como indicado na Figura 14.

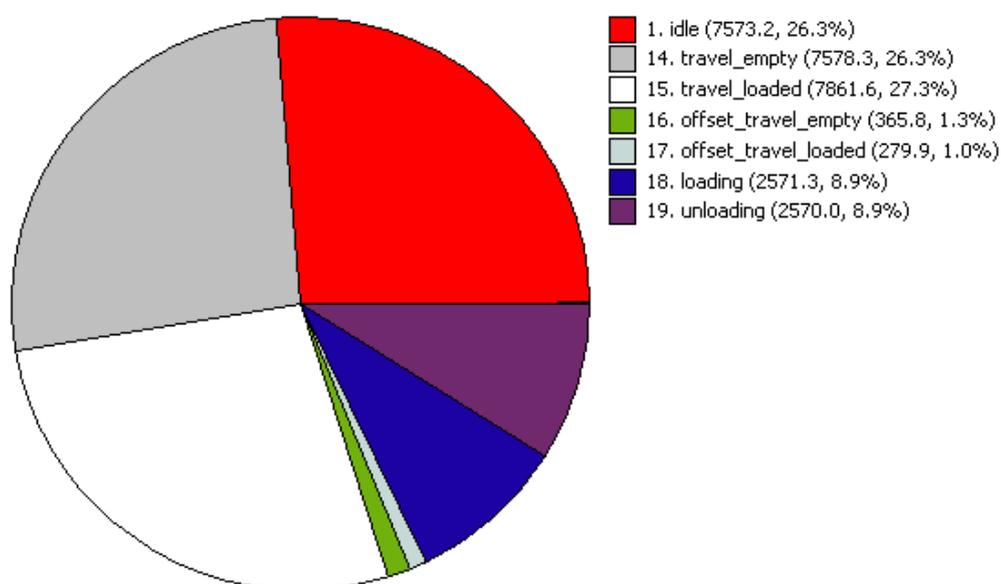


Figura 12: Ocupação da transportadora na situação padrão com os tempos de carga e descarga

Fonte: Autoria Própria

Em tal configuração das operações, a máquina continua transportando somente um item por vez ao atingir o regime permanente. Ela continuou a ficar ociosa em parte do tempo (*idle* – 26,3%), se locomoveu sem carga, a caminho do estoque, por 27,3% do tempo (os tempos de *offset_travel_empty* mais *travel_empty*) e, com carga, do estoque ao *buffer*, 28,7% do tempo, totalizando 56% do tempo ocupado com locomoção. O tempo de carga (*loading*) foi de 8,9%, assim como o de descarga (*unloading*), totalizando 17,8% do tempo total despendido com tais tarefas.

Conclui-se, baseando-se em tais resultados, que poderia haver alterações nas situações de transporte ou de *buffer*. Na simulação, a transportadora se locomove

com apenas um item por vez, mesmo tendo capacidade para mais unidades, abastecendo um *buffer* de 5 unidades e com tempo ocioso. Há duas alterações que poderiam ser feitas para otimizar o processo. A primeira seria realizar o transporte do estoque para o *buffer* somente quando a última peça entrasse em processo, economizando, assim, movimentos desnecessários da máquina transportadora. A segunda seria a redução do *buffer* para uma ou duas unidades, reduzindo, assim, a ocupação de área na linha de montagem e estoques desnecessários. A alteração deveria levar em conta qual alteração é de maior interesse da empresa.

5.1.2 Situação 2 – Mudança de distância entre operador e *buffer*

Nesta variação, foi alterada a distância entre o operador e o *buffer* de 0,5 metro para 3 metros, para se verificar como tal mudança afeta a produção.

A produção foi reduzida para 489 unidades nas 8 horas de trabalho, levando a uma média de 61,125 unidades por hora, ainda dentro do intervalo tolerável.

O tempo de permanência médio do componente no *buffer* aumentou ligeiramente, para 261,1 segundos. As porcentagens de ocupação mudaram para 91,7% na montagem (*utilize*) e 8,2% na locomoção, como visto na Figura 15.

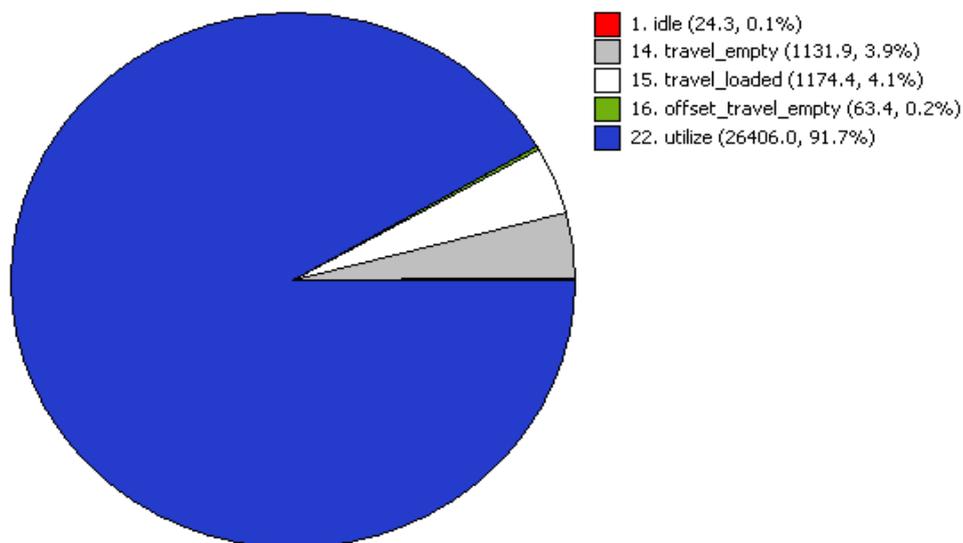


Figura 13: Ocupação do montador na situação 2

Fonte: Autoria Própria

A ocupação da máquina transportadora, contida na Figura 16, ficou com mais tempo ocioso (*idle* - 46,4%). Os tempos de locomoção, portanto, diminuíram (26,5% sem carga e 27,1% com carga, totalizando 53,6%). Após atingir o limite do *buffer*, de 5 unidades, a máquina continuou a transportar somente um item por vez. Caso se conte os tempos de carga e descarga, considerando-os ambos como sendo 5 segundos, a configuração fica segundo a Figura 17.

A máquina continua transportando somente um item por vez ao atingir o regime permanente. A ociosidade diminuiu (*idle* – 28,4%), se locomoveu sem carga por 26,6% do tempo e, com carga, 27,3%, totalizando 53,9%. Os tempos de carga e descarga somaram 17,8%.

