



UNIVERSIDADE DE  
**COIMBRA**

Nuno Miguel Pinão Santos

**BALANCEAMENTO DE UMA LINHA DE MONTAGEM NA  
INDÚSTRIA DE MOBILIÁRIO DE CONFORTO**

**Dissertação no âmbito do Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial orientada pelo  
Professor Doutor Cristóvão Silva e apresentada no Departamento de Engenharia  
Mecânica da Universidade de Coimbra.**

Setembro de 2021





FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
MECÂNICA

# Balanceamento de uma linha de montagem na indústria de mobiliário de conforto

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

## Balancing an assembly line in the comfort furniture industry

Autor

**Nuno Miguel Pinão Santos**

Orientador

**Professor Doutor Cristóvão Silva**

Júri

Presidente **Professor Doutor Luís Miguel D. F. Ferreira**  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais **Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz**  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Orientador **Professor Doutor Cristóvão Silva**  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional

---



**Grupo Aquinos**

**Coimbra, setembro, 2021**

“O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são”

Aristóteles

Aos meus pais e irmão



## Agradecimentos

Este trabalho representa o final da minha formação académica, que não seria possível sem a ajuda e colaboração de certas pessoas. Assim, quero expressar a minha gratidão a todos aqueles que estiveram presentes nesta etapa da minha vida e que a tornaram memorável.

Em primeiro lugar, à minha família nomeadamente ao meu pai, irmão, tios, primos e avós, por todo o apoio e confiança que demonstraram em mim, nos piores e melhores momentos do meu percurso académico.

Ao meu orientador Professor Doutor Cristóvão Silva, por toda disponibilidade demonstrada na elaboração deste documento, como pelos ensinamentos transmitidos e orientação ao longo da minha formação.

À empresa onde estagiei, Grupo Aquinos, pela receção e integração com que me receberam, assim como pela experiência profissional permitida. Ao meu orientador na empresa, Eng. Pedro Lopes e ao meu responsável Eng. Marco Mendes, por toda ajuda e orientação ao longo do meu estágio. Agradecer a toda a equipa de produção, pelo companheirismo e espírito de entreaajuda que esteve sempre presente.

Por fim, aos meus amigos de curso que me fizeram crescer a nível pessoal e por todos os momentos únicos criados, assim como todo o apoio e ajuda que prestaram até ao final da minha formação académica.



## Resumo

Inicialmente, as linhas de montagem foram desenvolvidas para a produção em massa de produtos standard cujo objetivo é a eficiência de custos. Porém, com o acumular dos anos, as linhas de montagem têm derivado para outro tipo de produção, produtos variados em lotes de pequena dimensão.

O trabalho desenvolvido incide sobre a reconfiguração de uma linha de montagem na indústria do mobiliário de conforto. O objetivo é reconfigurar uma linha de montagem de modelo misto para um modelo multiproduto, maximizando a eficiência da linha, mas mantendo o número de colaboradores na linha.

A primeira abordagem foi o balanceamento de linha, com recurso ao método de otimização RPW, para cada um dos produtos. Finalmente, falta criar o processo de abastecimento, para o qual foi desenvolvido um horário para cada um dos respetivos produtos. Também foi analisado a capacidade de armazenamento dos bordos de linha com o transporte a utilizar para entregar os materiais necessários para que a produção ocorra sem interrupções devido a falta de material.

**Palavras-chave:** Linha de Montagem, Balanceamento de Linha, *Ranked Positional Weight*, Linha Multiproduto.





## Abstract

Initially, assembly lines were developed for the mass production of standard products aimed at cost efficiency. However, over the years, the assembly lines have shifted to another type of production, varied products in small batches.

The work developed focuses on the reconfiguration of an assembly line in the comfort furniture industry. The goal is to reconfigure a mixed-model assembly line to a multi-product model, maximizing line efficiency while keeping the number of employees on the line.

The first approach was line balancing, using the RPW optimization method, for each product. Finally, the supply process, for which a timetable was developed for each of the respective products. It was also analysed the storage capacity of buffers of the line with the transport to be used to deliver the necessary materials so that production can take place without interruptions due to lack of material.

