

# DETERMINAÇÃO DO PROCESSO PADRÃO PARA O DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DO MANUSEIO DE MATERIAIS: UM ESTUDO DE CASO APLICADO A UMA MONTADORA DE AUTOMÓVEIS

Maurício Lizardi Lopes\* mauriciolizardi@gmail.com

Michel J. Anzanello\* michel.anzanello@gmail.com

\* Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, RS

**Resumo:** O trabalho visa definir um processo padrão para análise da capacidade do manuseio de materiais de uma montadora de automóveis de passeio. O estudo foi realizado por meio da comparação entre dois métodos, o *Method-time Measurement*, atual método adotado pela empresa e o método alternativo– Simulação Discreta. Para tanto, investigou-se um processo com baixa complexidade utilizando os dois métodos. A análise contempla a construção do modelo e o estudo de testes de alternativas utilizadas pela empresa para mitigar desperdícios dos processos de logística interna. Os dados de horas empregadas para cada método foram confrontados por três critérios – agilidade, flexibilidade e eficiência do processo – para definição do custo de cada um dos métodos. Diante dos resultados da avaliação de cada método estudado, concluiu-se que o processo padrão para análise da capacidade do manuseio de materiais da empresa em análise foi determinado pela hibridização dos dois métodos.

**Palavras-chave:** Manuseio de Materiais. Simulação. Medida do Tempo do Método. Logística Interna.

**Abstract:** This paper aims to define a standard process for the analysis of the material handling capacity of a car manufacturer. The study was made through the comparison between two methods, the Method-time Measurement, that is the current method adopted by the company, and its challenger - Discrete Simulation. For this, a low complexity process was investigated using the two methods. The analysis contemplates the construction of the model and the study of alternatives tests used by the company to mitigate waste of internal logistics processes. The time data used for each method were confronted by three criteria - agility, flexibility and process efficiency - to define the cost of each method. Considering the results of the evaluation of each method studied, it is concluded that the standard process for analyzing the material handling capacity of the company under analysis was determined by the hybridization of the two methods.

**Keywords:** Material Handling. Simulation. Method-time Measurement. Internal Logistics.

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria de transformação se encontra em um processo contínuo de adaptação, buscando sistemáticas de operação mais flexíveis e ágeis (PAPAKOSTAS *et al.*, 2011). Esse fato é decorrente de um mercado que exige sistemas de produção que respondam rapidamente às necessidades dos clientes, as quais estão em constante mutação (WANG *et al.*, 2011). Na indústria automotiva, a diversificação das necessidades dos clientes aumenta a variedade de peças consumidas, o que provoca distúrbios nos processos produtivos e logísticos, tornando a gestão de tais processos complexa (CHOI e LEE, 2002).

Para atender à flexibilidade de produção e a personalização, diversos estudos foram realizados na indústria automotiva, porém, na prática, continua sendo um grande desafio melhorar sua capacidade de resposta. Devido à complexidade dos

sistemas de montagem de automóveis, é difícil manter a eficiência em patamares elevados com custos reduzidos dos seus processos, os quais demandam alterações de acordo com as variações do mercado (WANG *et al.*, 2011). Alterações no processo de montagem interferem nos sistemas de manuseio de materiais, pois eles são os responsáveis por definir como, quando e por onde os materiais serão distribuídos para atender as modificações de demandas do mercado. Conforme colocado por Wang *et al.* (2011), “Com a variação das demandas do mercado, a configuração da linha de montagem e seu sistema de manuseio de material deve ser capaz de mudar rapidamente, correspondendo à flutuação do mercado, mantendo o menor custo”.

Além do manuseio de materiais estar relacionado com 20 a 50% dos custos de fabricação (TOMPKINS *et al.*, 2010), ele também é importante na decisão do layout (APPLE, 1977). Com isso, é possível perceber a importância do manuseio de materiais para a produção de veículos. Além do custo, o correto manuseio de materiais é fundamental para a entrega oportuna e precisa do material necessário à linha de montagem. A flexibilidade nas rotas de entrega de materiais é uma parte importante do processo de montagem e tem sido reconhecida como uma característica fundamental da flexibilidade geral de um sistema de fabricação (SETHI e SETHI, 1990).

Rotas de fluxo de materiais, assim como layouts, podem ser analisados via simulação, técnica essa que tem sido amplamente utilizada para diversos fins em sistemas de produção. Alguns dos resultados oriundos da simulação são usados para o planejamento estratégico de capacidade, validação do processo de fabricação e avaliação de cenários de execução de fabricação. Eles podem ser usados, também, para analisar como o desempenho do sistema é afetado por diferentes configurações de layout, quantidade de recursos de manuseio de materiais utilizados, políticas de operação de recursos e uso de diferentes tipos de sistemas de manuseio de materiais (NEGAHBAN *et al.*, 2014; WY, 2011; JAHANGIRIAN *et al.*, 2010).

Além dos recursos de simulação, o *methods-time measurement* (MTM), também pode ser utilizado com vistas ao planejamento, validação, layout, dimensionamento dos recursos e da capacidade do manuseio de materiais. O MTM é um sistema de tempos predeterminados e que consiste de uma base de dados que relaciona movimentos e tempos. Através dessa correlação é possível determinar o tempo médio esperado para realização de uma atividade (MAYNARD *et al.*, 1948).

Com objetivo de determinar um padrão para definição do dimensionamento da capacidade do manuseio de materiais da empresa em estudo. O presente artigo compara o método de análise atualmente adotado pela empresa em análise, MTM, com métodos de simulação levando em consideração as particularidades da empresa em estudo. O intuito da análise é encontrar a relação entre custo e benefício de cada método e, caso exista, o ponto ótimo entre a combinação dos métodos. Para tanto

serão considerados na análise o nível de eficiência do processo de cada ferramenta, a flexibilidade oferecida e a agilidade de resposta. A simulação se concentrará em uma parte do processo do manuseio de materiais da área de montagem de carrocerias de automóveis.

Além da introdução o trabalho é dividido em referencial teórico, metodologia e resultado. Na parte do referencial teórico será apresentada uma revisão da literatura endereçando as principais definições de sistemas de manuseio de materiais e simulações de processos de fabricação. Na próxima etapa serão expostos os procedimentos metodológicos e atividades desenvolvidas durante a etapa de elaboração e desenvolvimento do trabalho. Posteriormente, os resultados do trabalho serão apresentados e discutidos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

No referencial teórico, inicialmente serão abordados os temas de estudo de tempos e métodos, dando enfoque para o método utilizado pela empresa em estudo que é o MTM-SOL (*methods-time measurement standard operation logistics*) e MTM-UAS (*methods-time measurement universal analysing system*). Na sequência, a logística interna, seguindo das definições de simulação.

### **2.1 ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS**

A análise de tempos e métodos é fundamental para o planejamento e controle de processos produtivos e de serviços, visto que ele procura um padrão de referência que servirá para a determinação da capacidade produtiva da empresa, elaboração dos programas de produção, determinação do valor da mão-de-obra direta no cálculo do custo do produto vendido, a estimativa do custo de um novo produto durante seu projeto e criação e o balanceamento das linhas de produção e montagem. A correta utilização dessas ferramentas na organização reflete em grandes retornos e benefícios, em melhoria de eficiência produtiva, balanceamento da linha de produção, diminuição dos custos de produção, ganhos em tempo de produção, eliminação de operações que representam um diferencial competitivo com retornos financeiros consideráveis a longo prazo (BARNES, 1977; PEINADO e GRAEML, 2007; COSTA, 2008; MOURA e LIU, 2014).

*Institute of Industrial Engineers* (1983) define um sistema predeterminado de tempos e movimentos como:

"Um conjunto organizado de informações, procedimentos e técnicas empregados no estudo e avaliação de elementos de trabalho manual. O sistema é expresso em termos de movimentos utilizados, sua natureza geral

e particular, as condições em que eles ocorrem, e seus tempos de desempenho previamente determinados". Institute of Industrial Engineers (1983).

Os sistemas predeterminados de tempos e movimentos (SPTM) tiveram como precursor os estudos de Frederick Winslow Taylor, o qual introduziu o *Time Study*, uma técnica completa para padronizar a performance baseada no tempo, utilizando a cronometragem dos tempos específicos para realizar determinada operação. Com a divulgação desse estudo, outros trabalhos foram influenciados pelo método, dentre os quais destacam-se (i) o de Frank e Lilian Gilbreth, que se tornou amplamente conhecido como estudo de movimentos ou *Motion Study* (que classifica 17 movimentos intitulados como therbligs), e (ii) o de Secor, o qual desenvolveu os sistemas SPTM através do desenvolvimento do *Motion Time Analysis* (MTA). Após o surgimento do MTA foram diversos os SPTM concebidos (JUREKA, 1950; SCHMID, 1957; O'DONOVAN, 1971; ARTHUR YOUNG & COMPANY, 1987; KARGER e BAYHA, 1987; WYGANT, 1989; AFT, 2000; SALVENDY, 2001; ZANDIN, 2003; SHELDRAKE, 2003; WOOD e WOOD, 2003; ARORA, 2004).

Porém o SPTM mais conhecido e único a ter seus estudos publicamente divulgados segundo Karger e Bayha, (1987) foram os de MAYNARD *et al.*, (1948), intitulado "*Methods Time Measurement*". O MTM tem sua base no MTM-1, que determina tempos padrão para movimentos básicos. MTM-1 é oficialmente descrito como "um procedimento que analisa os movimentos básicos necessários para executar qualquer operação ou método manual e atribui a cada movimento um padrão de tempo predeterminado com base na natureza do movimento e nas condições em que é feito". Onde os valores predeterminados de cada movimento são classificados de acordo com o tempo necessário para que um operador de performance média o execute. É importante ressaltar que a unidade de tempo utilizada nos sistemas MTM para mensuração dos movimentos básicos é denominada TMU (*Time Measurement Unit*), podendo ser chamada também de unidade de medida de tempo, sendo a unidade usual da metodologia. Cada movimento tem um código único e valor de tempo em TMU, os quais no MTM-1 variam de 2TMU até 53.4TMU, de um total 1.600 valores únicos existentes. Os movimentos básicos do MTM-1 consistem em 7 categorias de ações contendo 26 movimentos básicos, que totalizam mais de 1600 códigos utilizados para descrever atividades manuais (ver Quadro 1) (SCHMID, 1957; O'DONOVAN, 1971; ARTHUR YOUNG & COMPANY, 1987; KARGER e BAYHA, 1987; WYGANT, 1989; AFT, 2000; SALVENDY, 2001; MTM-UAS, 2002; MTM BÁSICO, 2005; MTM-logística, 2005).

**Quadro 1** – Categorias de ações, subdivisões em movimentos e códigos de relação do MTM-1.

<b>Categoria de Ação</b>	<b>Ação</b>	<b>Códigos</b>
Obter	Alcançar	R
	Pegar	G
	Soltar	RL
Localizar	Mover	M
	Posicionar	P
Rotacionar	Girar	T
	Movimentar manivela	C
Pressionar	Aplicar pressão	AP
Separar	Desengatar	D
Olhar	Focar	EF
	Movimentar o olho	ET
Movimentar-se	Movimentar o pé	FM
	Movimentar a perna	LM
	Passo lateral	SS
	Girar o corpo	TB
	Caminhar	W
	Curvar	B
	Descurvar	AB
	Abaixar	S
	Levantar	AS
	Ajoelhar-se com um joelho	KOK
	Ajoelhar-se com ambos os joelhos	KBK
	Levantar após ajoelhar com um joelho	AKOK
	Levantar após ajoelhar com ambos os joelhos	AKBK
	Sentar	SIT
Levantar	STD	

**Fonte:** Arthur Young & CO (1987).

Na Tabela 1 estão especificados os fatores para conversão do TMU em outras unidades de tempo.