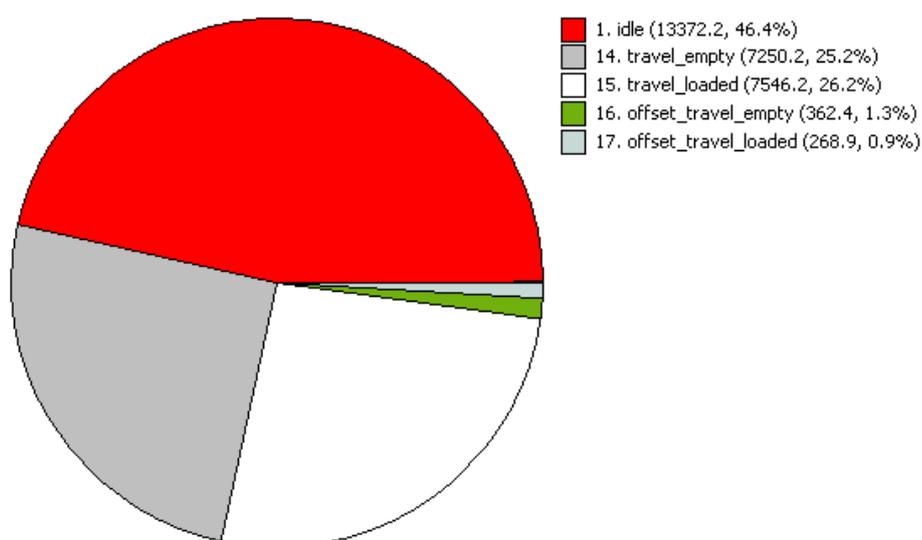


Figura 14: Ocupação da transportadora na situação 2

Fonte: Autoria Própria

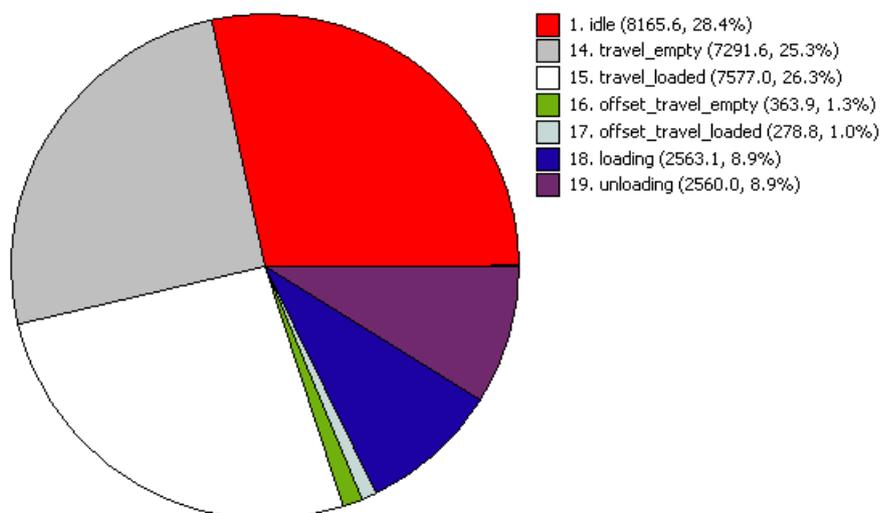


Figura 15: Ocupação da transportadora na situação 2 com os tempos de carga e descarga

Fonte: Autoria Própria

5.1.3 Situação 3 - Montagem de dois componentes por carro

Nesta variação, o tempo de montagem foi alterado para 27 segundos, simulando a montagem de duas peças num mesmo veículo como, por exemplo, o caso de limpadores de para-brisa. Os outros fatores permaneceram iguais aos da situação 1.

O número de peças montadas nas 8 horas do turno foi de 976 unidades, o que dá uma média de 122 unidades montadas por hora, ou 61 veículos nos quais houve a montagem dos componentes. O número foi maior que o mínimo necessário, porém menor que na situação original, pois, apesar da montagem de cada componente ser de metade do tempo da situação padrão, houve um maior tempo gasto pelo montador no deslocamento entre área de montagem e *buffer*, como observado na Figura 18.

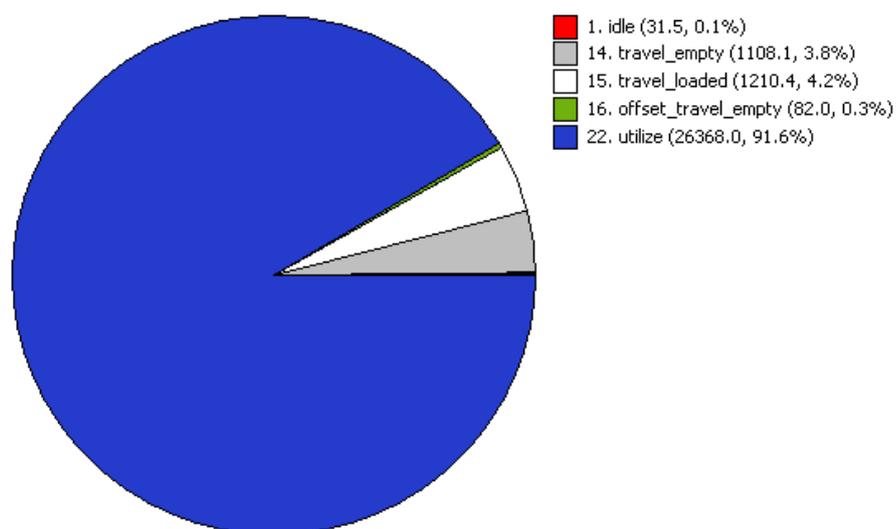


Figura 16: Ocupação do montador na situação 3

Fonte: Autoria Própria

Neste caso, a porcentagem de tempo gasto pelo trabalhador na montagem (*utilize*) reduziu para 91,6% do tempo. Tempos de deslocamento totalizaram 8,3%. O gráfico da máquina transportadora alterou-se para a exposta na Figura 19:

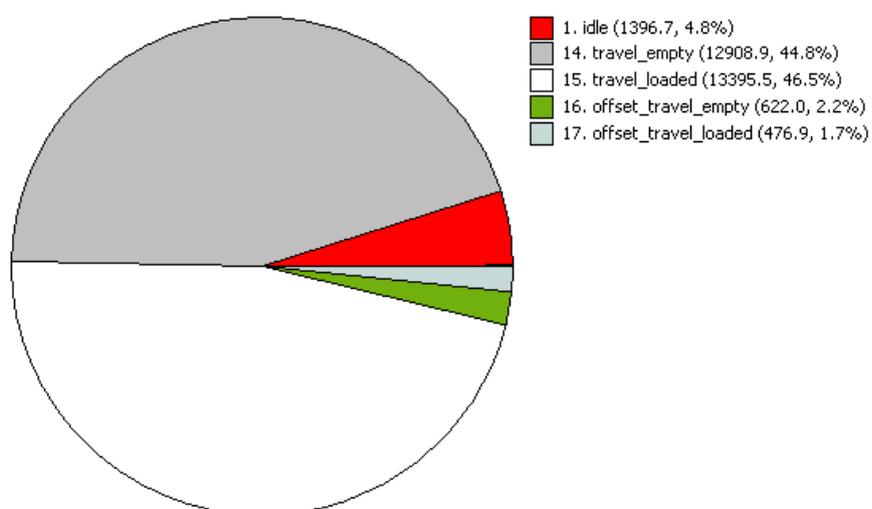


Figura 17: Ocupação da transportadora na situação 3

Fonte: Autoria Própria

Após atingir o limite do *buffer*, de 5 unidades, a máquina transportou entre um e dois itens por vez. Neste caso, o tempo ocioso (*idle*) reduziu de 44,1% para apenas 4,8%. Os tempos de locomoção totalizaram 95,2%. O tempo de permanência médio do componente no *buffer* diminuiu para 110,7 segundos. Neste caso, poder-se-ia reduzir o *buffer* para entre duas e três peças, ou utilizar a transportadora somente quando o *buffer* estivesse com somente uma peça.

5.2 JIT por kits

A distribuição dos componentes na fábrica com a aplicação do JIT por *kits* é apresentada na Figura 20. A principal diferença nessa configuração é que, como as peças não são entregues em sequência, há quatro diferentes estoques, um para cada variação do componente. Os estoques estão localizados no armazém da fábrica, portanto eles estão a uma distância bem maior que no JIS, que possui docas exclusivas para cada componente localizadas bastante próximas do local de montagem na linha de montagem. O sequenciamento é realizado pela máquina transportadora, que busca as peças no armazém.

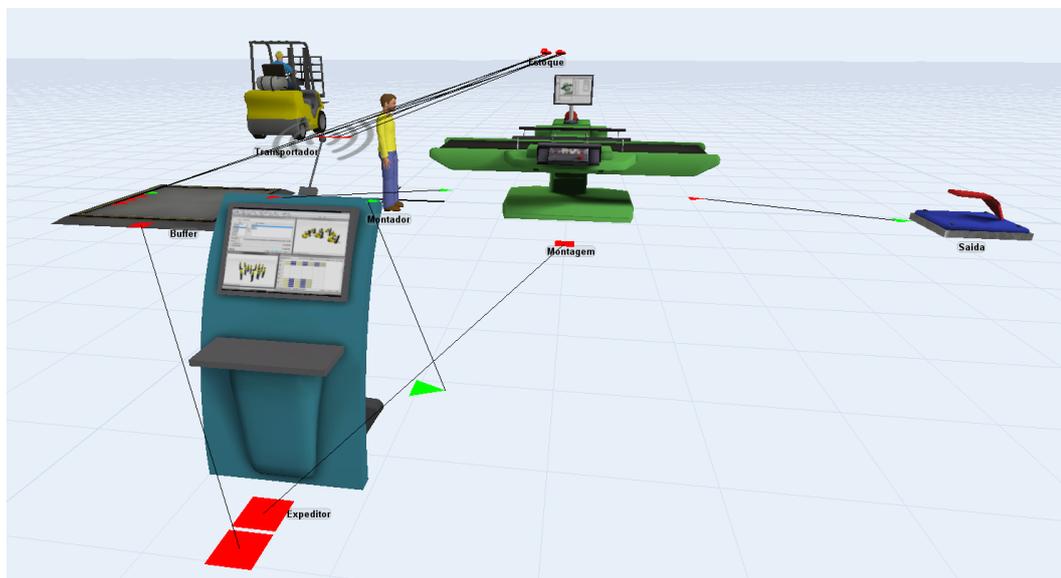


Figura 18: Posicionamento dos componentes na situação JIT por kits

Fonte: Autoria Própria

Para se comparar a situação do JIT por *kits* em relação ao JIS, ele foi simulado em duas situações com variação de distância entre estoque e *buffer*.