**Keywords** Assembly Line, Line Balancing, Ranked Positional Weight, Multiproduct Line.



---

## Índice

Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Simbologia e Siglas .....	xv
Simbologia.....	xv
Siglas .....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. A Empresa.....	1
1.2. Projeto.....	1
2. Revisão bibliográfica.....	3
2.1. Sistema TPS.....	3
2.1.1. Sistema TPS.....	3
2.1.2. Os 7 desperdícios.....	4
2.1.3. 5S.....	4
2.2. Linha de Montagem.....	5
2.2.1. Tipos de Linha de Montagem.....	5
2.2.2. Balanceamento de Linhas.....	6
2.3. Métodos heurísticos .....	6
2.3.1. Largest Candidate Rule .....	7
2.3.2. Killbridge and Wester.....	7
2.3.3. <i>Ranked Positional Weight</i> .....	7
2.4. Conceitos Gerais de Linha.....	8
3. Caso de estudo .....	11
3.1. Apresentação do problema.....	11
3.2. Análise de Mercado/Produtos .....	11
3.3. Processos Produtivos .....	14
3.3.1. Bases rígidas 716.....	14
3.3.2. Bases rígidas 669.....	16
4. Solução proposta .....	19
4.1. Medição dos Processos .....	19
4.2. Balanceamento de Linha.....	22
4.2.1. Balanceamento do Produto 716.....	22
4.2.2. Balanceamento do Produto 669.....	25
4.3. Abastecimento .....	29
4.3.1. Abastecimento do Tipo 716.....	29
4.3.2. Abastecimento do Tipo 669.....	33
5. Conclusão .....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39



---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de linha de montagem (Fonte: Becker e Scholl, 2006).....	6
Figura 2. Quantidade produzida por família de produtos dos últimos 5 meses.....	12
Figura 3. Quantidades produzida de artigo por família.....	13
Figura 4. Constituição das componentes produzidas na pré-montagem (Fonte: Fichas Técnicas Bases 716).....	14
Figura 5. Processo deagrafagem de uma base 716 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 716) ...	15
Figura 6. Processo de montagem de ripas de uma base 716 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 716).....	15
Figura 7. Processo de colagem de fibra de uma base 716 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 716).....	15
Figura 8. Processo deagrafagem da capa de uma base 716 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 716).....	16
Figura 9. Processo de pré-montagem de uma base 669 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 669).....	16
Figura 10. Processo deagrafagem de uma base 669 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 669) .	17
Figura 11. Processo de embalagem de uma base 669 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 669)	18
Figura 12. Medição das tarefas de um produto tipo 716.....	20
Figura 13. Medição das tarefas de um produto tipo 669.....	21
Figura 14. Diagrama de precedências para o produto 716.....	23
Figura 15. Representação do resultado final do balanceamento.....	25
Figura 16. Diagrama de precedências do produto tipo 669.....	26
Figura 17. Diagrama Spaghetti tipo 716.....	32
Figura 18. Diagrama Spaghetti do tipo 669.....	36



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Representação das tarefas e atributos respetivos .....	23
Tabela 2. Determinação dos postos de trabalho .....	24
Tabela 3. Tarefas e seus atributos associados ao tipo 669.....	26
Tabela 4. Divisão de tarefas pelos postos de trabalho .....	27
Tabela 5. Valores RPW calculados para cada tarefa .....	28
Tabela 6. Características dos transportes de materiais à linha de montagem tipo 716 .....	29
Tabela 7. Tempos associados aos percursos dos abastecedores do tipo 716.....	32
Tabela 8. Necessidades de material do tipo 669 da linha de montagem por hora.....	34
Tabela 9. Tempos associados aos percursos do abastecedor.....	36





## **SIMBOLOGIA E SIGLAS**

### **Simbologia**

$E$  – Eficiência da linha

$LT$  – *Lead-time*

$m$  – Número de estações

$N_p$  – Número mínimo teórico de postos de trabalho

$T_c$  – Tempo de ciclo

### **Siglas**

ALBP – *Assembly line balancing problem*

LCR – *Largest candidate rule*

PW – *Positional weight*

RPW – *Ranked positional weight*

SALBP – *Simple assembly line balancing problem*

TPS – *Toyota production system*



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. A Empresa

Este projeto foi desenvolvido no *Grupo Aquinos*, durante o estágio profissional no âmbito da tese de mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Coimbra.