**Tabela 1** – Dados de conversão entre TMU e unidades de tempo de segundo, minutos e horas.

TMU	<b>Fatores de Conversão</b>		
	Segundos	Minutos	Horas
1	0,36	0,0006	0,00001
27,8	1		
1.666,7		1	
100.000			1

**Fonte:** Apostila do MTM Básico A1 (2005).

MTM-2 é uma forma simplificada de SPTM, que foi construída através de técnicas estatísticas dos valores derivados do MTM-1. Possui 39 códigos únicos e 9 movimentos básicos, que são demonstrados no Quadro 2. Os códigos são formados por inter-relações. As ações de apanhar e colocar possuem 16 valores diferentes de

TMU cada, totalizando 32 códigos. As ações restantes possuem apenas um valor de TMU, totalizando os 39 códigos. É necessário de 100 a 150 minutos para que seja feita uma análise MTM-2 detalhada de um ciclo de trabalho de um minuto de duração, o que é três vezes menor em comparação ao MTM-1. O sistema foi desenvolvido em grande parte pelos esforços das associações do MTM do Reino Unido, Estados Unidos e Suécia. O relatório completo do projeto, que mostra a derivação de todos os dados do MTM-1, foi publicado em 1971 e está disponível para inspeção através da associação MTM do Reino Unido. O MTM-2 é indicado para a produção em série, pois é constituído por tempos agregados aditivamente, ou seja, em módulos mais condensados. Através da aplicação deste método é possível realizar uma análise mais rápida, mas com uma pequena perda de exatidão (O'DONOVAN, 1971; ARTHUR YOUNG & COMPANY, 1987; KARGER e BAYHA, 1987; WYGANT, 1989; AFT, 2000; SALVENDY, 2001; MTM-UAS, 2002; MTM BÁSICO, 2005; MTM-logística, 2005).

**Quadro 2** – Categorias de ações, subdivisões em movimentos e códigos de relação do MTM-2

<b>Ação</b>	<b>Código</b>
Apanhar	G
Colocar	P
Aplicar pressão	A
Girar	R
Olhar	E
Movimentar Manivela	C
Passo	S
Movimentar o pé	F
Curvar e descurvar	B

**Fonte:** Arthur Young & CO (1987).

MTM-UAS segue o princípio de desenvolvimento do MTM-2. O MTM-UAS é o conjunto de dados dos MTM-1 e MTM-2, é utilizado para se obter uma análise com maior facilidade e rapidez. Ele foi construído através de ferramentas estatísticas para evitar a diminuição da exatidão devido à simplificação. Sendo recomendado para ciclos de trabalhos menores de 1,5 minutos e, devido ao alto número de repetição, assume-se que falhas na exatidão podem ser desconsideradas. É adequado para análise das características típicas de produção em série. O MTM-UAS é composto por 77 códigos formados pelos movimentos das categorias mostradas no quadro 3.

Os códigos são compostos por três variáveis (com exceção para movimentar o corpo que possuem duas variáveis; fixar e afrouxar e controle visual que não tem variação). A primeira variável do código é correspondente ao movimento. A segunda relaciona-se ao parâmetro de influência que pode ser a dificuldade do movimento e ou a força para realizá-lo. A terceira é devida à faixa de distância que o movimento percorrerá. Como exemplo, o código AC3 representa um movimento fácil de apanhar e colocar no lugar, que exigirá uma força menor que um newton e exige uma

movimentação entre 50 e 80 cm (ARTHUR YOUNG & COMPANY, 1987; KARGER e BAYHA, 1987; WYGANT, 1989; AFT, 2000; SALVENDY, 2001; MTM-UAS, 2002; MTM BÁSICO, 2005; MTM-logística, 2005).

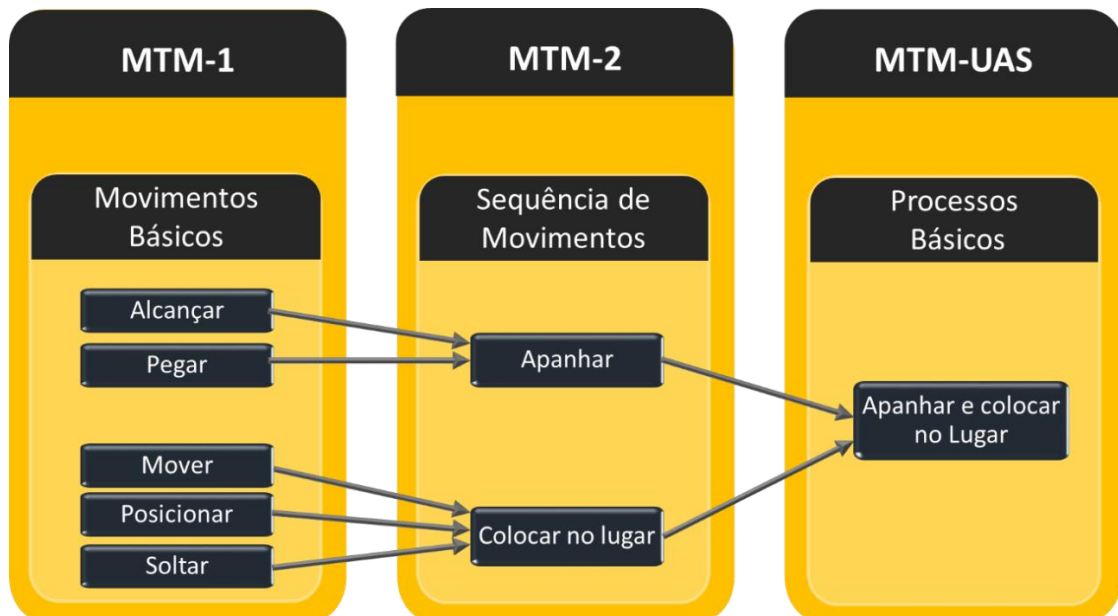
**Quadro 3** – Categorias de ações, subdivisões em movimentos e códigos de relação do MTM-UAS.

Ação	Código
Pegar e Colocar no Lugar	A..
Colocar no Lugar	P..
Manusear Meios Auxiliares	H..
Acionar	B..
Ciclos de Movimento	Z..
Movimentar o Corpo	K.
Fixar e afrouxar	ZD
Controle Visual	VA

Fonte: Arthur Young & CO (1987).

Na Figura 1 é exemplificada a compactação dos movimentos do MTM-1 em movimentos simultâneos e de maior complexidade.

**Figura 1** – Compactação dos movimentos básicos em blocos de movimentos e de maior complexidade.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Por sua vez, o MTM-SOL é um sistema MTM de alto nível derivado do MTM-UAS e projetado especificamente para a análise ágil dos movimentos manuais no setor industrial de logística. Ele advém do catálogo de dados para transporte e armazenamento criado em 1970 e que, em 2003, teve seus dados completamente revisados e editados para atender aos requisitos de logística. A aplicação deste método abrange a compreensão da logística como uma cadeia de logística completa (MTM-Logística, 2005; MTM REINO UNIDO, 2017; KOPTAK *et al.* 2017).

O MTM-SOL pode contribuir substancialmente na organização e avaliação dos processos logísticos. No contexto da atividade logística, ocorrem muitas sequências operacionais que apresentam uma variação insignificante no tempo. Embora tais sequências possam variar em sua complexidade, elas podem ser consideradas como operações padrão dentro da gama geral de logística. O MTM-SOL desenvolveu e oferece aplicações para esta logística, incluindo blocos de construção agregados que variam entre 3 e 30 minutos e que são divididos em duas categorias principais (MTM-Logística, 2005; MTM REINO UNIDO, 2017; KOPTAK *et al.* 2017):

- Transporte, que contempla as atividades com diferentes meios de movimentação de cargas, como paleteiras, rebocadores e empilhadeiras; e
- Manuseio de materiais que abrange pega de caixas, recipientes, fardos, abertura e fechamento de embalagem e processamento de informações (notas fiscais). Utilizando os seguintes recursos mecânicos: empilhadeiras, rebocadores, paleteiras, carrinhos de transporte, ponte rolante e talha.

Esses dados estão em tabelas predeterminadas de tempos, assim como os outros sistemas e seus códigos são compostos por 12 dígitos (MTM-Logística, 2005; MTM REINO UNIDO, 2017; KOPTAK *et al.* 2017).

## 2.2 LOGÍSTICA

A logística trata de atividades de movimentação, armazenagem e distribuição para o cliente final, de modo que o processo de aquisição de matéria prima até a entrega ao cliente seja administrado de forma a facilitar todo o processo e a troca de informações. Seu objetivo é disponibilizar ao cliente o produto/serviço com custo mínimo para a empresa, no momento e no local onde ele deseja, garantindo um nível de serviço adequado ao cliente a um custo razoável (BOWERSOX, 1999; BALLOU, 2001; BERTAGLIA (2003); BOWERSOX; CLOSS 2004; FARIA; COSTA, 2005; CHRISTOPHER, 2007). De maneira formal, a logística é definida pela *Council of Supply Chain Management Professionals* como:

"...parte do Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento que planeja, implementa e controla o fluxo e armazenamento eficiente e econômico de matérias-primas, materiais semiacabados e produtos acabados, bem como



as informações a eles relativas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes" (Lustosa *et al.*, 2008).

A logística é subdividida em três partes por Marins (2012): "Logística de suprimentos (*inbound*), Logística Interna e Logística de Distribuição (*outbound*)". A logística interna é também nomeada de *intrabound* (DIAS, 2005) e Fabril (LUTOSA *et al.*, 2008). A logística interna, também conhecida por manuseio de materiais e *material handing* (MH), é a parte responsável pela movimentação de materiais internamente de modo a conectar as docas de recebimento com as fontes internas de armazenamento (GUDEHUS e KOTZAB, 2012).

De acordo com Tompkins *et al.* (2010), o manuseio de materiais (MM) é uma atividade que usa o "método correto para fornecer a quantidade certa do material certo no lugar certo, no momento certo, na sequência certa, na posição certa e no custo correto". MM é um sistema complexo que efetivamente transfere os materiais entre as sucessivas máquinas, células de trabalho e serviços de suporte. Sua função consiste na movimentação de peças e materiais entre diversos processos. Devido ao fato de não adicionar valor ao produto, o MM é visto como uma perda necessária pela ótica do *Just in time* (HERAGU, 2008).

Segundo White (1988), as boas práticas de movimentação, transporte e armazenagem de materiais envolvem a busca constante em racionalizar movimentos, transportes, estoques e controle dos materiais, reduzindo o custo operacional, otimizando a flexibilidade e o tempo de resposta. Para Womack e Jones (1998), todas as atividades que não agregam valor ao produto (como as atividades de movimentação, transporte e armazenagem de materiais) devem ser reduzidas ou eliminadas. Ohno (1997) busca a eliminação total das atividades que não agregam valor. De acordo com Villanova *et al.* (2005), cada elemento do sistema de movimentação de materiais adiciona tempo na execução do produto final, afetando a competitividade das empresas e devendo ser analisado em termos de importância.

O manuseio de materiais possui três funções básicas: armazenagem, transporte e apresentação no ponto de uso (Battini *et al.*, 2013; Kilic e Durmusoglu, 2015). Os principais blocos de construção de qualquer conceito de logística interna são representados pelas seguintes etapas: (i) armazenagem - denominação dada a todas as atividades referentes à obtenção temporária de produtos até a sua distribuição, incluindo recebimento, conservação e expedição de produtos (BALDESIN *et al.*, 2014); (ii) transporte de peças para linha de montagem, usualmente realizado pela utilização de empilhadeiras, rebocadores (*milk-run*) e sistema transportador (BATTINI *et al.*, 2015); e (iii) alimentação de peças - a qual trata da entrega de peças aos pontos de uso. Nenhum dos componentes acima descritos é independente um do outro, portanto não deve estar fora de atenção que os

componentes fornecidos na estrutura de classificação estão diretos ou indiretamente relacionados uns com os outros.

## 2.3 SIMULAÇÃO

Law e Kelton (1991) afirmam que os sistemas do mundo real são muito complexos para serem avaliados analiticamente e por isso a melhor forma de estudá-los é através da simulação. A simulação computacional é a imitação de um sistema real modelado por computador. Quando modelado o sistema fica em ambiente controlado e o seu comportamento pode ser estudado, sob várias condições, sem riscos físicos e / ou grandes custos envolvidos. Tornando possível prever o desempenho do sistema, comparar modelos alternativos e determinar os efeitos no desempenho de ações tomadas sobre o sistema (ROBINSON, 1964; Law e Kelton 1991).

Para Harrel *et al.* (2002), a simulação é uma ferramenta que apoia a solução de problemas, pois oferece informações que auxiliam na tomada de decisões sobre “o que” e “quando” fazer, através da representação dos recursos e do sistema como um todo. Ela mostra como os processos operam e como podem responder às mudanças que se deseja aplicar. Através da simulação são obtidos parâmetros que auxiliam na análise de melhor utilização dos recursos de produção, podendo eliminar a necessidade de investimentos em novos equipamentos (ZAMPIERI JUNIOR, 2009).