5.2.1 Situação 4 - JIT por *kits* com distância de 180 metros entre estoque e *buffer*

No caso estudado, o armazém é localizado a uma distância de 180 metros da área de montagem. A distância entre área de montagem e *buffer* foi mantida como 3 metros, o que resultou na mesma distribuição de ocupação da situação 2 para o trabalhador responsável pela montagem. Foi considerado como sendo 1 segundo o tempo de carga e descarga de cada peça.

A distribuição de ocupação da máquina transportadora, devido à grande alteração de distância entre estoque e *buffer*, sofreu uma grande mudança, observada na Figura 21.

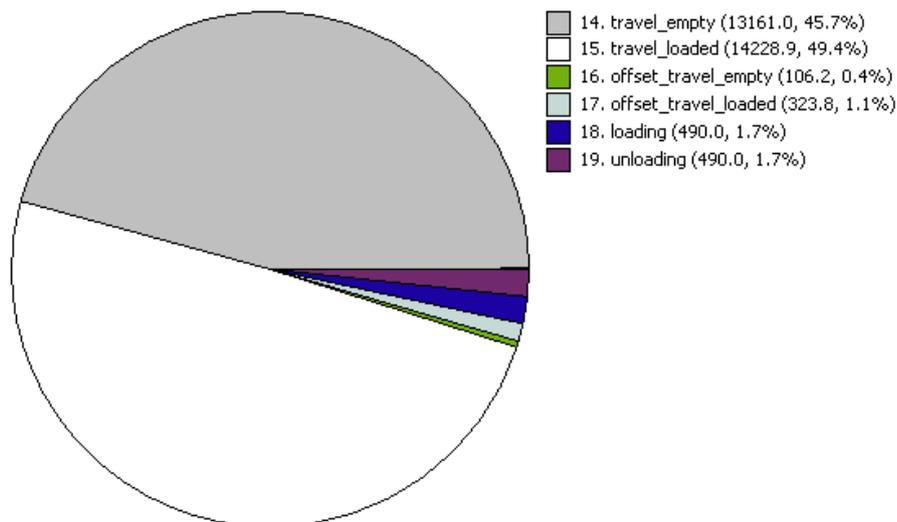


Figura 19: Ocupação da transportadora na situação 4

Fonte: Autoria Própria

A máquina passou a não ter mais tempo ocioso. Todo o seu tempo foi utilizado para locomoção. Ela passou a carregar de 3 a 4 unidades por viagem (Figura 22), o que faz com que, neste caso, a quantidade de 5 unidades no *buffer* seja ideal para o caso de querer se trabalhar com o estoque mínimo, porém bastante arriscado para o caso de qualquer falha no transporte entre armazém e *buffer*.



Figura 20: Gráfico carregamento vs. tempo da transportadora na situação 4

Fonte: Autoria Própria

Neste caso, é possível que haja vantagens em aumentar o tamanho do *buffer* para se diminuir a quantidade de viagens realizadas pela máquina transportadora, caso a empresa avalie que a economia trazida por tal alteração seja mais lucrativa que a economia de espaço na linha de montagem.

5.2.2 Situação 5 - JIT por *kits* com distância de 360 metros entre estoque e *buffer*

Neste caso, houve a necessidade de se aumentar a capacidade da máquina transportadora e do *buffer* de 5 para 10 unidades. O carregamento da máquina passou a ficar entre 6 e 7 unidades, conforme Figura 23.

Assim como na situação 4, deve-se avaliar qual o tamanho do *buffer* mais vantajoso para a empresa. Deve-se notar que a complexidade logística do JIT por *kits* é maior que a do JIS, pois as máquinas transportadoras devem selecionar os componentes na ordem correta. Isso gera maiores tempos gastos pelas máquinas e até a possibilidade de erros de sequenciamento que poderiam resultar até em paradas na linha de produção. Em ambas as situações do JIT por *kits*, a ocupação do operador é semelhante à do JIS. Ela, porém, muda na situação do JIT simples.

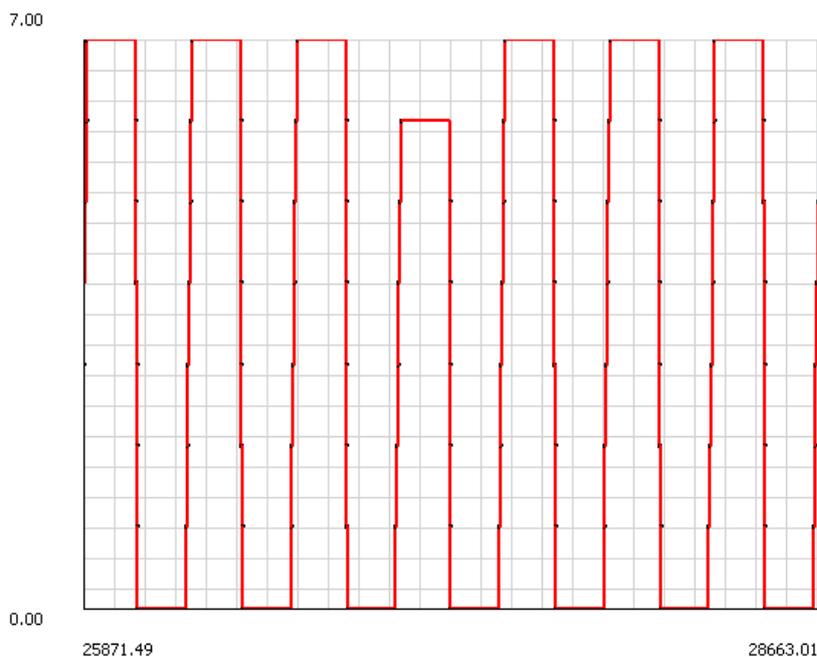


Figura 21: Gráfico carregamento vs. tempo da transportadora na situação 5
 Fonte: Autoria Própria

5.3 Situação 6 - Montagem em JIT simples

A situação de montagem baseada no JIT simples é representada na Figura 24. Há um *buffer* para cada variante do componente, o que representa um grande aumento no espaço utilizado na linha de montagem. A reposição dos componentes do *buffer* foi considerada como ocorrendo logo que a peça é retirada pelo trabalhador. Foi mantido o tempo de 54 segundos de montagem.

A quantidade de peças montadas foi de 486 nas 8 horas de trabalho, resultando em 60,75 unidades por hora, bastante perto do mínimo de 60 unidades demandada. A ocupação do trabalhador foi parecida com a da situação 2, como indicado na Figura 25.

O trabalhador ocupou-se na atividade de montagem por 91,3% do tempo e caminhou para pegar as peças no restante. O tempo de permanência médio das peças no *buffers* foi bem maior que nas outras situações, totalizando 1157,5 segundos, devido ao aumento de número de *buffers*, totalizando uma maior quantidade de peças em espera.