O *Grupo Aquinos* situa-se no polo industrial de Sinde em Tábua e é um conjunto de fábricas pertencente ao mercado de equipamentos e mobiliário de conforto. Constituído por 5 fábricas, 3 delas produzem matérias-primas, nomeadamente espuma, fibra e madeira para as restantes duas, que representam um total 52% de fornecimento interno. Uma das fábricas produz sofás, designada de *Aquinos* e outra fabrica colchões, denominada de *Novaqui*, a empresa onde o presente projeto foi realizado.

A *Novaqui* desenvolve maioritariamente colchões, cuja produção começa desde a matéria-prima até ao produto final, utilizando recursos internos originados noutras fábricas internas como a espuma e fibra. Para além de produzir colchões, também fabrica em menor escala bases e cabeceiras, a partir de madeira e espuma produzida internamente. Algumas das componentes dos produtos, como molas, tampos e laterais, são produzidos na *Novaqui* através de matéria-prima como arame, tecido, lã e TNT fornecidos externamente.

## 1.2. Projeto

Este trabalho teve como propósito a reformulação de uma linha de montagem de bases e cabeceiras, que produz vários produtos com algumas semelhanças. A linha originalmente fabricava produtos sem uma sequência determinada, apresentando-se no formato de modelo misto.

Devido à instabilidade do mercado e variabilidade da procura, foi decidido que a linha de montagem deveria transformar-se numa linha de modelo multiproduto, isto é, produção de vários produtos em pequenos lotes sequenciais sendo necessário realizar um tempo de *setup* entre produtos diferentes.

Primeiro, a linha foi balanceada para cada um dos seus produtos mais vendidos, uma vez que a empresa produz diversos artigos. Para tal, realizou-se um estudo ao mercado para perceber quais os produtos favoritos pelos seus clientes, seguido do seu balanceamento respetivo. A linha foi balanceada utilizando um método heurístico, designado de *Ranked Positional Weight*, que consiste na priorização das tarefas com maior valor de peso posicional, na elaboração dos postos de trabalho.

Para concluir o projeto, foi também determinado um processo logístico interno para garantir a produção da linha sem interrupções. O abastecimento proposto teve por base, um estudo que avalia as necessidades da linha por hora, capacidades do bordo de linha e meios de transporte a utilizar com vista a ergonomia do processo.

No final, são apresentados os resultados obtidos, como a eficiência de linha e número de operadores em linha, apresentando oportunidades de melhoria e principais dificuldades encontradas no desenvolvimento deste projeto.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A estrutura da revisão bibliográfica divide-se em duas partes. A primeira abordagem é a descrição das características inerentes à produção *Lean* derivado do sistema *Toyota*. Na segunda parte, os tipos de problemas de balanceamento de linha são enunciados como os principais métodos heurísticos utilizados, concluindo com os conceitos básicos associados a uma linha de montagem.

### 2.1. Sistema TPS

O sistema de produção da *Toyota* ou sistema TPS, surgiu no Japão entre 1947 e 1975 desenvolvido por Taiichi Ohno, em conjunto com Shingeo Shingo e assenta no aumento de produtividade e eficiência através da redução de desperdício de material, tempo de espera entre outros.

Este sistema tem como conceitos bases fornecer ao cliente valor, a redução dos prazos de entrega e a eliminação do desperdício como inventário. Para reduzir o inventário, o TPS preza o uso de sistemas *Kanban* para ter o stock mínimo, uma vez que a elevada quantidade de stock dificulta a identificação de potenciais problemas, entre eles avarias e fornecedores inconsistentes.

#### 2.1.1. Sistema TPS

O pensamento *Lean* tem a eliminação de desperdícios como um dos seus objetivos. Estes são classificados em 3 categorias consoante a sua natureza:

- *Muda* – significa inutilidade ou desperdício. Qualquer atividade que necessite do consumo de recursos sem gerar valor para o cliente;
- *Mura* – sinónimo de irregularidade ou variabilidade. O sistema de produção deve evitar quebrar o ritmo de produção, frequentemente eliminada através do nivelamento da produção ou *Heijunka*;
- *Muri* – significado de excessivo ou desmesurado. Sobrecarga dos equipamentos ou operadores que pode ser colmatado com a redução de processos a elementos mais básicos.