Uma das técnicas de modelagem mais populares é a simulação de eventos discretos, que vem se desenvolvendo desde o início da simulação computacional na década de 1950 (ROBINSON, 2005), e amplamente aplicada em empresas com vistas à otimização dos recursos e processos produtivos (HARREL *et al.*, 2002). Soares *et al.* (2011) demonstraram que através da simulação computacional é possível observar e entender outros impactos, além dos esperados no estudo, permitindo uma compreensão sistêmica como um todo, enquanto que Jahangirian *et al.* (2010) mostraram que a aplicação de simulação nas áreas de fabricação e negócios trouxe uma visão de aplicações bem-sucedidas da ferramenta em diversas áreas. Em seu estudo Zampieri Junior (2009), demonstra que o uso da simulação proporciona ganhos à empresa, pois auxilia no processo decisório para investimentos e é capaz de viabilizar aumentos de produtividade. No estudo para reestruturação de layout e otimização de recursos em uma empresa do ramo automotivo, foi comprovado que a ferramenta de simulação pode auxiliar no processo decisório da empresa (SOARES *et al.* 2011)

Robinson (1964) aponta quais são as vantagens da simulação em relação ao experimento no sistema real:

- **Custo:** a simulação pode ser feita sem nenhuma interrupção do sistema real.
- **Tempo:** a simulação ocorre de maneira muito mais rápida que o tempo real e é capaz de mostrar resultados para um período longo de tempo.
- **Controle das condições do experimento:** as condições do experimento podem ser repetidas diversas vezes.
- **O sistema real não existe:** experimentos diretos são impossíveis nesses casos.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 EMPRESA

A empresa na qual realizou-se o estudo é de grande porte, do ramo automobilístico e está presente em diversos países. A planta onde foi executada a pesquisa está localizada na região sul do Brasil. Essa unidade fabril é responsável pela produção de carros de passeio e atende aos mercados nacional e internacional com enfoque nos países da América do sul. Possui como base para produção de veículos uma única plataforma e é considerada de baixa complexidade devido à variação de modelos quando comparado a outras unidades do grupo. Possui capacidade diária de mil carros, produzindo cerca de 20 mil veículos/mês. É uma das plantas com maior capacidade produtiva dentre as marcas do grupo, e está localizada em um complexo industrial composto por diversos fornecedores localizados em uma área de 120.000m<sup>2</sup>.

O estudo é focado no time de melhoria contínua do setor de controle de produção e materiais, o qual é responsável pela otimização da logística interna da empresa. O time de melhoria contínua é voltado para estudos e análises de layout, rotas e método de abastecimento e análise de eficiência do processo de logística interno.

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa se caracteriza como de natureza aplicada, pois mostra a aplicação de ferramentas em processos práticos. A abordagem é quantitativa, uma vez que compara dados do sistema atual com os obtidos através da simulação e se traduz em análises quantitativas. O objetivo deste trabalho é exploratório, pois busca o aprimoramento de um processo já existente. É apresentado um estudo de caso, através de uma análise de um objeto, permitindo um amplo e detalhado conhecimento a partir do envolvimento do pesquisador (GIL, 2008).

### **3.3 ETAPAS DA PESQUISA**

O método foi estruturado em três etapas: (i) Levantamento de dados do MTM e informações para modelagem; (ii) Modelagem e simulação; e (iii) Comparação dos resultados. Tais etapas são detalhadas a seguir.

#### **3.3.1 Levantamento de dados do MTM e informações para modelagem**

Inicialmente definiu-se a parte do processo logístico interno em que seria realizado o estudo. Optou-se pelo processo de manuseio de materiais existente na funilaria, denominado abastecimento de portas internas (API), devido à sua menor complexidade. Em seguida, o processo do API foi mapeado através de acompanhamento *in loco*. Posteriormente, os dados necessários para desenvolvimento da simulação foram coletados, como tempos, perdas do processo, distâncias, quantidades de movimentação, formas de transporte nas movimentações, unidade de carga por viagem. Os dados provenientes do MTM estão disponíveis no banco de dados da empresa, tornando o acesso a essa informação facilitado. Como fonte para o estudo, os tempos de construção de cada método foram medidos.

#### **3.3.2 Construção do modelo e simulação**

Para a construção do modelo gráfico da simulação, se realizou acompanhamento *in loco* do processo API para uma melhor compreensão das características do processo e suas interações com sistema. Os dados de entrada para o modelo são: a capacidade dos equipamentos e máquinas e também os provenientes do MTM que são os tempos das atividades realizadas pelos operadores. Optou-se pela simplificação dos recursos humanos, portando todas as operações realizadas por esses são representadas por máquina ou com acréscimos nos tempos de processamento. Os dados para simulação das máquinas e equipamentos foram consultados no banco de dados do setor de análise de capacidade da funilaria.

Para confirmação de aderência da modelagem ao sistema real da rota de abastecimento, confrontou-se os dados de saída do modelo de simulação, com os dados reais de capacidade e eficiência produtiva da linha de produção da funilaria. Os dados consultados para o teste de aderência foram: número total de carros produzidos em um turno na linha da funilaria e o tempo médio entre as entregas na célula da linha de produção de portas internas. Após a validação da modelagem se simulou diversos cenários para identificar os impactos de cada uma das alterações propostas ao processo.

### **3.3.3 Comparação dos resultados**

Os resultados gerados pela simulação foram comparados com os dados atualmente utilizados pela empresa (provenientes do MTM) com a finalidade de identificar diferenças entre os dados obtidos. Foram também considerados os tempos necessários para a construção do modelo de simulação, os tempos de elaboração da análise do MTM e os tempos utilizados para criação de cenários nos dois métodos. Os resultados levam em conta a flexibilidade, agilidade para a realização de modificações, eficiência do processo e o custo baseado nas horas de trabalho, sendo que os softwares estão disponíveis a um custo zero para a empresa. A comparação dos resultados permitirá determinar o método mais adequado ao contexto da empresa em análise baseando-se no custo versus o benefício de cada método.

## **4 Resultados**

Os resultados inicialmente descrevem o processo de manuseio de materiais que serviu como base para a realização do estudo de análise de capacidade. Em seguida, são apresentadas as análises realizadas com os métodos propostos no trabalho, MTM e simulação. Finaliza-se com a comparação das informações obtidas.

### **4.1 Processo de Manuseio de Materiais**

O processo em estudo é o API que é um fluxo de materiais existente entre células de produção. Esse fluxo é realizado por um operador logístico (OL) e dois operadores de rebocadores (OR). De forma global, o operador logístico possui função em dois fluxos de abastecimento: o fluxo de abastecimento das portas dianteiras e traseiras do lado esquerdo do carro (APIE) e o fluxo de portas dianteiras e traseiras do lado direito do carro (APID), todos eles estão dentro do fluxo do API. O presente estudo considerará o APID.

#### **4.1.1 Componentes do Processo**

Os processos de abastecimento são tipicamente compostos por diversas rotas de abastecimento. Por ser um processo simples, o APID possui apenas duas rotas de deslocamento. Ele é realizado através da utilização de dois recursos humanos (operador de rebocador e operador logístico), um rebocador elétrico e até seis bases sobre rodas (BS). Um modelo representativo do comboio formado pelo rebocador e BS pode ser visto na Figura 2.

As rotas de deslocamentos do APID e o sentido dos seus fluxos são demonstrados na Figura 3. As rotas são realizadas pelo OR e visam a movimentar as

bases sobre rodas cheias (BC) da Célula-Portas internas dianteira e traseira (CPI) para as células: Célula - Linha de produção de portas internas dianteira (CLPD) e Célula - Linha de produção de portas internas traseira (CLPT). Na CPI portas internas tem-se um ponto de espera único para a portas internas dianteiras e traseiras. Já para as células da linha de produção de porta interna, existe um ponto de uso para cada uma delas.

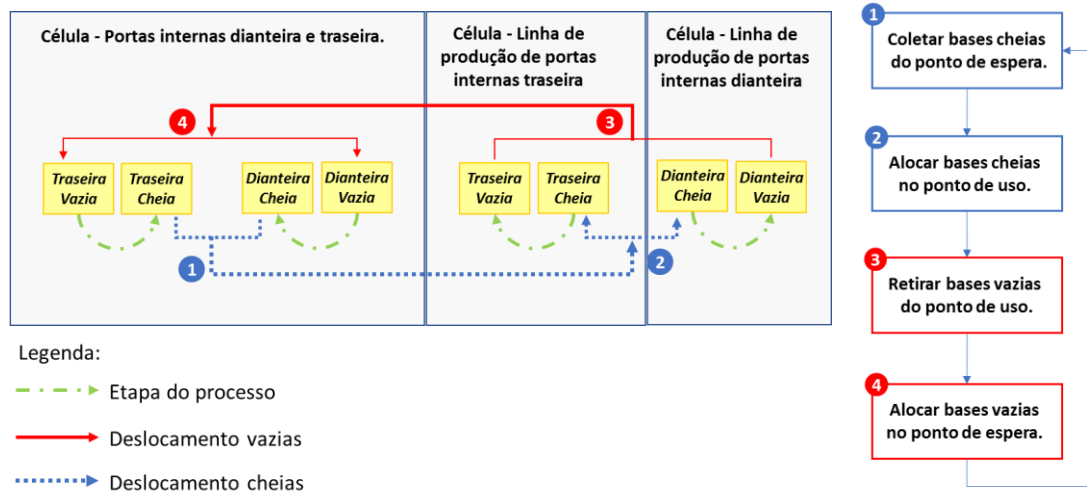
O operador de rebocador possui então como responsabilidade o fluxo de BC da CPI para as CLPD/T e o retorno das bases vazias (BV) da CLPD/T para a CPI. Já o operador logístico tem como responsabilidade movimentar as BV trazidas pelo OR para serem preenchidas nas células. Assim que a operação de preenchimento for finalizada, ele retira as bases agora cheias para o ponto de espera para que o OR possa levar para a CLPD/T.

**Figura 2** – Comboio formado por um rebocador elétrico, operadores de rebocador e duas bases sobre rodas.



Fonte: IMAN (2011).

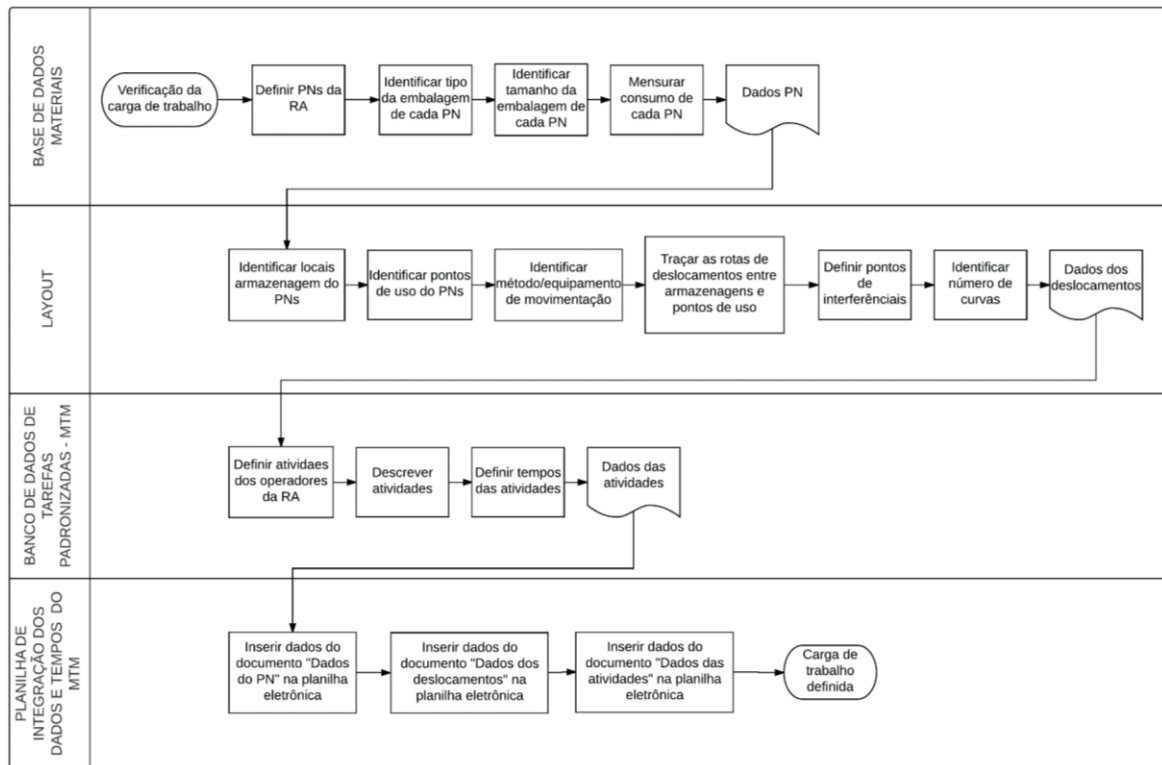
**Figura 3** – Macroprocesso do fluxo de abastecimento de porta internas



## 4.2 Análise - MTM

O método adotado pela empresa para o dimensionamento da capacidade do manuseio de materiais se dá pela análise de diversos processos de abastecimento de materiais, separadamente. Para tanto, utilizam-se as etapas demonstradas na Figura 4; no apêndice A, disponibiliza-se uma cópia da figura 4 numa escala superior para melhor entendimento das etapas.