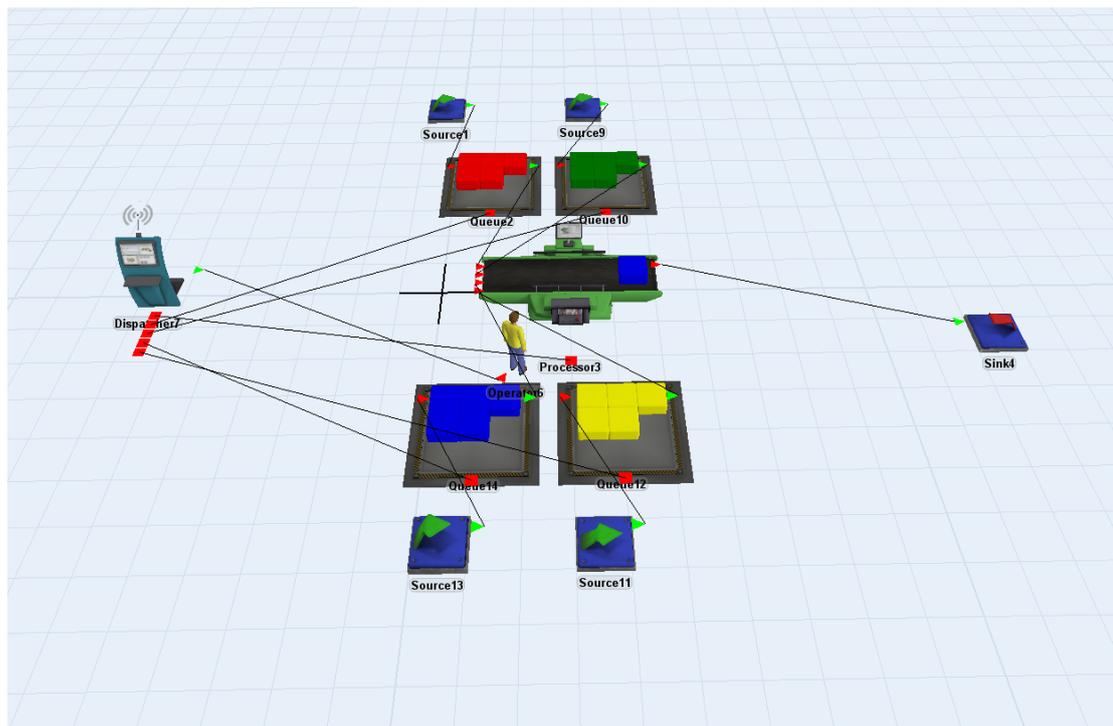


Figura 22: Posicionamento dos componentes na situação 6
 Fonte: Autoria Própria

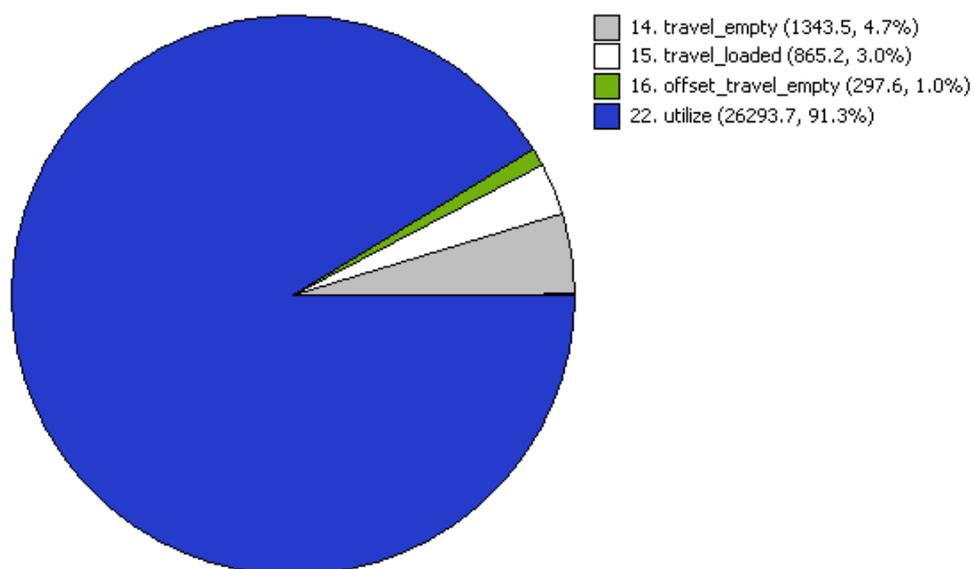


Figura 23: Ocupação do montador na situação 6
 Fonte: Autoria Própria

A principal diferença observada nas simulações entre o JIT tradicional e o JIS (e o JIT por *kits*) é o maior espaço ocupado pelos *buffers* na linha de montagem. Apesar da simulação ter considerado que as peças dos *buffers* são repostas instantaneamente, este não será o caso em uma situação real. A redução dos *buffers* provavelmente não seria uma alternativa viável, pois a reposição de componentes, em JIT, é realizada com menos frequência que no JIS, devido a maior complexidade logística. O tempo gasto com a seleção da peça correta e a possibilidade de erros na seleção de peças por parte do montador também são diferenciais do JIT tradicional para o JIS.

A Tabela 3 resume os parâmetros considerados em cada uma das situações.

Tabela 3: Parâmetros das simulações

Situação:	1	2	3	4	5	6
Distância entre <i>buffer</i> e área de montagem	0,5m	3m	0,5m	3m	3m	-
Distância entre estoque e <i>buffer</i>	30m	30m	30m	180m	180m	-
Tamanho do <i>buffer</i>	5 un.	5 un.	5 un.	5 un.	10 un.	20 un. (5 para cada variante)
Capacidade da máquina transportadora	5 un.	5 un.	5 un.	5 un.	10 un.	-
Tempo do operador na montagem	54s	54s	27s	54s	54s	54s

Fonte: Autoria Própria

6 COMPARAÇÃO ECONÔMICA JIT X JIS

Para realizar uma comparação entre as aplicações das estratégias de produção JIT e JIS, foi decidido confrontá-las na questão de atratividade econômica (avaliação de qual trará maior retorno financeiro à empresa), baseando-se em cálculos fundamentados nas equações expostas no artigo de Wagner e Silveira-Camargos (2011) apresentadas a seguir, juntamente com suas justificativas de formulação. Dos sete custos expostos em tal artigo, seis foram utilizados na monografia – um deles foi omitido pois sua formulação não estava clara.

6.1 Condições para se considerar a troca JIT para JIS

Segundo o artigo, há certas condições para se considerar a troca do sistema JIT para o JIS:

6.1.1 Condição necessária: variedade

Proposição 1: Um nível mínimo de variedade é necessário a fim de considerar o fornecimento JIS de um módulo (conjunto de peças pré-montadas).

6.1.2 Condições suficientes: valor e complexidade logística

Proposição 2: Quanto maior for o valor de um módulo, mais vantajoso o fornecimento JIS será.

Proposição 3: Com o aumento da complexidade logística de um módulo, o fornecimento JIS irá reduzir significativamente a necessidade de espaço e custos de movimentação.

6.2 Função do Custo Total de Logística

O custo logístico total é baseado em três parâmetros: Variedade, valor e complexidade logística.

- Variedade (v): Número de variantes do respectivo módulo [Unidades];
- Valor (p, X): Preço por módulo multiplicado pelo tamanho do lote de produção dividido por unidade de tempo [Reais / Unidade de tempo];

- Complexidade logística (G, 1-B): Tamanho da parte (m^3) e robustez da parte (1-B), sendo B a taxa de defeito do módulo.

Os custos logísticos podem ser separados em sete categorias: Custos do sistema, de manuseio, de inventário, de área, de transporte interno, de montagem e de defeito. A seguir, há uma breve explicação de cada um deles juntamente com a equação para seu cálculo:

6.2.1 Custos do sistema

Os custos do sistema são definidos como sendo todos os investimentos iniciais necessários para implementar o JIS, pois ele necessita de um maior esforço em termos de qualidade do processo, fluxo de informações e transparência. A dependência temporal entre fornecedor e comprador é maior, portanto são necessários maior integração de processos e comunicação e monitoramento do sistema.

$$C_{\text{sistema}}(\text{JIT})=0 \quad (1)$$

$$C_{\text{sistema}}(\text{JIS})=FC \quad (2)$$

onde FC são os investimentos complementares necessários para a implementação do JIS (reais).

6.2.2 Custos de manuseio

Para modelar a função dos custos de manuseio, são somados os custos de ordenamento e fornecimento na sequência demandada. Os custos de manuseio ocorrem na área de logística da entrada da fábrica.