### 2.1.2. Os 7 desperdícios

O desperdício classificado de *Muda* pode ser dividido em 7 tipos de atividade:

- Transporte – movimentação de recursos materiais que não geram valor ao produto;
- Inventário – *stock* excessivo que ocupa espaço de armazenamento e esconder outros problemas;
- Sobreprodução – produção a mais que aumenta conseqüentemente os outros tipos de desperdícios;
- Movimentação - movimentações desnecessárias de colaboradores ou máquinas que se traduz no aumento do tempo de produção;
- Espera – causado pela falta de material, documentos ou máquinas
- Processamento – realizar operações desnecessárias ou que não acrescentam valor ao produto;
- Defeitos – falhas ou erros que comprometem a qualidade do produto.

### 2.1.3. 5S

A metodologia 5S permite aumentar a eficiência e produtividade com efeitos imediatos através de organização e limpeza no local de trabalho promovendo a redução de custos, segurança no trabalho e satisfação dos colaboradores. A sua designação deriva das palavras japonesas *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* para as 5 etapas da metodologia:

- **Seiri:** Seleção – distinguir os equipamentos necessários dos desnecessários e eliminação dos últimos;
- **Seiton:** Organização – classificar e identificar os objetos, materiais e informações úteis e organizar de forma a garantir acesso rápido e fácil;
- **Seiso:** Limpeza – limpar o espaço de trabalho que facilitam a detecção de fontes de problemas;
- **Seiketsu:** Normalização – estabelecer procedimentos e regras para o bom desempenho dos três primeiros pontos;
- **Shitsuke:** Disciplina – autodisciplina para cumprir com os 4S anteriores de forma sistemática.

Esta ferramenta é útil na consciencialização dos colaboradores da importância da produção *lean*, identificando oportunidades de melhoria através da eliminação do desperdício (Gapp et al., 2008).

## **2.2. Linha de Montagem**

Uma linha de montagem é um sistema de produção de fluxo onde as unidades produtivas executando as operações, denominadas de postos de trabalho, estão alinhadas em série (Boysen et al., 2008). As peças passam sucessivamente pelas estações através de um sistema de transporte, como por exemplo uma correia transportadora.

Originalmente, a linha de montagem foi desenvolvida para a produção massiva de produtos estandardizados, mas ao longo do tempo tem ganho importância na produção em volumes pequenos de produtos personalizados (Becker e Scholl, 2006).

### **2.2.1. Tipos de Linha de Montagem**

De acordo com a variedade de modelos de produtos de uma linha de montagem, pode ser categorizada em 3 tipos (Becker e Scholl, 2006):

- Modelo único
- Modelo misto
- Modelo multiproduto

Se as peças de trabalho forem semelhantes e apenas existir um modelo de produto, a linha designa-se por modelo único. No caso de produção de unidades diferentes na mesma linha, duas situações podem ocorrer consoante o tipo de mistura. Quando os diferentes modelos são misturados arbitrariamente, sem uma sequência lógica, um modelo misto é apresentado. O modelo multiproduto é caracterizado pela divisão em lotes de produtos semelhantes ou iguais com um tempo de *setup* entre mudança de artigos.