**Figura 4** – Detalhamento do método de análise da capacidade do manuseio de materiais adotado pela empresa (método MTM).



Legenda:

PN – Part Number – Código da peça

RA – Rota de Abastecimento

Em poder dos documentos gerados na análise de cada etapa do processo e de suas informações, todos os dados são inseridos em uma planilha eletrônica, que é utilizada para o método MTM. Tem-se como resultado a carga de trabalho do operador, e então é definido se a tarefa pode ou não ser realizada dentro do tempo estipulado para produção. Assim após a realização das operações para o cálculo da carga de trabalho, descritas na Figura 4, se obteve a carga do operador de rebocador, que é de 97%, para qual foram necessárias 7,15 horas trabalhadas do analista.

O método do MTM possibilita que alguns parâmetros de entrada sejam modificados. Os parâmetros passíveis de alteração da rota em estudo são: velocidade da linha, quantidade de peças da embalagem, tamanho da embalagem, número de interferências, rota de deslocamento e atividades dos operadores. Já os pontos de armazenagem, entrega e tipo de embalagem não serão considerados devido à impossibilidade de mudanças por questões físicas.



A análise do MTM tem a serventia de suportar a realização de modificações nos processos da logística interna da empresa, com o objetivo de mitigar desperdícios. Para esse trabalho foram propostas as seguintes alterações: (i) modificação das atividades dos operadores, (ii) número de interferências da rota, (iii) deslocamento da rota e (iv) quantidade de peças da embalagem.

Modificou-se o processo do API para que as atividades realizadas pelo OL fossem inseridas às atividades do OR. Dessa forma o OR deverá realizar as atividades atribuídas a ele anteriormente e adicionalmente as atividades do OL. Para a análise dessa alternativa, reformularam-se as atividades do OR e foram inseridas na planilha eletrônica do MTM para a realização do cálculo da carga de trabalho. A carga de trabalho calculada ultrapassa os 100%, portanto, não existe viabilidade dessa alteração caso não se provoque melhorias no processo. Logo a primeira alternativa desencadeou o estudo das próximas propostas de alteração para o processo.

A segunda alternativa está relacionada com a identificação dos pontos de interferências do API, ocasionado pelos rebocadores de outras rotas de abastecimento. Com o objetivo da redução das interferências, definiram-se áreas de específicas de paradas de três rebocadores que possuem maior fluxo em comum na rua do API. Com a adoção dessa estratégia, as interferências na rua do API diminuíram em 60%. Com posse dessa informação, a planilha eletrônica do MTM foi atualizada e o resultado da carga de trabalho permaneceu acima dos 100% (mesmo que tenha provocado uma redução de 4% na carga de trabalho total). Somando-se os tempos, foram despendidas 3 horas para concretização dessa etapa.

A terceira alternativa tinha o intuito de reestabelecer diferentes deslocamentos para a realização do API. Diversos deslocamentos foram estudados e testados na prática; apenas um proporciona que a carga da rebocador fique inferior aos 100%. Porém, a realização desse deslocamento não garante a segurança do operador, oferecendo riscos à operação e tornando-o inapropriado. Mantendo-se a rota atual, a carga permanece superior a 100%. O tempo despendido para essa etapa foi de 2,25 horas, sendo que  $\frac{1}{4}$  de hora é relativa ao estudo do layout e dos deslocamentos teoricamente e 2 horas na realização de testes *in loco*.

Como última alternativa de estudo, optou-se por avaliar o aumento do número de peças por embalagem. Para que essa alteração ocorra necessita-se de uma reprogramação de todas as células produtivas e retrabalho na atual embalagem das bases sobre rodas. Portanto, o número de peças por embalagem foi alterado de 8 para 10; com essa modificação se observa que a carga do operador passa a ser 92% tornando-a viável. Para a etapa, foram gastos 0,5 horas para entender as modificações necessárias para efetivar a mudanças e 0,1 para modificar o parâmetro na planilha eletrônica do MTM, resultando num total de 0,6 horas para a análise.

### 4.3 Análise - Simulação

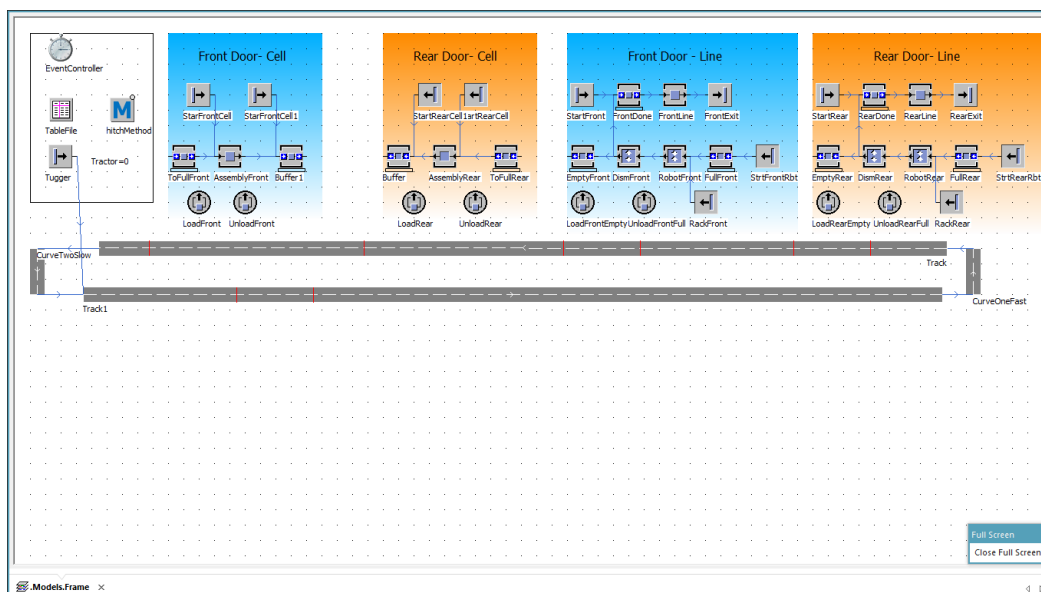
Para a construção do modelo de simulação foram abordadas as etapas do processo de análise do MTM considerando os tempos das atividades dos operadores. Também foram consideradas as características das células de produção, incluindo tempos de processos, eficiência e número de unidades de saída da célula de portas internas e a célula que abastece a linha de produção da funilaria. Portanto, os dados utilizados para simulação, no que corresponde às operações dos operadores e velocidades do rebocador, são consultados da base de dados do MTM. Para a construção da simulação utilizou-se do software Tecnomatix® Plant Simulation, software de simulação discreta, desenvolvido pela Siemens PLM®.

Para a construção do modelo gráfico da simulação, realizou-se acompanhamento *in loco* do processo para uma melhor compreensão das características do processo e suas interações com sistema. O mapeamento apoiou o entendimento do API e no levantamento dos dados pertinentes ao processo. Optou-se pela simplificação dos recursos humanos, portando todas as operações realizadas pelos recursos humanos estão sendo representadas por máquina ou com acréscimo no tempo de processamento.

Os dados de entrada da simulação foram consultados com o representante técnico de análise de capacidade e eficiência produtiva dos equipamentos e da linha final da funilaria. Em posse dos dados de entradas, iniciaram-se os testes da modelagem da simulação. Para a confirmação dos dados de entrada e modelagem, optou-se por confrontar os dados de saída da simulação com dados reais de capacidade e eficiência produtiva. Os dados consultados foram: número total de carros produzidos em um turno na linha da funilaria e o tempo médio entre as entregas na célula da linha de produção de portas internas.

O teste de validação gerou na variável de saída a informação de 504 unidades produzidas em um turno de trabalho na linha final da funilaria. Esse número é condizente com o sistema real, validando assim o modelo. O tempo despendido para a construção do modelo de simulação foi de 16 horas. A Figura 5 é uma representação da simulação realizada no software. Uma cópia dessa figura com maior detalhamento encontra-se no apêndice B.

**Figura 5:** Representação gráfica da modelagem do processo de abastecimento de portas internas direitas da empresa em estudo.



A análise pela simulação incorpora as ineficiências individuais de cada parte do sistema produtivo que impactam no manuseio dos materiais. Nesse ponto do estudo, a carga de trabalho do operador de rebocador não será vista separadamente do sistema, tendo a quantidade de produção de veículos na linha final da funilaria como referência dos fatores de mudanças que serão testados.

Assim como no método do MTM, os mesmos cenários, (i) modificação das atividades dos operadores, (ii) número de interferências da rota, (iii) deslocamento da rota e (iv) quantidade de peças da embalagem foram simulados através do software de simulação com o objetivo de comparar os métodos. Devido ao objeto de estudo ser a comparação da aplicação de cada método, optou-se por disponibilizar as tabelas de relatórios das simulações providas do software de Tecnomatix® Plant Simulation no apêndice D.

A primeira alternativa testada foi a que o operador de rebocador assume as tarefas realizadas pelo operador logístico, aumentando o tempo de ciclo da operação do operador de rebocador em 1 minuto e 50 segundos. A partir dos resultados se verificou que houve uma redução na produção de carros (480 unidades) com as modificações propostas, gerando uma perda média de 24 carros por turno. De tal forma, entende-se como possível, desde que seja acompanhada de melhorias que possam auxiliar na redução dessa perda. Melhorias as quais são as propostas nas etapas seguintes.

Como segunda alternativa, testou-se a redução do número de interferências na rota, que refletiu numa redução de 18 segundos em média no clique do operador de rebocador. Com a segunda alternativa em conjunto com a primeira, notou-se na variável de saída uma produção de 488 carros, oito carros a mais que anteriormente.

A terceira opção assim como no método do MTM, é invalida devido a questões de segurança. Portanto, como última ação, optou-se por simular e avaliar o aumento do número de peças por embalagem (alternativa que demanda maior investimento em tempo e custo). Nesse cenário, que é o conjunto da primeira, segunda e quarta alternativas juntas, a variável de saída volta a ser de 504 unidades em média por turno, mostrando que a modificação proposta não geraria perdas para o processo. Isso acontece, devido ao tempo de processamento das células. Com o aumento do número de peças na embalagem o tempo de processamento em cada célula também é maior, e faz com que o operador de rebocador tenha mais tempo para realizar suas atividades. As falhas do sistema poderiam ocasionar algum descompasso no processo de abastecimento e ocasionar uma diminuição da produção de carros, fato que não se retratou no modelo.

#### 4.4 Comparação entre os métodos

A partir das análises foi possível comparar os métodos, verificando as vantagens existentes entre os mesmos. As Tabelas 2 e 3 trazem os dados de horas despendidas para a criação dos métodos de análise e suas alternativas (método MTM na tabela 2 e simulação na Tabela 3).

**Tabela 2** – Quantidade de horas necessárias para a construção do método do MTM e para análise de cada alternativa.

<b>Etapa</b>	<b>Horas</b>
Construção do método	7,15
Análise da alternativa 1	3
Análise da alternativa 2	2,25
Análise da alternativa 3	0,6
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Tabela 3** – Quantidade de horas necessárias para a construção do método da simulação e para análise de cada alternativa.

<b>Etapa</b>	<b>Horas</b>
Construção do método	16
Análise da alternativa 1	1,3
Análise da alternativa 2	2,25
Análise da alternativa 3	0,8
<b>TOTAL</b>	<b>20,35</b>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

Os acompanhamentos *in loco* para a realização do trabalho, mapeamento das atividades e outros são comuns aos métodos de análise. Porém para a construção dos métodos os tempos variam bastante como pode ser visto nas Tabelas 3 e 4.

As grandes distinções referentes as horas necessárias para a construção dos métodos e suas análises, são entre o tempo de construção dos métodos e da análise sobre as interferências. Algumas análises possuem característica interativas e complexas, como a alternativa 2 onde se estudo as interferências na rota. Sendo a simulação um ambiente favorável para análises interativas o tempo para análise foi menor. Já a construção do modelo de simulação é mais robusta ocupando um maior tempo para seu desenvolvimento.