Segundo Wildemann (2001), para até três variantes fornecidas a reordenação dos módulos na sequência de produção na área de entrada de logística não se mostra necessária. Para quatro ou mais variantes fornecidas, o reordenamento na área de entrada de logística é necessário. Como resultado, os custos irão crescer quadraticamente por causa do esforço adicional necessário para reorganizar os módulos na sequência de produção, a fim de se evitar complexidade na estação de montagem.

$$C_{\text{manuseio}}(\text{JIT}) = 3 \cdot v \cdot t_{\text{reais}}(G) \cdot X, \text{ para } 0 < v \leq 3 \quad (3)$$

$$(2*v^2 + 3*v) * t_{\text{reais}}(G)*X, \text{ para } v \geq 4 \quad (4)$$

$$C_{\text{manuseio}}(\text{JIS}) = 3*t_{\text{reais}}(G)*X \quad (5)$$

onde:

- v - Variantes (unidades);
- t_{reais} - Equivalente monetário do tempo necessário por esforço necessário (reais/h);
- G – Tamanho do módulo (m^3);
- X – Tamanho da série (unidades).

6.2.3 Custos de inventário

Sistemas JIT/JIS operam em condições de demanda estável e objetivam o nível de inventário a um mínimo. O inventário de um OEM, portanto, consiste de módulos conectados fisicamente no processo de produção e é representado pelo ciclo de inventário. O ciclo de inventário representa a média da taxa de inventário do total de módulos produzidos. Seu tamanho depende das condições exógenas de entrega, como distância do fornecedor, tempo de entrega e frequência de entrega.

Os custos de inventário são influenciados pela razão de inventário “r”, o preço do módulo “p”, o tamanho da série “X” e os custos de capital “i”. O número de variantes “v” também os influencia, devido ao aumento do ciclo de inventário absoluto.

Mudar para o JIS diminui o aumento de inventário atrelado ao maior número de variantes. Os módulos que vêm dos fornecedores são entregues diretamente na linha de montagem. O tamanho do inventário deixa de depender do número de variantes do módulo para depender apenas da quantidade de material de trabalho em progresso.

$$C_{\text{inventário}}(\text{JIT}) = [r*X + (v-1)/r]*p*i \quad (6)$$

$$C_{\text{inventário}}(\text{JIS}) = r*X*p*i \quad (7)$$

onde:

- r – Razão de inventário (%);

- v - Variantes (unidades);
- p – Preço do módulo (reais);
- X – Tamanho da série (unidades);
- i – Custo do capital (%).

6.2.4 Custos de área

Custos de área são diretamente afetados pelos requerimentos de espaço e de fluxo de transporte. No modelo proposto, os custos da área são baseados nos requisitos de espaço físico da logística de entrada e das estações de montagem. Dado o espaço limitado nas estações de montagem, um grande número de variantes leva a uma grande complexidade para o operador na linha de montagem e no sequenciamento das peças na logística de entrada.

$$C_{\text{área}}(\text{JIT}) = (I \cdot G / R^3) \cdot R^2 \cdot A \quad (8)$$

$$C_{\text{área}}(\text{JIS}) = (r \cdot X \cdot G / R^3) \cdot R^2 \cdot A \quad (9)$$

onde:

- $I - r \cdot X + (v-1)/r$ = Tamanho do inventário (unidades);
- r – Razão de inventário (%);
- G – Tamanho do módulo (m³);
- R² – Área do *rack* (m²);
- R³ – Volume do *rack* (m³);
- A – Custo do espaço (reais/m²);
- v – Variantes (unidades);
- X – Tamanho das séries (unidades).

6.2.5 Custos de transporte interno

Os custos de transporte interno são descritos no modelo como transporte de módulos entre a logística de entrada e a linha de montagem. Seguindo o raciocínio da maior complexidade devido ao número maior de variantes, o gerenciamento de vários *racks* em JIT para várias variantes aumenta o esforço de empilhadeiras ou

dispositivos de transporte equivalentes. Analogamente ao custo de manuseio, o aumento do custo é linear de uma a três variantes. No caso de quatro ou mais variantes, o custo vai permanecer diretamente proporcional ao tamanho “X” da série. O mesmo ocorrerá a entregas em JIS, por não requererem manuseio adicional.

$$C_{\text{transporte}}(\text{JIT}) = 2 * ((v * X / 3) / R^3) * t_{\text{reais}}, \text{ para } 0 < v \leq 3 \quad (10)$$

$$= 2 * (X / R^3) * t_{\text{reais}}, \text{ para } v \geq 4 \quad (11)$$

$$C_{\text{transporte}}(\text{JIS}) = 2 * (X / R^3) * t_{\text{reais}} \quad (12)$$

onde:

- X – Tamanho das séries (unidades);
- v – Variantes (unidades);
- R³– Volume do *rack* (m³);
- t_{reais} – Custos de transporte interno (reais/h).

6.2.6 Custos de montagem

Os custos de montagem representam o esforço do operador de montagem através do tempo por unidades monetárias necessárias para cumprir a tarefa predefinida da respectiva estação de montagem. O processo de montagem pode ser dividido em: (1) a seleção da peça correta antes da montagem, e (2) a operação de montagem física de um módulo.

É considerado que a operação de montagem física não é afetada por um aumento do número de variantes (considerando-se que as variantes de módulos diferentes têm arquiteturas modulares equivalentes que não tornam seus processos de montagem diferentes). Consequentemente, não existe qualquer diferença entre JIT e JIS nela. No entanto, para a seleção do componente correto, o JIT é diretamente afetado por um aumento do número de variantes que, consequentemente, aumenta a complexidade de montagem. Esta complexidade constitui maiores distâncias de locomoção, mais risco de confusão e de sucata potencial que é causada pela manipulação crescente na estação de montagem. Isso inevitavelmente diminui a produtividade, em termos de mais horas de trabalho por veículo.

$$C_{\text{montagem(JIT)}} = v \cdot y \cdot t_{\text{reais}} \cdot X / 3600, \text{ para } 0 < v \leq 3 \quad (13)$$

$$4 \cdot y \cdot t_{\text{reais}} \cdot X / 3600, \text{ para } v \geq 4 \quad (14)$$

$$C_{\text{montagem(JIS)}} = y \cdot t_{\text{reais}} \cdot X / 3600 \quad (15)$$

onde:

- v – Variantes (unidades);
- t_{reais} – Equivalente monetário do tempo necessário para a montagem de peças (reais/h);
- y – Tempo do ciclo de montagem incorrido na peça (s);
- X – Tamanho da série (unidades).

Todos os dados necessários para os cálculos estão listados a seguir, juntamente com a explicação do que cada um significa e um exemplo (e alguns comentários foram adicionados):

a) Variantes (v [unidades])

É medido em número de variantes (tipos diferentes) do módulo (o módulo é o *kit* montado). Por exemplo: 4 variantes. Um motor é um módulo que, frequentemente, tem várias variantes. O caminhão Volvo FM pode ser configurado com o motor D11C de 330, 370, 410 ou 450 hp, totalizando 4 variantes.

b) Equivalente monetário do tempo necessário por esforço necessário (t_{reais} [reais/h])

Custo da mão-de-obra (por hora). Por exemplo: R\$30,00/hora. Em tal modelo, é considerado que a mão de obra tem o mesmo custo em todos os processos envolvidos.

c) Tamanho do módulo (G [m³])

Volume do módulo. Por exemplo: 0,5 m³. Se o módulo for um para-choque, o tamanho do módulo é o volume de tal peça.

d) Tamanho das séries (X [unidades])

Número de itens produzidos em um determinado período. Pode ser mês, semestre, ano, etc. No caso estudado, considera-se um ano. Por exemplo: 40.000 unidades (por ano)

e) Razão de inventário (r [%])

É o valor do estoque médio dividido pelo custo total do lote (custo relativo de cada unidade do lote). Por exemplo: 10%. No caso de estudar-se o tempo de um ano de produção, uma razão de inventário de 10% significa que o estoque acumulado é o suficiente para abastecer a fábrica por um período referente a 10% do ano. Considerando-se um ano como sendo composto de 360 dias, tal estoque seria de 36 dias de produção.

f) Preço de aquisição do módulo (p [reais])

Preço pago pelo módulo (*kit* montado). Por exemplo: R\$300,00.

g) Custo do capital (i [%])

Juros cobrados pelo dinheiro emprestado em um determinado período. Pode ser mês, semestre, ano, etc. No caso estudado considera-se um ano. Por exemplo: 14% (ao ano).

h) Área do *rack* (R^2 [m^2])

Área plana ocupada pelo *rack* (dispositivo de estocagem e transporte do módulo) na fábrica. Por exemplo: $2m^2$.

i) Volume do *rack* (R^3 [m^3])

Volume total ocupado pelo *rack* na fábrica. Por exemplo: $3m^3$.

j) Custo do espaço (A [reais/ m^2])

Custo do espaço ocupado (por m^2). Por exemplo: R\$100,00/ m^2 .

k) Tempo de montagem incorrido na peça (y [s])

Tempo de montagem de cada peça. Por exemplo: 10 segundos.

l) Custos de implementação do JIS (FC [reais])

Investimento necessário para se implementar o JIS. Por exemplo: R\$ 1.000.000,00.