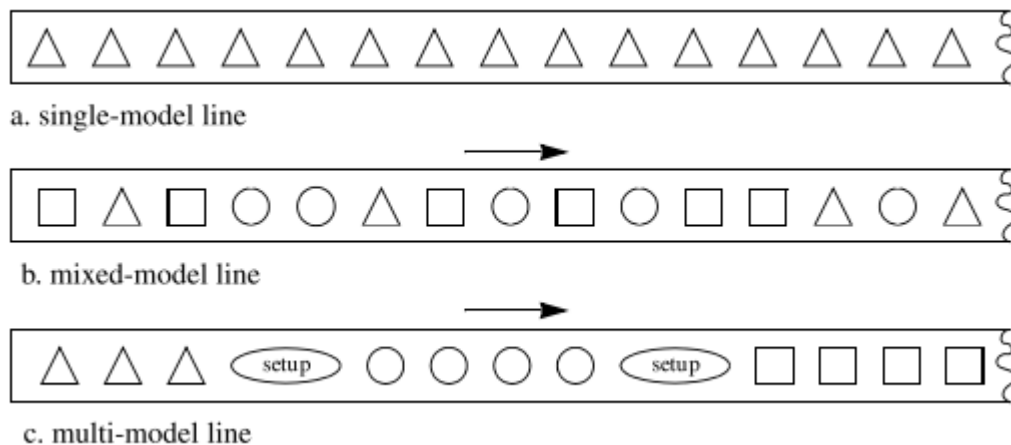


Figura 1. Tipos de linha de montagem (Fonte: Becker e Scholl, 2006)

### 2.2.2. Balanceamento de Linhas

Segundo Scholl e Becker (2006), qualquer tipo de ALBP consiste em encontrar um equilíbrio de linha viável, ou seja, uma atribuição de cada tarefa para exatamente uma estação de modo que as restrições de precedência e possivelmente outras restrições sejam atendidas. O objetivo é encontrar um tempo de ciclo  $c$  e um número  $m$  de estações, bem como uma atribuição de tarefa correspondente que minimiza a soma dos tempos ociosos em todas as estações (Scholl e Voss, 1997). Assim, existem as seguintes variantes de SALBP:

- **SALBP-1:** Dado o tempo de ciclo  $T_c$ , minimizar o número  $m$  de estações.
- **SALBP-2:** Dado o número  $m$  de estações, minimizar o tempo de ciclo.

### 2.3. Métodos heurísticos

Nesta secção são descritos os métodos heurísticos mais comuns para a resolução de problemas de balanceamento de linha. Embora nenhum dos métodos garanta a solução ótima, é provável que as soluções obtidas estejam próximas da solução ótima.

### **2.3.1. Largest Candidate Rule**

De acordo com Jaganathan (2014), o método LCR considera os elementos de trabalho a serem organizados em ordem decrescente (com referência ao tempo da estação e elementos de trabalho) para cada valor da estação que não exceda o permitido precedido.

### **2.3.2. Killbridge and Wester**

A agregação de tarefas é feita com base no tempo de execução das tarefas, ordenando por ordem decrescente e priorizando as tarefas de maior duração, até que a soma dos tempos de todas as tarefas alocadas a uma estação não excedam o tempo de ciclo estabelecido. Este processo segue os seguintes passos (Saurabh Jha e Khan, 2017):

1. Ordenar todos os elementos por ordem decrescente do seu tempo de tarefa elementar
2. Atribuir um elemento a uma estação de trabalho começando no início da lista movendo para baixo procurando o primeiro elemento viável que pode ser colocado em uma estação de trabalho. Um elemento viável é aquele que satisfaz o requisito de precedência e quando esse elemento é colocado em uma estação de trabalho, o tempo total da estação de trabalho não deve exceder o tempo de ciclo.
3. Eliminar o elemento que está atribuído a uma estação de trabalho para que não possa ser considerado novamente.
4. Continuar de maneira semelhante, até que todos os elementos sejam atribuídos a uma estação de trabalho diferente.

### **2.3.3. Ranked Positional Weight**

O método RPW desenvolvido por Helgeson e Birnie (1961) consiste na afetação de tarefas às estações por ordem decrescente do peso posicional de cada uma, que se calcula através da soma dos tempos de processamento dessa tarefa e de todas que lhe sucedem no diagrama de precedências. As etapas envolvidas neste algoritmo são as seguintes (Ponnambalam et al., 1999):

1. Determinar o peso posicional (PW) para cada tarefa. (Tempo do caminho mais longo desde o início da operação até o restante da rede).