Como medida para a classificação dos métodos se utilizou de três critérios – flexibilidade; agilidade e eficiência dos processos do método- para a construção do custo total do método. A pontuação relacionada aos critérios e o custo total do método do MTM e do método da simulação estão respectivamente nas tabelas 4 e 5. A pontuação foi dada pelos colaboradores da empresa, obtidos através de entrevistas com os colaboradores.

Obteve-se o cálculo do custo através da divisão do total de horas dispendidas do método pela média ponderada dos três critérios. Tal curso de ação foi executado porque o custo é relacionado a horas de trabalho e as equipes que se envolvem nesses projetos possuem diferentes custos de mão de obra para empresa.

**Tabela 4** – Resultado das pontuações de cada critério para o método de análise da capacidade do manuseio de materiais pelo MTM.

<b>Critério</b>	<b>Pontuação</b>
Flexibilidade	8,5
Agilidade	6
Eficiência dos processos	8
Custo	0,96

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Tabela 5** – Resultado das pontuações de cada critério para o método de análise da capacidade do manuseio de materiais pelo Simulação.

<b>Critério</b>	<b>Pontuação</b>
Flexibilidade	9,5
Agilidade	10
Eficiência dos processos	9
Custo	0,71

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

Pelas tabelas 3 e 4 apresentadas, é possível identificar que o método de simulação tem uma pontuação de 25% menor em custo. Dessa forma, se percebe que a simulação é um método entendido como menos oneroso pela empresa quando comparado ao método do MTM.

Vale lembrar que durante o estudo os métodos, não foram excludentes, ou seja, se utilizou de dados provindos do MTM para realizar simulações. Com base nos resultados acima, percebe-se que a empresa deve adotar a hibridização dos métodos do MTM e simulação para a análise de capacidade do manuseio de materiais. Que é composto, primeiramente, pela análise do MTM, onde os tempos das atividades serão determinados. Com a informação dos tempos provindos do MTM, deve-se consultar os tempos de processos e eficiência das máquinas e equipamentos envolvidos no processo ao qual será feita a análise. Possuindo todos esses dados, deve-se construir o modelo de simulação, através das ferramentas e métodos que foram utilizados nesse trabalho, para que a modelagem seja testada com os dados reais. Tendo a simulação pronta, isto é, após realizado o teste de aderência do modelo, os dados de saída da simulação condizem com os reais, pode-se realizar os testes para a análise da capacidade do manuseio de materiais. No apêndice C encontra-se o fluxo de atividades do método de análise padrão proposto.

## **5 Conclusão**

Com intuito de diminuir o custo de análise da capacidade do manuseio de materiais, a empresa deve adotar como padrão a hibridização dos métodos. Tendo os métodos de análises do MTM e simulação combinados a empresa terá um menor custo para os seus diagnósticos. Visto que muitas das alternativas estudadas como modificações de aumento da quantidade de peças, além de ter um alto investimento monetário ela requisita grande investimento de tempo para reajustar todos equipamentos envolvidos. Portanto é prudente que se utilize de métodos mais robustos.

O MTM suporta a simulação com os dados de tempos e movimentos atividades realizadas por pessoas e a simulação interliga os tempos das atividades das pessoas com os tempos de processamentos de máquinas. Tornando análise total mais robusta. Até mesmo o fato de realizar esse tipo de trabalho proporciona uma relação do manuseio de materiais com outras áreas da empresa, possibilitando que o analista tenha uma visão do processo além do manuseio de materiais.

Como oportunidade futura, visto que, a análise do MTM já é realizada em praticamente toda a logística interna da empresa, pode-se iniciar estudos em partes

do processo em que a simulação agregue valor para a mitigação de desperdícios em áreas chaves do manuseio de materiais. Sendo como um ponto de partida de expansão para o desenvolvimento de estudo híbridos em outros processos do manuseio de materiais da funilaria e de outras áreas da empresa como a estamperia, montagem geral, entre outras, assim mais modelos de simulação estarão sendo desenvolvidos. A medida que os modelos forem criados eles poderão ser interligados uns com os outros para aumentar o nível de entendimento das áreas e processos que possuem relação entre si. Dessa forma é possível então obter um entendimento maior da cadeia de movimentação de materiais da empresa de uma forma global e aumentar a agilidade na capacidade de resposta das modificações internas e com um menor custo.

## REFERÊNCIAS

**AFT, L. S.** Work Measurement and Methods Improvement. Wiley Series in Engineering Design and Automation. v. 9. New York: John Wiley & Sons, 2000.

**APPLE, J.** Plant layout and material handling. 3.ed. New York: Wiley, 1977.

**ARORA, K. C.** Comprehensive Production and Operations Management. Bangalore: Laxmi Publications, 2004.

**ARTHUR YOUNG & COMPANY.** Manufacturing work measurement system evaluation final report and reference guide, 1987.

**ASSOCIAÇÃO MTM REINO UNIDO.** <http://www.ukmtm.co.uk/systems/mtm-logistics.html> acessado em abril de 2017.

**BALLOU, RONALD H.** Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

**BANGSOW, S.** Tecnomatix Plant Simulation: Modeling and Programming by Means of Examples. Chem: pringer, 2015

**BARNES, R. M.** Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. 6. ed. São Paulo: Blucher, 1977

**BATTINI, D.; BOYSEN, N.; EMDE, S.** Just-in-Time supermarkets for part supply in the automobile industry. Journal of Management Control, v. 24, n. 2, p. 209-217, 2013.

**BATTINI, D.; GAMBERI, M.; PERSONA, A.; SGARBOSSA, F.** Part-feeding with supermarket in assembly systems: transportation mode selection model and multi-scenario analysis. *Assembly Automation*, v. 35, n. 1, p. 149-159, 2015.

**BERTAGLIA, P. R.** Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento. São Paulo: Saraiva, 2003.

**BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.** Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

**BOWERSOX, D. J.** 21st Century Logistics: Making Supply Chain Integration a Reality. Illinois: Council of Logistics Management, 1999.

**CHOI, W.; LEE, Y.** A dynamic part-feeding system for an automotive assembly line. *Computers & Industrial Engineering*, v. 43, n. 1-2, p. 123-134, 2002.

**CHRISTOPHER, M.** Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos; criando redes que agregam valor. 2. ed. São Paulo: Thonsom Learning, 2007.

**COSTA, F. N. D.** Determinação e Análise da Capacidade Produtiva de uma Empresa de Cosméticos através do Estudo de Tempo e Movimentos. ENEGEP, 2008.

**FARIA, A. C.; COSTA, M. F. G.** Gestão de Custos Logísticos: Custeio Baseado em Atividades (ABC), Balanced Scorecard (BSC), Valor Econômico Agregado (EVA). São Paulo: Atlas, 2005.

**GIL, A. C.** Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

**GUDEHUS, T.; KOTZAB, H.** Commissioning Systems. *Comprehensive Logistics* p. 533-622. Berlin: Springer 2012.

**HARREL, C. R.; MOTT, J.R.A.; BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. G.; GOGG, T. J.** Simulação: Otimizando os sistemas. 2. ed. São Paulo: IMAM, 2002.

**HERAGU, S. S.** Facilities design. CRC Press, 2008.

**IMAM.** <https://www.imam.com.br/logistica/noticias/movimentacao/180-rebocadores-para-a-movimentacao-em-grandes-distancias-pag-60>. Acessado em maio de 2017.

**INSTITUTE OF INDUSTRIAL ENGINEERS:** Industrial engineering terminology: a revision consolidation and redesignation of ANSI Z94. Georgia: Institute of Industrial Engineers, Industrial Engineering & Management Press, 1983.

**JAHANGIRIAN, M.; ELDABI, T.; NASEER, A.; STERGIIOULAS, L K.; YOUN, T.** Simulation in manufacturing and business: A review. *European Journal of Operational Research*, 203, p. 1–13, 2010.



**JUREKA, S. J.** Management practices in selected New England industries. Dissertação de doutorado, Boston University, 1950.

**KARGER, D. W.; BAYHA, F. H.** Engineered work measurement: the principles, techniques, and data of methods-time measurement background and foundations of work measurement and methods-time measurement, plus other related material. 4. ed. New York: Industrial Press Inc, 1987.

**KILIC, H. S.; DURMUSOGLU, M. B.** Advances in assembly line parts feeding policies: a literature review. *Assembly Automation*, v. 35, n. 1, p. 57-68, 2015.

**KOPTAK, M., DŽUBÁKOVÁ, M., VASILIEŇ-VASILIAUSKIENĖ, V., & VASILIAUSKAS, A. V.** Work Standards in Selected Third Party Logistics Operations: MTM-LOGISTICS Case Study. *Procedia Engineering*, 187, 160-166, 2017.

**LAW, A. M.; KELTON, W. D.** Simulation Modeling and Analysis. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

**LUSTOSA, L. J.; DE MESQUITA, M. A.; OLIVEIRA, R. J.** Planejamento e controle da produção. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2008.

**MAYNARD, H. B.; STEGEMERTEN, G. J.; SCHWAB, J. L.** Methods-time measurement, New York: McGraw-Hill, 1948.

**MOURA, D. A., LIU, R. D.** Sistemas de produção, o uso de ferramentas adequadas para aumento de competitividade na área de tempos e métodos. *Revista Gestão Industrial*, v. 10, n. 1, 2014.

**MTM BÁSICO.** Apostila do Método Básico MTM. São Paulo: Associação MTM do Brasil, 2005.

**MTM-LOGÍSTICA.** São Paulo: Associação MTM do Brasil, 2005.

**MTM-UAS.** Training Manual. German MTM Association, 2002.

**NEGAHBAN, A.; SMITH, J.** Simulation for manufacturing system design and operation: Literature review and analysis. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 33, n. 2, p. 241-261, 2014.

**O'DONOVAN, C.** An outline of Predetermined Motion Time Systems. *Work Study*, Vol. 20 Issue: 2, pp.3-71, 1971.

**OHNO, T.** O sistema Toyota de produção além da produção: além da larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

**PAPAKOSTAS, N.; ALEXOPOULOS, K.; KOPANAKIS, A.** Integrating digital manufacturing and simulation tools in the assembly design process: A cooperating robots cell case. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, v. 4, n. 1, p. 96-100, 2011.

**PEINADO, J.; GRAEML, A. R.** Administração da produção. Operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.

**ROBINSON, S.** Simulation: the practice of model development and use. Chichester: John Wiley & Sons, 1964.

**ROBINSON, S.** Discrete-Event Simulation: From the Pioneers to the Present, What Next?. *The Journal of the Operational Research Society*, v. 56, n. 6, p. 619- 629, 2005.

**SALVENDY, G.** Handbook of industrial engineering: technology and operations management. 3. ed. New York: John Wiley & Son, 2001.

**SCHMID, R. O.** An analysis of predetermined time systems. Dissertação de doutorado, Newark College of Engineering, 1957.

**SETHI, A.; SETHI, S.** Flexibility in manufacturing: A survey. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, v. 2, n. 4, 1990.

**SHELDRAKE, J.** Management theory. 2. ed. Cengage Learning EMEA, 2003.

**SOARES, J. P. M.; LEMOS, F. O.; ARAÚJO, C. L. K.; HANSEN P. B.** A contribuição da simulação computacional para a análise sistêmica da reestruturação de layout e otimização de recursos na manufatura celular: estudo de caso em uma célula de uma empresa do ramo automotivo. *Produto & Produção*, v. 12, n. 3, p. 49-68, 2011.

**TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A.; FRAZELL, E. H.; TANCHOCO, J. M. A.; TREVINO, J.** Facilities Planning. 4. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.

**VILLANOVA, R. G.; MUSETTI, M. A.; RIGATTO, C. E.** Sistema Enxuto de Movimentação de Materiais: Implantação numa empresa de linha branca. Porto Alegre, XXV ENEGEP, 2005.

**WANG, J.; CHANG, Q.; XIAO, G.; WANG, N.; LI, S** Data driven production modeling and simulation of complex automobile general assembly plant. *Computers in Industry*, v. 62, n. 7, p. 765-775, 2011.

**WOMACK, J; JONES, D.** A mentalidade enxuta nas empresas. 5. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

**WOOD, M. C., WOOD, J. C.** Frank and Lillian Gilbreth: critical evaluations in business and management. v. 2, Taylor & Francis, 2003.