6.3 Comparação econômica JIT x JIS em montadora da RMC

Para se analisar a vantagem econômica de substituir o fornecimento de certo componente de JIT para JIS, dados de uma montadora da RMC foram obtidos. Devido à confidencialidade dos dados, não são revelados o nome da empresa ou qual o componente estudado. Foram-se obtidos dados referentes a duas linhas de montagem. Na primeira, dois modelos diferentes de automóveis são montados. Há 5 variedades diferentes de componentes, A, B, C, D e E. Um dos modelos pode ser equipado com A, B, C e D e, o segundo, B, C, D e E. Na segunda, um único modelo é montado, com três variantes do componente. Os dados de cada linha, juntamente com os cálculos de custos, encontram-se a seguir:

6.3.1 Linha 1

- a) **Variantes (v):** 5 variantes;
- b) **Equivalente monetário do tempo necessário por esforço necessário (treais):** R\$30,00/hora;
- c) **Tamanho do módulo (G):** 2m³;
- d) **Tamanho das séries (X):** 17000 unidades;
- e) **Razão de inventário (r):** 1%;
- f) **Preço de aquisição do módulo (p):** R\$ 64.000,00;
- g) **Custo do capital (i):** 12% ao ano;
- h) **Área do rack (R²):** 3m²;
- i) **Volume do rack (R³):** 4m³;
- j) **Custo do espaço (A):** R\$300/m²;
- k) **Tempo de montagem incorrido na peça (y):** 700s;
- l) **Custos de implementação do JIS (FC):** Considerado como sendo a variável do problema.

Substituindo tais valores nas equações apresentadas anteriormente (através do *software* Microsoft Excel) os custos obtidos em cada item foram de (com arredondamento de R\$1000,00):

- a) **Custos do sistema:**

Em JIT: R\$0,00

Em JIS: FC_{linha1}

b) Custos de manuseio:

Em JIT: R\$553.000,00

Em JIS: R\$128.000,00

c) Custos de inventário:

Em JIT: R\$4.378.000,00

Em JIS: R\$1.306.000,00

d) Custos de área:

Em JIT: R\$257.000,00

Em JIS: R\$77.000,00

e) Custos de transporte:

Em JIT: R\$255.000,00

Em JIS: R\$255.000,00

f) Custos de montagem:

Em JIT: R\$397.000,00

Em JIS: R\$99.000,00

O custo total foi de:

Em JIT: R\$5.838.000,00

Em JIS: R\$1.864.000,00 + FC_{linha1}

Portanto, o JIS é a opção mais interessante economicamente caso os custos de implementação nesta linha (FC_{linha1}) forem menores que R\$3.974.000,00.

Pelo gráfico em pizza da Figura 26, é possível observar que, neste caso, o custo relacionado ao inventário é o responsável pela maior parte dos gastos deste sistema funcionando em JIT. O gráfico do sistema em JIS não foi produzido, pois não se conhece seus custos de implementação.

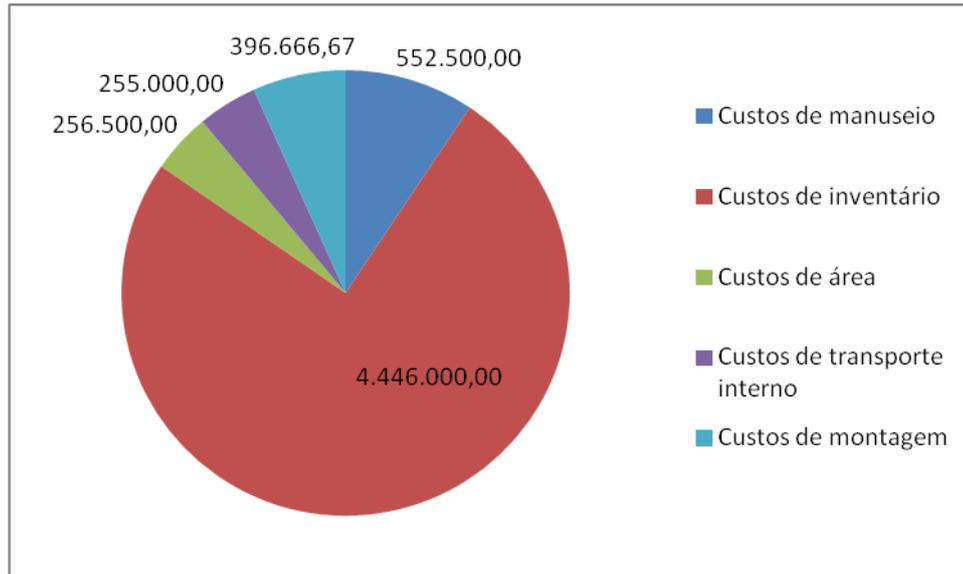


Figura 24: Custos de produção na linha 1 funcionando em JIT (valores em R\$)
 Fonte: Autoria Própria

6.3.2 Linha 2

- a) **Variantes (v):** 3 variantes;
- b) **Equivalente monetário do tempo necessário por esforço necessário (treais):** R\$30,00/hora;
- c) **Tamanho do módulo (G):** 2m³;
- d) **Tamanho das séries (X):** 8000 unidades;
- e) **Razão de inventário (r):** 1%;
- f) **Preço de aquisição do módulo (p):** R\$ 45.000,00;
- g) **Custo do capital (i):** 12% ao ano;
- h) **Área do rack (R²):** 3m²;
- i) **Volume do rack (R³):** 4m³;
- j) **Custo do espaço (A):** R\$300/m²;
- k) **Tempo de montagem incorrido na peça (y):** 480s;
- m) **Custos de implementação do JIS (FC):** Considerado como sendo a variável do problema.

Substituindo tais valores nas equações apresentadas anteriormente, os custos obtidos em cada item foram de (com arredondamento de R\$1000,00):

a) Custos do sistema:

Em JIT: R\$0,00

Em JIS: FC_{linha2}

b) Custos de manuseio:

Em JIT: R\$36.000,00

Em JIS: R\$36.000,00

c) Custos de inventário:

Em JIT: R\$1.512.000,00

Em JIS: R\$432.000,00

d) Custos de área:

Em JIT: R\$126.000,00

Em JIS: R\$36.000,00

e) Custos de transporte:

Em JIT: R\$120.000,00

Em JIS: R\$120.000,00

f) Custos de montagem:

Em JIT: R\$96.000,00

Em JIS: R\$32.000,00

O custo total foi de:

Em JIT: R\$1.890.000,00

Em JIS: R\$656.000,00 + FC_{linha2}

Portanto, o JIS é a opção mais interessante economicamente caso os custos de implementação nesta linha (FC_{linha2}) forem menores que R\$1.234.000,00.

O gráfico em pizza dos custos (Figura 27) continua mostrando que o inventário é o maior custo do sistema funcionando em JIT. O custo que teve maior alteração na participação no gráfico (em relação ao anterior) foi o custo de manuseio. Isto confirma que este custo aumenta bastante com o aumento do número de variantes do sistema.