2. Classificar os elementos de trabalho com base no PW. O elemento de trabalho com o maior PW é classificado em primeiro lugar.
3. Proceder à atribuir elementos de trabalho (tarefas) às estações de trabalho, onde os elementos de maior peso posicional e classificação são atribuídos primeiro.
4. Se em qualquer estação de trabalho restar tempo adicional após a atribuição de uma operação, atribua a próxima operação classificada sucessiva à estação de trabalho, desde que a operação não viole as relações de precedência e os tempos da estação não excedam o tempo de ciclo.
5. Repita as etapas 3 e 4 até que todos os elementos sejam atribuídos às estações de trabalho.

## 2.4. Conceitos Gerais de Linha

Como foi referido anteriormente, uma linha de montagem é uma sequência de estações em série ligados por um transportador de materiais. Cada posto de trabalho executa um conjunto de tarefas.

As tarefas são operações elementares ou indivisíveis, isto é, elemento de trabalho que não pode ser dividido sem envolver esforço adicional. Cada tarefa são normalmente caracterizadas pela sua duração e suas precedências.

A representação do processo produtivo de uma linha é perceptível num diagrama de precedências, gráfico com o conjunto de todas as tarefas associadas, respeitando as restrições de precedências de cada uma.

O somatório de todas as tarefas atribuídas a um posto de trabalho ou estação constitui a carga de trabalho e o acumulado de tempo das tarefas designa-se de tempo de estação. Quando se estabelece um tempo de ciclo, o tempo de estação não pode exceder o tempo de ciclo.

O tempo de ciclo ( $T_c$ ) corresponde à duração entre a produção de duas peças sucessivas, associado à atividade de maior duração, que por sua vez, dita a cadência da linha.

O tempo necessário para produzir uma peça desde o início da linha até ao fim da sua produção designa-se de *lead time*, calculado da seguinte forma:

$$LT = \sum \text{duração de processamento} \quad (2.1)$$

Com base nos dados referidos anteriormente, é possível determinar o número mínimo de postos de trabalhos ( $N_p$ ) para a execução das tarefas de processamento associadas à linha.

$$N_p = \frac{LT}{T_c} \quad (2.2)$$

Por fim, a eficiência da linha ( $E$ ) determina a percentagem do tempo de processamento que realmente é utilizado a executar tarefas, discriminando os tempos ociosos na sua produção.

$$E = LT \times N_p \quad (2.3)$$



## **3. CASO DE ESTUDO**

### **3.1. Apresentação do problema**

O trabalho desenvolvido incide sobre uma linha de montagem de bases e cabeceiras, constituída por uma linha principal que se divide em duas secundárias. A linha principal alimenta as linhas secundárias com componentes de madeira, enquanto estas se especializam na produção de um tipo de produto, uma responsável pela realização de bases rígidas e a outra pelas bases kit e cabeceiras.

Devido à flutuação da procura e do elevado grau de customização do cliente, surgiu a necessidade de reconfigurar a linha de montagem, para retirar maior produtividade dos colaboradores. O problema pode ser descrito como otimização da produção de uma linha de montagem multiproduto, recorrendo ao balanceamento da carga de trabalho da linha, para um número fixo de colaboradores.

Para resolver este problema, foi realizada uma análise ao balanceamento da linha para cada produto e um estudo ao processo de abastecimento.

### **3.2. Análise de Mercado/Produtos**

A primeira etapa do trabalho consiste na recolha de dados sobre o histórico de produção da linha de montagem. O objetivo deste estudo é descobrir a existência de um padrão na procura e a quantidade necessária para satisfazer as necessidades dos clientes. Deste modo, é possível determinar uma taxa de produção individual para cada produto e assim balancear a linha. A Figura 2. demonstra o número total produzido por família de produtos, nos últimos 5 meses.



**Figura 2.** Quantidade produzida por família de produtos dos últimos 5 meses

Através da Figura 2., conclui-se que as famílias de produtos mais predominantes na produção foram as bases kit 669 (7684 unidades) e as bases rígidas 716 (4799 unidades), representando 84% da produção total. A base kit 982, que é o terceiro modelo mais produzido, é um modelo que vai desaparecer da produção e por isso não vai ser analisado. Dentro das categorias das cabeceiras, a mais comum na linha de montagem é o modelo 991. A Figura 3. representa detalhadamente os valores da produção, indicando os valores produzidos por artigo.