**WY, J.; JEONG, S.; KIM, B. I.; PARK, J.; SHIN, J.; YOON, H.; LEE, S.** A data-driven generic simulation model for logistics-embedded assembly manufacturing lines. *Computers & Industrial Engineering*, v. 60, n. 1, p. 138-147, 2011.

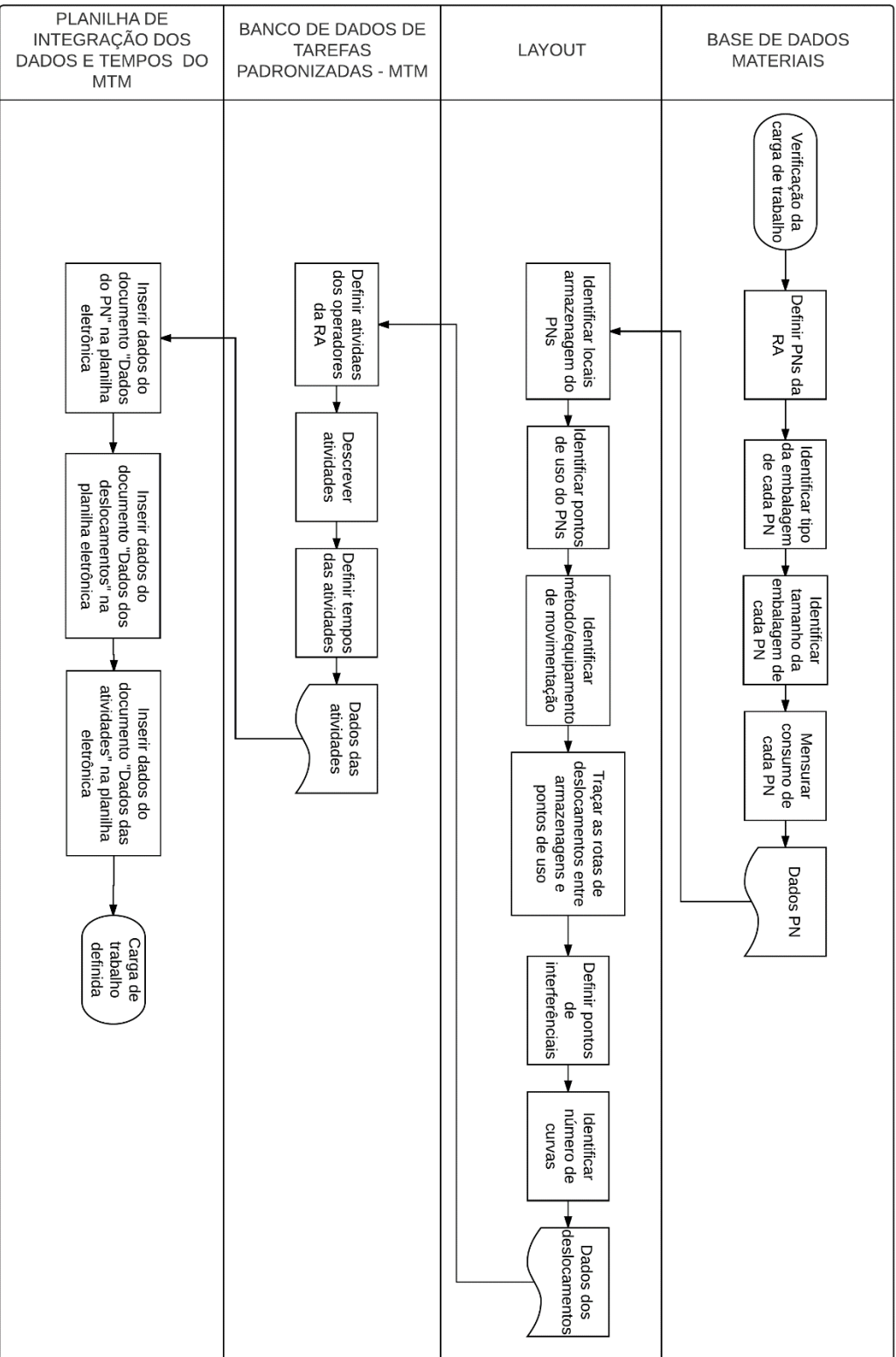
**WYGANT, R. M.** A comparison of computerized predetermined time systems. *Computers & industrial engineering*, v. 17, n. (1-4), 480-485, 1989.

**ZAMPIERI JUNIOR, J. R.** O uso da simulação como ferramenta de apoio a análise de alternativas de layout visando o aumento de capacidade de produção do sistema de manufatura. Dissertação de Mestrado em Produção, Centro Universitário da FEI, 2009.

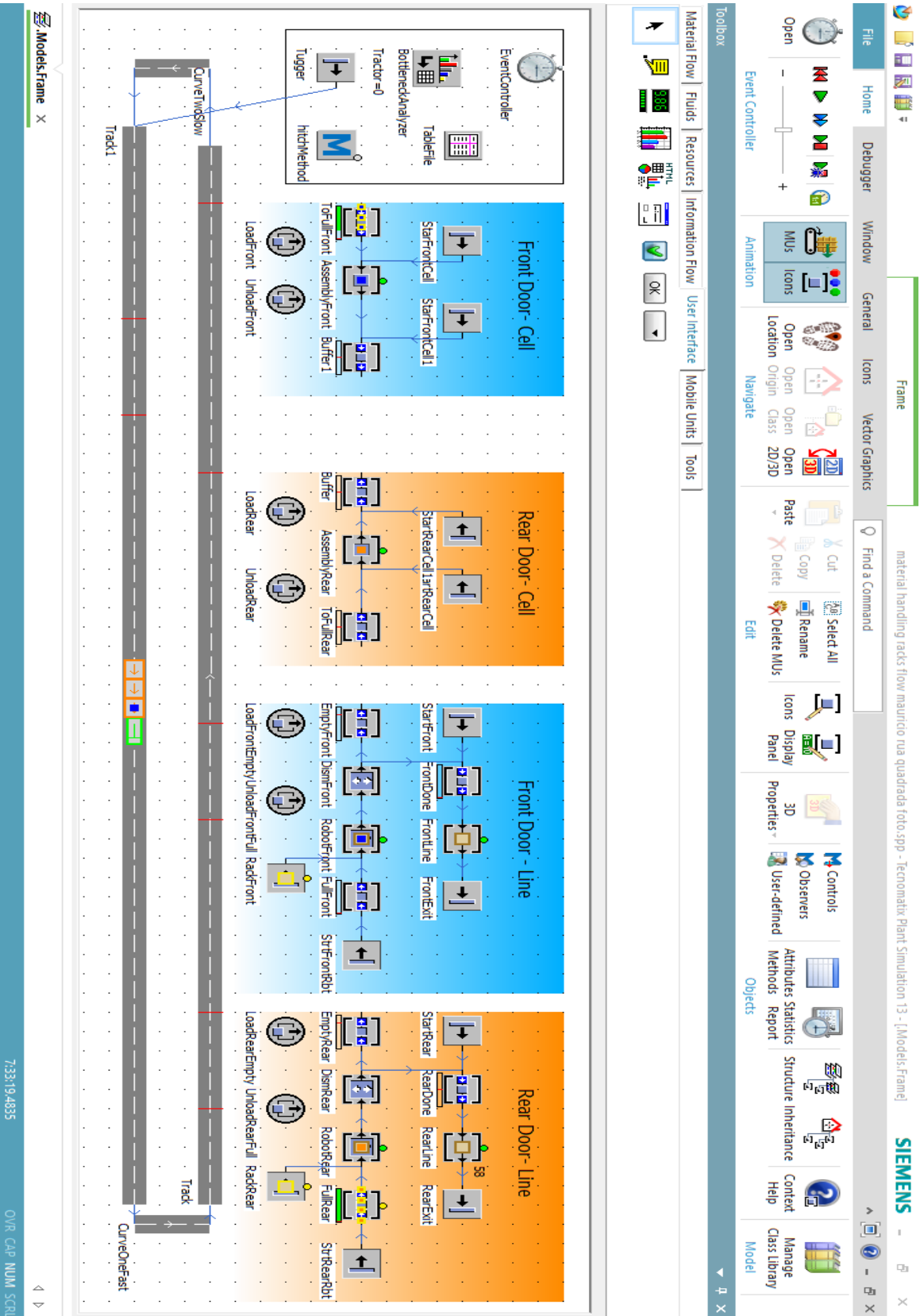
**ZANDIN, K. B.** MOST Work Measurement Systems. 3 ed. New York: Marcel Dekker, 2003.

**PROCESSO DO DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DE UMA ROTA DE ABASTECIMENTO DO MANUSEIO DE MATERIAS - PELO MÉTODO DO MTM**

Maurício Lopes | 2017

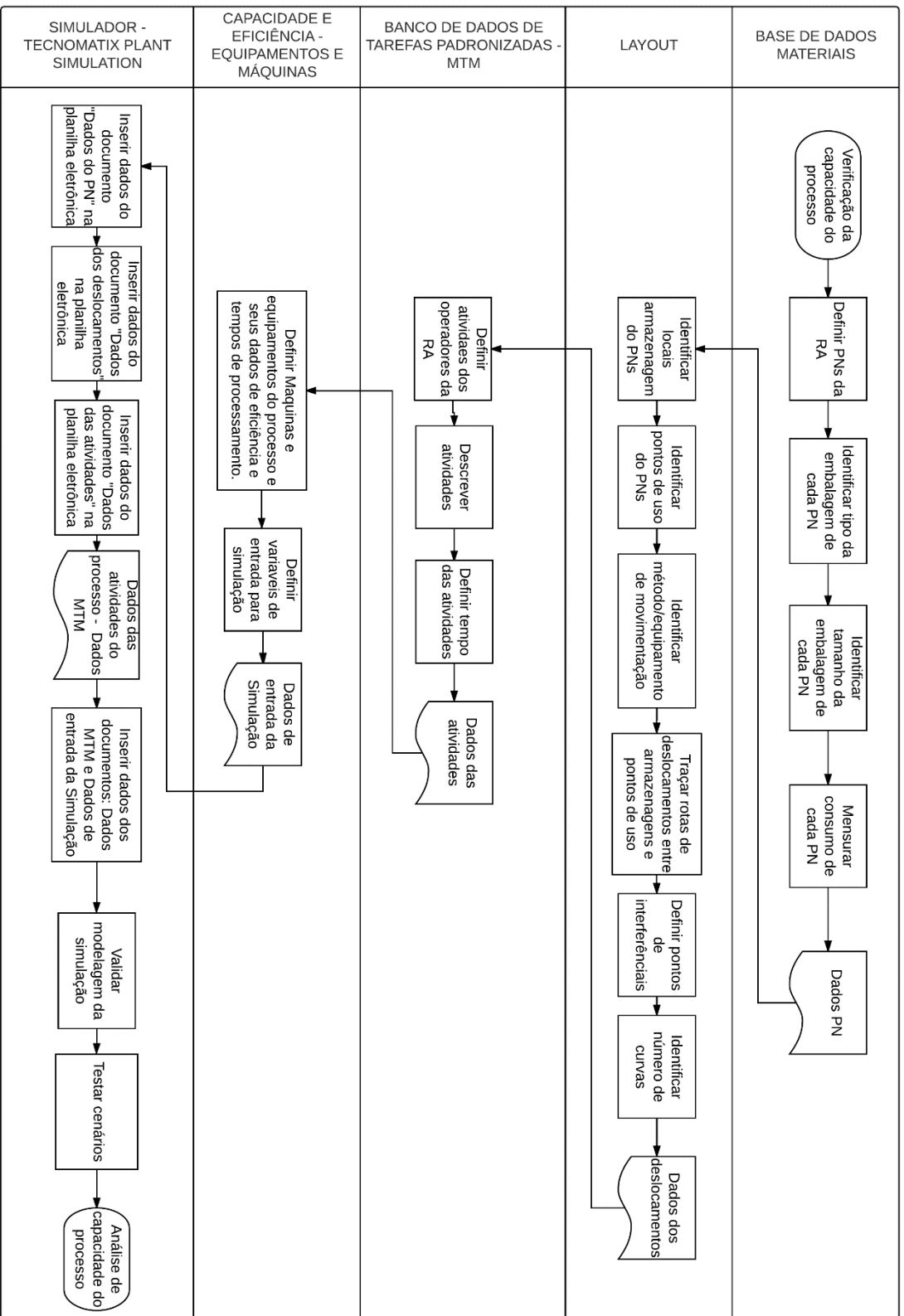


# Apêndice B



**PROCESSO DO DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DE UMA ROTA DE ABASTECIMENTO DO MANUSEIO DE MATERIAS - PELO MÉTODO DA SIMULAÇÃO**

Maurício Lopes | 2017



## Apêndice D

Relatório referente a simulação do processo atual.