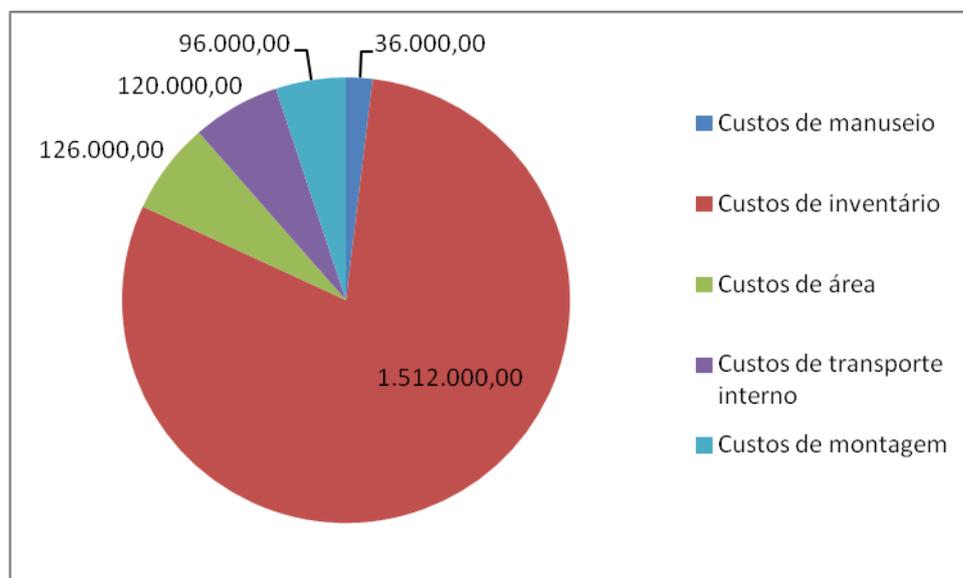


Figura 25: Custos de produção na linha 2 funcionando em JIT (valores em R\$)
 Fonte: Autoria Própria

6.3.3 Conjunto das duas linhas

O custo do conjunto das duas linhas seria de:

Em JIT: R\$7.728.000,00

Em JIS: R\$2.520.000,00 + FC

Portanto, segundo as equações dadas, para se substituir o fornecimento de JIT para JIS deste componente em ambas as linhas da fábrica, o custo total de implementação (FC) deve ser menor que R\$5.208.000,00.

Tal cálculo possui algumas hipóteses e simplificações que, caso fossem avaliadas mais a fundo, poderiam mudar o valor final obtido. O custo de implementação máximo para se considerar a troca no modelo é o custo que seria amortizado em um período de um ano. Caso a empresa aceitasse um período maior

de amortização, o valor seria proporcionalmente maior. Por exemplo, se o período fosse de 4 anos, o valor investido poderia ser de até R\$20.832.000,00.

Para simplificação, a razão de inventário foi considerada igual para ambos os casos JIT e JIS, porém ela certamente ficaria menor para o caso do JIS. O JIS diminuiria estoques, portanto os custos de área e de inventário do JIS seriam ainda menores.

Os efeitos do aumento do nível de qualidade também não foram levados em consideração. Para se mudar do JIT para JIS, deve ocorrer um aumento na qualidade dos produtos fornecidos, portanto o custo dos componentes poderá aumentar. O fornecimento de peças com defeito no JIS ocasiona prejuízos muito maiores que no JIT; isto também poderia entrar no cálculo final.

A decisão de troca do JIT para JIS não pode se basear somente em tais cálculos. Há de se estudar outros fatores para se tomar essa decisão. Variáveis como distância entre fornecedor e cliente, condições de transporte e confiança do cliente no fornecedor, entre outros itens, devem ser levados em consideração. Tal modelo deve ser utilizado apenas como um dos instrumentos para a tomada de decisão.

7 CONCLUSÕES

A monografia apresenta as ideias do JIS (Capítulo 2) e descreve o funcionamento do sistema JIS na linha de montagem final de duas montadoras da RMC (Capítulo 4). A visita técnica específica realizada na Renault foi proveitosa para a coleta de informações consideradas necessárias para se descrever o funcionamento do JIS no fornecimento de dois componentes na montadora. As informações obtidas sobre a Volkswagen em artigos e na *internet* revelam a essência do funcionamento do JIS em tal fábrica. Ambas as empresas recebem os componentes fornecidos em JIS em docas exclusivas e possuem sistemas informatizados para a troca de informações entre fornecedor e cliente.

As simulações computacionais (Capítulo 5) atingiram o objetivo de se comparar o JIS com outras estratégias de produção, além de estudar mais a fundo o seu funcionamento. Os parâmetros inseridos no programa foram estimados conforme a condição observada em fábrica. Os resultados obtidos foram comparados com situações nas quais houve mudanças de parâmetros. Os resultados de tais simulações foram conforme o esperado. Maior distância entre *buffer* e montador aumenta o tempo gasto com deslocamento por ele, o que diminui sua produtividade; maior número de peças montadas por minuto aumenta o deslocamento e a porcentagem do tempo gasto pelo montador na tarefa de pegar peças. Também se comparou a aplicação do JIS com o JIT tradicional e o JIT por *kits*. Os resultados saíram conforme o estudado na teoria sobre o assunto. O JIT tradicional realmente necessita de maiores *buffers* na linha de montagem em relação ao JIS, e o JIT por *kits* aumenta os estoques no armazém da empresa em comparação com o JIS.

A comparação entre JIT e JIS foi realizada desde a fundamentação teórica (Capítulo 2) até nas simulações computacionais (Capítulo 5). Foi criado um capítulo a parte (Capítulo 6) para se realizar uma análise de custos entre o JIT e o JIS. O objetivo principal de uma empresa é o lucro, portanto uma avaliação econômica que possa aumentá-lo, através da diminuição de seus custos, é o que mais interessa para ela. O método utilizado para o cálculo dos custos atrelados aos fornecimentos JIT e JIS de determinado componente, retirado do artigo de Wagner e Silveira-Camargos (2011), foi exposto em detalhes na monografia. Utilizando dados reais de

uma montadora da RMC, compararam-se os custos existentes na empresa devido à utilização do JIT e os custos que ela passaria a ter com a troca do JIT para o JIS. O JIS se mostra vantajoso caso seus custos de implementação não ultrapassem R\$3.974.000,00 na linha 1 e R\$1.234.000,00 na linha 2, caso o período de amortização dos investimentos seja de um ano. A empresa poderia estimar tais custos e avaliar se a implementação do JIS é vantajosa nas duas linhas, apenas na linha 1 (devido à maior diferença dos custos entre JIT e JIS entre esta linha e a linha 2), ou se não é vantajosa.

Para futuros trabalhos, poder-se-ia estudar ainda mais a fundo a aplicação do JIS, visitando outras fábricas, sem se restringir à RMC, e coletando mais informações a respeito. Simulações computacionais mais complexas poderiam ser realizadas utilizando-se a versão completa do *software* Flexsim, e mais refinadas, coletando-se dados de uma empresa para se estudar detalhadamente um problema real da indústria. Na comparação econômica realizada entre o JIT e o JIS, a obtenção dos dados necessários para se estimar os custos de implementação do JIS levariam a um resultado mais concreto, que poderia ser utilizado como instrumento de decisão pela empresa. As equações do artigo analisado poderiam ser melhor estudadas e alteradas conforme o estudo da influência real dos fatores nos custos. Também poder-se-ia criar novas equações para a obtenção de estimativas de outros custos. A realização de comparações para o fornecimento de outros componentes, tanto para a mesma empresa quanto para qualquer outra interessada em fazê-lo, é, também, uma opção de trabalho futuro.

O JIS é uma estratégia que reduz estoques e aumenta a possibilidade de variedades de um produto. Quanto maior o número de variedades, o volume, e o custo da peça, maior a vantagem do fornecimento em JIS em relação ao em JIT. Apesar de sua implementação exigir altos investimentos, o JIS é capaz de gerar economias que podem superá-los, portanto um número cada vez maior de montadoras está o utilizando.

REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, A.G., et al. **O consórcio modular e seus impactos na cadeia de suprimentos da fábrica de motores VW** – São Carlos. Relatório final da Fapesp, 2002
- CARGO, CSI. <http://www.grupocargo.com/gxpsites/hgxpp001.aspx?1,1,3,O,P,0,PAG;CONC;37;2;D;210;1;PAG;MNU;E;1;7;MNU>. Acesso: Fevereiro de 2013
- CASTRO, Ednaldo Quirino. **Consórcio Modular e Condomínio Industrial**. Revista Intellectus, ano VII, n 16, 2007
- CORRÊA, L.H.; GIANESI, I. **Just-In-Time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico**, São Paulo, Atlas, 1988
- DIAS, Ana Valéria Carneiro. **Consórcio Modular e Condomínio Industrial: Elementos para Análise de Novas Configurações Produtivas na Indústria Automobilística**. São Paulo, USP, 1998
- FLEXSIM. <http://www.flexsim.com/flexsim/>. Acesso: Abril de 2013
- GLOBALONLINE. <http://www.globalonline.net.br/main-content/full/log-stica-alem-aplicada-ao-brasil>. Acesso: Fevereiro de 2013
- HECKERT, Cristiano Rocha. FRANCISCHINI, Paulino Graciano. **Variações do Just-In-Time na Indústria Automobilística Brasileira**. São Paulo, USP, 1998
- HERTZ, Suzanne; ALFREDSSON, Monica. **Strategic Development of Third Party Logistics Providers**. Industrial Marketing Management, Vol. 32, Issue 2, 2003
- KAMADA, Sergio. **Estabilidade na Produção da Toyota do Brasil**. <http://www.lean.educacao.ws/artigos/86/estabilidade-na-producao-da-toyota-do-brasil.aspx> Acesso: Junho de 2012
- KANTOR, Michael; Burrows, James H. **Electronic Data Interchange (EDI)**. National Institute of Standards and Technology, Pub. 161-2, 1996
- LIKER, Jeffrey K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre, Editora Bookman, 2005
- LIMA, Maurício Pimentel de. **Fatores Críticos de Sucesso para a Implantação e Manutenção do Trabalho Padronizado**. São Paulo, USP, 2005
- MARTINS, R. A. **Flexibilidade e Integração no novo paradigma produtivo mundial: estudos de caso**. São Carlos - SP, EESC/USP, 1993
- MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**. São Paulo, IMAM, 1984

MOURA, Delmo Alves. **Caracterização e Análise de um Sistema de Coleta Programada de Peças, Milk Run, na Indústria Automobilística Nacional.** São Paulo, USP, 2000

NETO, Mário Sacomano; IEMMA, Antônio Francisco. **Estratégias e Arranjos Produtivos da Indústria Automobilística nos Mercados Emergentes: O Caso Brasileiro.** Revista de Administração da UNIMEP, v. 2, n. 3, Setembro / Dezembro – 2004

NOGUEIRA, Juliana. **Movido a supply chain.** http://www.vazzi.com.br/moodle/pluginfile.php/990/mod_resource/content/1/Movido%20a%20supply%20chaim.pdf. Acesso: Janeiro de 2013

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala.** Editora Bookman, 1997

PIRES, Sílvio Roberto Ignacio. **New Productive Systems in the Auto Industry: The Managerial Challenges of Automakers and Suppliers at Three New Brazilian Plants.** Piracicaba, UNIMEP, 2001

PIRES, Sílvio Roberto Ignacio. **Gestão da Cadeia de Suprimentos e o Modelo de Consórcio Modular.** Revista de Administração, v33, n3, São Paulo, 1998

POLIDORO, Adriano Gonçalves. **Aplicação de Troca Eletrônica de Dados (EDI) Utilizando Padrões EAN Brasil.** Blumenau, FURB, 2007

RENAULT. http://www.renault.com.br/mais_renault/ Acesso: Fevereiro de 2013

SANTIAGO, Caio. **Programa de Sugestões de Melhoria.** http://api.ning.com/files/tnwGGYGKtwF2mKScclTrlinT55P4N2va-UT3oDyJe*FriPnM0CLp-AZHSVhBE8173iiEHijrARXGBhp4fgNbqsSYaS6alyWB/ProgramadeSugestesdeMelhorias.pdf Acesso: Junho de 2012

SAP. **ABC/XYZ Analysis.** http://help.sap.com/saphelp_SCM700_ehp02/helpdata/en/4d/33d92edb9e00d3e10000000a42189b/content.htm Acesso: Fevereiro de 2013

THUN, Jörn-Henrik; Marble, Robert P.; Silveira-Camargos, Victor. **A conceptual frame-work and empirical results of the risk and potential of just-in-sequence - A study of the German automotive industry.** Journal of Operations and Logistics, Volume 1, Issue 2, 2007

VOLKSWAGEN. <http://www.vwbr.com.br/BlogdaVolkswagen/post/2012/09/03/AGV-Estagio.aspx>. Acesso: Fevereiro de 2013. Publicado: Setembro de 2012

VOLKSWAGEN. <http://www.vw.com.br/pt/institucional/VolkswagenBrasil/fabricas.html>. Acesso: Fevereiro de 2013, 2013a

VOLKSWAGEN. <http://www.vwbr.com.br/ImprensaVW/Release.aspx?id=173ac8ae-65fd-4888-8741-5fe506ca5876>. Acesso: Fevereiro de 2013. Publicado: Janeiro de 2013, 2013b

VOLVO. http://www.volvogroup.com/group/brazil/pt-br/pages/group_home.aspx. Acesso: Fevereiro de 2013

WAGNER Stephan M.; SILVEIRA-CAMARGOS, Victor. **Managing Risks in Just-In-Sequence Supply Networks: Exploratory Evidence From Automakers**. Zurique, Instituto Federal de Tecnologia Suíço, 2010

WAGNER Stephan M.; SILVEIRA-CAMARGOS, Victor. **Decision model for the application of just-in-sequence**. Zurique, Instituto Federal de Tecnologia Suíço, 2011

WILDEMANN, Horst. **Das Just-In-Time Konzept - Produktion und Zulieferung auf Abruf**. Munique, Editora TCW, 2001

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. Editora Campus, 2004

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA VISITA À RENAULT

Qual a parte da linha estudada?

As partes fornecidas em JIS nesta linha de produção são os bancos (Faurecia) e os para-choques (Peguform).

As montagens são realizadas em linha única para todos os modelos?

Não, a linha final tem duas linhas. Uma da Nissan e outra da Renault.

Como é realizado o fornecimento? Como são transportadas as peças?

O fornecimento tanto pela Faurecia quanto pela Peguform são realizados pelas próprias empresas. Funcionários da empresa trabalham dentro da fábrica da Renault e dispõem em sequência os *racks* contendo as peças na linha de produção.

O conjunto de assentos do veículo é entregue em dois *racks*, um contendo os bancos do lado direito e partes dos bancos traseiros e outro contendo os bancos do lado esquerdo e outras partes dos bancos traseiros.

O conjunto de para-choques é entregue em um kit contendo o para-choque dianteiro e o traseiro.

Como a fábrica decide a sequência de produção? Como se avalia se a sequência utilizada é mais eficiente?

A sequência a ser entregue e feita com base num filme de produção. Esse filme é realizado com no mínimo oito semanas de antecedência.

Como é identificado o carro?

O carro possui a *carte d'aille*, ou seja, uma folha de papel A4 que contém todas as informações das peças a montar em cada posto.

Como são identificadas as peças?

A peça chega na ordem correta, identificada por um papel colocado no *rack* contendo informações sobre a peça e sobre o carro ao qual a peça será montada.

Qual o software de gerenciamento da produção? O *software* que a Renault usa é o PSF, desenvolvido por ela mesma.

Onde ocorre a fabricação das peças e qual a distância entre as duas localizações?

A fabricação dos bancos é realizada na fábrica da Faurecia localizada em Quatro Barras. A rota mais curta entre fornecedor e cliente é de aproximadamente 21 km. Rotas alternativas podem ser realizadas de acordo com o tráfego das vias.

A fabricação dos para-choques é realizada na fábrica da Peguform localizada em São José dos Pinhais, no PIC da Volkswagen. A rota mais curta entre fornecedor e cliente é de aproximadamente 27 km. Rotas alternativas podem ser realizadas de acordo com o tráfego das vias.

Como é realizada a comunicação entre fornecedor e montadora para informar a sequência correta a ser entregue?

A informação é feita por sistema informático do programa de produção.

Qual a empresa responsável pela logística?

A CSI Cargo.