<b>Created on</b>	quinta-feira, 30 de novembro de 2017 21:15
<b>Model name</b>	material handling racks flow td2 - Rebocador + apoio.spp
<b>Simulation time</b>	7:30:54.0000

## Resource Statistics - Resource Statistics

### Portions of the States

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Powering up/down	Failed	Stopped	Paused	Unplanned	Portion
RearLine	92.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	8.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
RearDone	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
RobotRear	86.09%	0.00%	4.85%	0.00%	0.00%	9.07%	0.00%	0.00%	0.00%	
UnloadRearFull	5.02%	0.00%	94.98%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

### Material Flow Properties

Object	Number of Entries	Number of Exits	Minimum Contents	Maximum Contents	Relative Empty	Relative Full	Relative Occupation without Interruptions	Relative Occupation with Interruptions
RearLine	63	62	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%
RearDone	64	63	0	3	4.73%	0.00%	34.71%	34.71%
RobotRear	62	61	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%
UnloadRearFull	60	60	0	1	94.98%	-	5.02%	5.02%

### Working Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	92.00%	63	6:54:48.4584	6:35.0549	39.2505
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	86.09%	62	6:28:09.5340	6:15.6376	2.8532
UnloadRearFull	5.02%	60	22:39.0000	22.6500	0.0000

### Set-up Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Waiting Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	100.00%	62	7:30:54.0000	7:16.3548	1:28.3409
RobotRear	4.85%	11	21:52.0039	1:59.2731	1:34.3977
UnloadRearFull	94.98%	61	7:08:15.0000	7:01.2295	2:25.4598

### Blocked Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Powering up/down Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Stopped Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Failed Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	8.00%	17	36:05.5416	2:07.3848	1:18.5598
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	9.07%	30	40:52.4621	1:21.7487	59.7204
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Paused Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Empty Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	4.73%	12	21:18.4108	1:46.5342	1:15.4256
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	94.98%	61	7:08:15.0000	7:01.2295	2:25.4598

## Resource Statistics - Mobile Units

### Material Flow Properties

Object	Number of Entries	Number of Exits	Minimum Contents	Maximum Contents	Relative Empty	Relative Full	Relative Occupation	Relative Occupation with Interruptions



								without Interruptions	
.Models.Tractor:1	0	0	0	0	100.00%	-		0.00%	0.00%
.Models.TrailerRear:1	133	132	0	1	52.26%	-		47.74%	47.74%
.Models.TrailerFront:1	107	107	0	1	71.27%	-		28.73%	28.73%
.Models.TrailerFront:2	1	1	0	1	99.70%	-		0.30%	0.30%

## Empty Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	100.00%	1	7:30:54.0000	7:30:54.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	52.26%	133	3:55:38.8397	1:46.3071	57.7624
.Models.TrailerFront:1	71.27%	108	5:21:20.9098	2:58.5269	2:11.3293
.Models.TrailerFront:2	99.70%	2	7:29:30.3799	3:44:45.1899	3:59:21.3748

## Product Statistics - Cumulated Statistics of the Classes

### Product-Oriented Statistics of all Existing and Deleted MUs (by Classes)

Class	Count	Deleted	Mean Life Time
Tractor	1	0	0.0000
TrailerRear	1	0	0.0000
TrailerFront	2	0	0.0000

### Mean Time Portions of an MU Class of the Mean Life Span

Class	Production						Transport						Storage					
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused
Tractor	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	59.73%	0.00%	40.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
TrailerRear	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	59.73%	0.00%	40.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
TrailerFront	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	59.73%	0.00%	40.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Product Statistics - Statistics of the Individual MUs

### Mean Time Portions of an Individual MU of the Mean Life Span

Object	Production						Transport						Storage					
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused
.Models.Tractor:1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	59.73%	0.00%	40.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	59.73%	0.00%	40.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	59.73%	0.00%	40.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	59.73%	0.00%	40.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Driving Statistics - Usage of the Transporters

## Usage of the Transporters

Object	Occupied with Order	Empty with Order	Return to Base	Operational	Paused	Failed	Unplanned
.Models.Tractor:1	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Ready Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	100.00%	1	7:30:54.0000	7:30:54.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	100.00%	1	7:30:54.0000	7:30:54.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:1	100.00%	1	7:30:53.2784	7:30:53.2784	0.0000
.Models.TrailerFront:2	100.00%	1	7:30:52.7629	7:30:52.7629	0.0000

## Paused Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

## Failed Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

## Traveled Distance

Object	Traveled Distance
.Models.Tractor:1	31349.14m
.Models.TrailerRear:1	31347.74m
.Models.TrailerFront:1	31346.74m
.Models.TrailerFront:2	31345.74m

## Driving Statistics - Battery

### Battery

Object	Battery Capacity	Charging Current	Number of Charges	Portion	Driving Consumption	Basic Consumption
.Models.Tractor:1	0	0	0	0.00%	0	0
.Models.TrailerRear:1	0	0	0	0.00%	0	0
.Models.TrailerFront:1	0	0	0	0.00%	0	0
.Models.TrailerFront:2	0	0	0	0.00%	0	0

## Service Statistics - Importer Statistics

## Importers Waiting for Services and Parts

Object	Total Delay	Reason for the Delay		
		Waiting for Services and Parts	Waiting for Parts	Waiting for Set-up Exporters
RearLine	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
RearDone	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
RobotRear	4.85%	4.85%	4.85%	0.00%
UnloadRearFull	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Waiting Times for Services and Parts

Object	Waiting for Services and Parts	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	4.85%	11	21:52.0039	1:59.2731	1:34.3977
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

## Waiting Times for Parts

Object	Waiting for Parts	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	4.85%	11	21:52.0039	1:59.2731	1:34.3977
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

## Waiting Times for Set-up Exporters

Object	Waiting for Set-up Exporters	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation	Waiting Time while the Resource Waited	Waiting Time while the Resource Worked	Waiting Time while the Resource was Blocked
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%

## Relatório - Alternativa de modificação das atividades dos operadores.

<b>Created on</b>	quinta-feira, 30 de novembro de 2017 21:18
<b>Model name</b>	2 material handling racks flow td2 - Rebocador sem apoio.spp
<b>Simulation time</b>	7:30:54.0000

### Resource Statistics - Resource Statistics

#### Portions of the States

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Powering up/down	Failed	Stopped	Paused	Unplanned	Portion
RearLine	89.25%	0.00%	2.74%	0.00%	0.00%	8.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
RearDone	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
RobotRear	82.86%	0.00%	4.32%	0.00%	0.00%	12.82%	0.00%	0.00%	0.00%	
UnloadRearFull	4.80%	0.00%	95.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

#### Material Flow Properties

Object	Number of Entries	Number of Exits	Minimum Contents	Maximum Contents	Relative Empty	Relative Full	Relative Occupation without Interruptions	Relative Occupation with Interruptions
RearLine	61	60	0	1	2.98%	-	97.02%	97.26%
RearDone	62	61	0	3	26.52%	0.00%	26.05%	26.05%
RobotRear	60	59	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%
UnloadRearFull	59	59	0	1	95.20%	-	4.80%	4.80%

#### Working Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	89.25%	61	6:42:26.3189	6:35.8413	32.4805
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	82.86%	60	6:13:38.1008	6:13.6350	18.3191
UnloadRearFull	4.80%	59	21:38.0000	22.0000	0.0000

#### Set-up Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

#### Waiting Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	2.74%	6	12:22.1396	2:03.6899	1:00.4379
RearDone	100.00%	60	7:30:54.0000	7:30.9000	2:09.0631
RobotRear	4.32%	5	19:28.3569	3:53.6714	3:33.0173
UnloadRearFull	95.20%	60	7:09:16.0000	7:09.2667	3:11.0058

#### Blocked Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
--------	---------	-------	-----	------------	--------------------

RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Powering up/down Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Stopped Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Failed Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	8.00%	17	36:05.5416	2:07.3848	1:18.5598
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	12.82%	41	57:47.5424	1:24.5742	1:08.6113
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Paused Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Empty Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	2.74%	6	12:22.1396	2:03.6899	1:00.4379
RearDone	26.52%	25	1:59:33.9427	4:46.9577	3:08.1191
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	95.20%	60	7:09:16.0000	7:09.2667	3:11.0058

## Resource Statistics - Mobile Units

### Material Flow Properties

Object	Number of Entries	Number of Exits	Minimum Contents	Maximum Contents	Relative Empty	Relative Full	Relative Occupation without Interruptions	Relative Occupation with Interruptions

.Models.Tractor:1	0	0	0	0	100.00%	-	0.00%	0.00%
.Models.TrailerRear:1	109	109	0	1	32.20%	-	67.80%	67.80%
.Models.TrailerFront:1	92	91	0	1	56.32%	-	43.68%	43.68%
.Models.TrailerFront:2	33	33	0	1	82.51%	-	17.49%	17.49%

## Empty Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	100.00%	1	7:30:54.0000	7:30:54.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	32.20%	110	2:25:11.6129	1:19.1965	35.4356
.Models.TrailerFront:1	56.32%	92	4:13:56.2026	2:45.6109	1:55.7853
.Models.TrailerFront:2	82.51%	34	6:12:02.3541	10:56.5398	11:55.3170

## Product Statistics - Cumulated Statistics of the Classes

### Product-Oriented Statistics of all Existing and Deleted MUs (by Classes)

Class	Count	Deleted	Mean Life Time
Tractor	1	0	0.0000
TrailerRear	1	0	0.0000
TrailerFront	2	0	0.0000

### Mean Time Portions of an MU Class of the Mean Life Span

Class	Production						Transport						Storage					
	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed
Tractor	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	43.78%	0.00%	56.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
TrailerRear	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	43.78%	0.00%	56.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
TrailerFront	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	43.78%	0.00%	56.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Product Statistics - Statistics of the Individual MUs

### Mean Time Portions of an Individual MU of the Mean Life Span

Object	Production						Transport						Storage					
	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed
.Models.Tractor:1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	43.78%	0.00%	56.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	43.78%	0.00%	56.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	43.78%	0.00%	56.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	43.78%	0.00%	56.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Driving Statistics - Usage of the Transporters

### Usage of the Transporters

Object	Occupied with Order	Empty with Order	Return to Base	Operational	Paused	Failed	Unplanned
.Models.Tractor:1	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Ready Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	100.00%	1	7:30:54.0000	7:30:54.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	100.00%	1	7:30:54.0000	7:30:54.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:1	100.00%	1	7:30:53.2784	7:30:53.2784	0.0000
.Models.TrailerFront:2	100.00%	1	7:30:52.7629	7:30:52.7629	0.0000

## Paused Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

## Failed Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

## Traveled Distance

Object	Traveled Distance
.Models.Tractor:1	22980.40m
.Models.TrailerRear:1	22979.00m
.Models.TrailerFront:1	22978.00m
.Models.TrailerFront:2	22977.00m

## Driving Statistics - Battery

### Battery

Object	Battery Capacity	Charging Current	Number of Charges	Portion	Driving Consumption	Basic Consumption
.Models.Tractor:1	0	0	0	0.00%	0	0
.Models.TrailerRear:1	0	0	0	0.00%	0	0
.Models.TrailerFront:1	0	0	0	0.00%	0	0
.Models.TrailerFront:2	0	0	0	0.00%	0	0

## Service Statistics - Importer Statistics

### Importers Waiting for Services and Parts

Object	Total Delay	Reason for the Delay		
		Waiting for Services and Parts	Waiting for Parts	Waiting for Set-up Exporters
RearLine	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
RearDone	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
RobotRear	4.32%	4.32%	4.32%	0.00%
UnloadRearFull	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

### Waiting Times for Services and Parts

Object	Waiting for Services and Parts	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	4.32%	5	19:28.3569	3:53.6714	3:33.0173
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Waiting Times for Parts

Object	Waiting for Parts	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	4.32%	5	19:28.3569	3:53.6714	3:33.0173
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Waiting Times for Set-up Exporters

Object	Waiting for Set-up Exporters	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation	Waiting Time while the Resource Waited	Waiting Time while the Resource Worked	Waiting Time while the Resource was Blocked
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%



## Relatório – Alternativa do número de interferências da rota.

<b>Created on</b>	quinta-feira, 30 de novembro de 2017 21:32
<b>Model name</b>	4 material handling racks flow td2 - Rebocador sem apoio alteração interferencia.spp
<b>Simulation time</b>	7:30:54.0000

## Resource Statistics - Resource Statistics

### Portions of the States

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Powering up/down	Failed	Stopped	Paused	Unplanned	Portion
RearLine	90.38%	0.00%	1.62%	0.00%	0.00%	8.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
RearDone	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
RobotRear	83.79%	0.00%	3.39%	0.00%	0.00%	12.82%	0.00%	0.00%	0.00%	
UnloadRearFull	4.38%	0.00%	95.62%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

### Material Flow Properties

Object	Number of Entries	Number of Exits	Minimum Contents	Maximum Contents	Relative Empty	Relative Full	Relative Occupation without Interruptions	Relative Occupation with Interruptions
RearLine	62	61	0	1	1.76%	-	98.24%	98.38%
RearDone	63	62	0	3	21.15%	0.00%	27.59%	27.59%
RobotRear	61	60	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%
UnloadRearFull	60	59	0	1	95.62%	-	4.38%	4.38%

### Working Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	90.38%	62	6:47:30.2912	6:34.3595	44.4131
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	83.79%	61	6:17:48.6311	6:11.6169	34.2331
UnloadRearFull	4.38%	60	19:44.5773	19.7430	1.9911

### Set-up Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Waiting Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	1.62%	4	7:18.1672	1:49.5418	1:11.1340
RearDone	100.00%	61	7:30:54.0000	7:23.5082	1:57.0472
RobotRear	3.39%	6	15:17.8265	2:32.9711	3:42.0625
UnloadRearFull	95.62%	60	7:11:09.4227	7:11.1570	4:24.7025

### Blocked Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
--------	---------	-------	-----	------------	--------------------

RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Powering up/down Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Stopped Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Failed Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	8.00%	17	36:05.5416	2:07.3848	1:18.5598
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	12.82%	41	57:47.5424	1:24.5742	1:08.6113
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Paused Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Empty Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	1.62%	4	7:18.1672	1:49.5418	1:11.1340
RearDone	21.15%	23	1:35:20.9369	4:08.7364	3:11.5978
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	95.62%	60	7:11:09.4227	7:11.1570	4:24.7025

## Resource Statistics - Mobile Units

### Material Flow Properties

Object	Number of Entries	Number of Exits	Minimum Contents	Maximum Contents	Relative Empty	Relative Full	Relative Occupation without Interruptions	Relative Occupation with Interruptions

.Models.Tractor:1	0	0	0	0	100.00%	-	0.00%	0.00%
.Models.TrailerRear:1	114	113	0	1	33.21%	-	66.79%	66.79%
.Models.TrailerFront:1	94	94	0	1	56.67%	-	43.33%	43.33%
.Models.TrailerFront:2	28	28	0	1	86.02%	-	13.98%	13.98%

## Empty Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	100.00%	1	7:30:54.0000	7:30:54.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	33.21%	114	2:29:43.8763	1:18.8059	40.8189
.Models.TrailerFront:1	56.67%	95	4:15:31.5876	2:41.3851	1:55.9191
.Models.TrailerFront:2	86.02%	29	6:27:49.4433	13:22.3946	18:11.6362

## Product Statistics - Cumulated Statistics of the Classes

### Product-Oriented Statistics of all Existing and Deleted MUs (by Classes)

Class	Count	Deleted	Mean Life Time
Tractor	1	0	0.0000
TrailerRear	1	0	0.0000
TrailerFront	2	0	0.0000

### Mean Time Portions of an MU Class of the Mean Life Span

Class	Production						Transport						Storage					
	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed
Tractor	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	46.05%	0.00%	53.95%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
TrailerRear	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	46.04%	0.00%	53.95%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
TrailerFront	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	46.04%	0.00%	53.96%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Product Statistics - Statistics of the Individual MUs

### Mean Time Portions of an Individual MU of the Mean Life Span

Object	Production						Transport						Storage					
	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed
.Models.Tractor:1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	46.05%	0.00%	53.95%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	46.04%	0.00%	53.95%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	46.04%	0.00%	53.95%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	46.04%	0.00%	53.96%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Driving Statistics - Usage of the Transporters

### Usage of the Transporters

Object	Occupied with Order	Empty with Order	Return to Base	Operational	Paused	Failed	Unplanned
.Models.Tractor:1	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Ready Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	100.00%	1	7:30:54.0000	7:30:54.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	100.00%	1	7:30:54.0000	7:30:54.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:1	100.00%	1	7:30:53.2784	7:30:53.2784	0.0000
.Models.TrailerFront:2	100.00%	1	7:30:52.7629	7:30:52.7629	0.0000

## Paused Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

## Failed Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

## Traveled Distance

Object	Traveled Distance
.Models.Tractor:1	24167.40m
.Models.TrailerRear:1	24166.00m
.Models.TrailerFront:1	24165.00m
.Models.TrailerFront:2	24164.00m

## Driving Statistics - Battery

### Battery

Object	Battery Capacity	Charging Current	Number of Charges	Portion	Driving Consumption	Basic Consumption
.Models.Tractor:1	0	0	0	0.00%	0	0
.Models.TrailerRear:1	0	0	0	0.00%	0	0
.Models.TrailerFront:1	0	0	0	0.00%	0	0
.Models.TrailerFront:2	0	0	0	0.00%	0	0

## Service Statistics - Importer Statistics

### Importers Waiting for Services and Parts

Object	Total Delay	Reason for the Delay		
		Waiting for Services and Parts	Waiting for Parts	Waiting for Set-up Exporters
RearLine	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
RearDone	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
RobotRear	3.39%	3.39%	3.39%	0.00%
UnloadRearFull	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

### Waiting Times for Services and Parts

Object	Waiting for Services and Parts	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	3.39%	6	15:17.8265	2:32.9711	3:42.0625
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Waiting Times for Parts

Object	Waiting for Parts	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	3.39%	6	15:17.8265	2:32.9711	3:42.0625
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Waiting Times for Set-up Exporters

Object	Waiting for Set-up Exporters	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation	Waiting Time while the Resource Waited	Waiting Time while the Resource Worked	Waiting Time while the Resource was Blocked
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%

## Relatório - Alternativa de quantidade de peças da embalagem

<b>Created on</b>	quinta-feira, 30 de novembro de 2017 21:38
<b>Model name</b>	5 material handling racks flow td2 - Rebocador sem apoio alteração rack.spp
<b>Simulation time</b>	7:30:54.0000

### Resource Statistics - Resource Statistics

#### Portions of the States

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Powering up/down	Failed	Stopped	Paused	Unplanned	Portion
RearLine	91.76%	0.00%	0.24%	0.00%	0.00%	8.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
RearDone	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
RobotRear	85.63%	0.00%	1.55%	0.00%	0.00%	12.82%	0.00%	0.00%	0.00%	
UnloadRearFull	3.62%	0.00%	96.38%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

#### Material Flow Properties

Object	Number of Entries	Number of Exits	Minimum Contents	Maximum Contents	Relative Empty	Relative Full	Relative Occupation without Interruptions	Relative Occupation with Interruptions
RearLine	52	51	0	1	0.26%	-	99.74%	99.76%
RearDone	53	52	0	2	17.69%	0.00%	24.72%	24.72%
RobotRear	51	50	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%
UnloadRearFull	49	49	0	1	96.38%	-	3.62%	3.62%

#### Working Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	91.76%	52	6:53:44.7075	7:57.3982	18.7617
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	85.63%	51	6:26:06.6684	7:34.2484	55.3575
UnloadRearFull	3.62%	49	16:20.0000	20.0000	0.0000

#### Set-up Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

#### Waiting Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.24%	1	1:03.7509	1:03.7509	0.0000
RearDone	100.00%	51	7:30:54.0000	8:50.4706	2:04.4418
RobotRear	1.55%	4	6:59.7893	1:44.9473	1:14.1787
UnloadRearFull	96.38%	50	7:14:34.0000	8:41.4800	3:21.9878

#### Blocked Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
--------	---------	-------	-----	------------	--------------------

RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Powering up/down Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Stopped Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Failed Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	8.00%	17	36:05.5416	2:07.3848	1:18.5598
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	12.82%	41	57:47.5424	1:24.5742	1:08.6113
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Paused Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Empty Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.24%	1	1:03.7509	1:03.7509	0.0000
RearDone	17.69%	25	1:19:45.4097	3:11.4164	2:34.6126
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
UnloadRearFull	96.38%	50	7:14:34.0000	8:41.4800	3:21.9878

## Resource Statistics - Mobile Units

### Material Flow Properties

Object	Number of Entries	Number of Exits	Minimum Contents	Maximum Contents	Relative Empty	Relative Full	Relative Occupation without Interruptions	Relative Occupation with Interruptions

.Models.Tractor:1	0	0	0	0	100.00%	-	0.00%	0.00%
.Models.TrailerRear:1	114	113	0	1	43.44%	-	56.56%	56.56%
.Models.TrailerFront:1	80	80	0	1	66.90%	-	33.10%	33.10%
.Models.TrailerFront:2	1	1	0	1	99.26%	-	0.74%	0.74%

## Empty Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	100.00%	1	7:30:54.0000	7:30:54.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	43.44%	114	3:15:51.5670	1:43.0839	1:07.4949
.Models.TrailerFront:1	66.90%	81	5:01:39.8557	3:43.4550	2:55.7184
.Models.TrailerFront:2	99.26%	2	7:27:33.2371	3:43:46.6186	4:25:21.0122

## Product Statistics - Cumulated Statistics of the Classes

### Product-Oriented Statistics of all Existing and Deleted MUs (by Classes)

Class	Count	Deleted	Mean Life Time
Tractor	1	0	0.0000
TrailerRear	1	0	0.0000
TrailerFront	2	0	0.0000

### Mean Time Portions of an MU Class of the Mean Life Span

Class	Production						Transport						Storage					
	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed
Tractor	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	55.34%	0.00%	44.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
TrailerRear	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	55.34%	0.00%	44.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
TrailerFront	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	55.34%	0.00%	44.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Product Statistics - Statistics of the Individual MUs

### Mean Time Portions of an Individual MU of the Mean Life Span

Object	Production						Transport						Storage					
	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed	Worki ng	Set- up	Waiti ng	Stopp ed	Fail ed	Paus ed
.Models.Tractor:1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	55.34%	0.00%	44.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	55.34%	0.00%	44.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	55.34%	0.00%	44.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	55.34%	0.00%	44.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Driving Statistics - Usage of the Transporters

### Usage of the Transporters



Object	Occupied with Order	Empty with Order	Return to Base	Operational	Paused	Failed	Unplanned
.Models.Tractor:1	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%

## Ready Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	100.00%	1	7:30:54.0000	7:30:54.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	100.00%	1	7:30:54.0000	7:30:54.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:1	100.00%	1	7:30:53.2784	7:30:53.2784	0.0000
.Models.TrailerFront:2	100.00%	1	7:30:52.7629	7:30:52.7629	0.0000

## Paused Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

## Failed Time

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
.Models.Tractor:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerRear:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
.Models.TrailerFront:2	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

## Traveled Distance

Object	Traveled Distance
.Models.Tractor:1	29046.40m
.Models.TrailerRear:1	29045.00m
.Models.TrailerFront:1	29044.00m
.Models.TrailerFront:2	29043.00m

## Driving Statistics - Battery

### Battery

Object	Battery Capacity	Charging Current	Number of Charges	Portion	Driving Consumption	Basic Consumption
.Models.Tractor:1	0	0	0	0.00%	0	0
.Models.TrailerRear:1	0	0	0	0.00%	0	0
.Models.TrailerFront:1	0	0	0	0.00%	0	0
.Models.TrailerFront:2	0	0	0	0.00%	0	0

## Service Statistics - Importer Statistics

### Importers Waiting for Services and Parts

Object	Total Delay	Reason for the Delay		
		Waiting for Services and Parts	Waiting for Parts	Waiting for Set-up Exporters
RearLine	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
RearDone	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
RobotRear	1.55%	1.55%	1.55%	0.00%
UnloadRearFull	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

### Waiting Times for Services and Parts

Object	Waiting for Services and Parts	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	1.55%	4	6:59.7893	1:44.9473	1:14.1787
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Waiting Times for Parts

Object	Waiting for Parts	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RobotRear	1.55%	4	6:59.7893	1:44.9473	1:14.1787
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000

### Waiting Times for Set-up Exporters

Object	Waiting for Set-up Exporters	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation	Waiting Time while the Resource Waited	Waiting Time while the Resource Worked	Waiting Time while the Resource was Blocked
RearLine	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
RearDone	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
RobotRear	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
UnloadRearFull	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%