Artigos\REF	561	669	716	755	845	881	917	920	960	982	983	991	992	EDNIS	Total Geral
C006F														23	23
C007F														46	46
C008F														4	4
C009F														11	11
C010F														9	9
C011F														41	41
C013F														2	2
C014F														4	4
C015F														8	8
C021F											30				30
C022F												148			148
C023F													35		35
C025F													97		97
C026F												197			197
C027F													27		27
C028F								26							26
C029F	1														1
C034F													25		25
C035F													11		11
C036F													4		4
C037F	3														3
C038F	2														2
C039F													1		1
SK001		144													144
SK002		154													154
SK003		237													237
SK005		132													132
SK006		99													99
SK007		54													54
SK009		15													15
SK014										15					15
SK016		18													18
SK017		6													6
SK018		15													15
SK019		4													4
SR037				83											83
SR038				12											12
SR039						232									232
SR040					2										2
SR041							4								4
SR042								5							5
SR046										20					20
SR048		160													160
SR049				320											320
SR052		400													400
SR053		41													41
SR054		6202													6202
SR056			4695												4695
SR057										766					766
SR058		3													3
SR059			8												8
SR064			16												16
SR065			10												10
SR066			9												9
SR067			28												28
SR068			27												27
SR069			6												6
<b>Total Geral</b>	<b>6</b>	<b>7684</b>	<b>4799</b>	<b>415</b>	<b>2</b>	<b>232</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>26</b>	<b>801</b>	<b>30</b>	<b>345</b>	<b>200</b>	<b>148</b>	<b>14697</b>

Figura 3. Quantidades produzida de artigo por família



### 3.3. Processos Produtivos

Após análise de mercado, foram identificados vários tipos de famílias de produtos, alguns deles que foram agrupados devido às semelhanças no processo de produção do artigo. Por causa da elevada diversidade de produtos, recorreu-se à análise dos produtos mais predominantes e ao agrupamento de famílias por processos semelhantes. Os artigos em causa são:

- Bases rígidas 716
- Bases rígidas 755
- Bases Kit 669
- Cabeceiras 991/992

#### 3.3.1. Bases rígidas 716

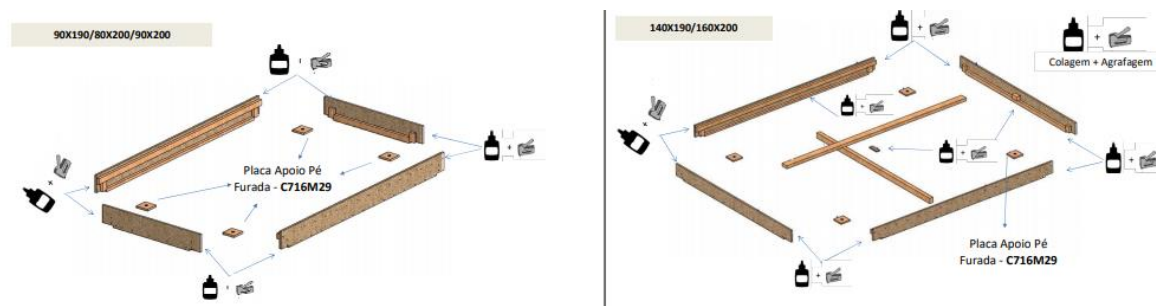
O processo de produção das bases 716 pode ser descrito por etapas, pré-montagem, montagem do casco, montagem de ripas, colagem,agrafagem e embalagem.

A primeira etapa consiste na colagem eagrafagem de componentes de madeira, para construir os elementos que constituem a base. Para a construção de uma base são necessários 4 componentes: 2 ilhargueiros e 2 topos. O ilhargueiro é constituído por uma placa lateral, 2 travessas laterais com dimensões diferentes e 2 calços, enquanto o topo é formado pela junção de uma placa lateral, uma travessa lateral e dois calços, colados eagrafados entre si.



Figura 4. Constituição das componentes produzidas na pré-montagem (Fonte: Fichas Técnicas Bases 716)

De seguida, estes são ligados entre si com cola e agrafos e, dependendo da medida, pode ser necessário agrafar duas travessas no meio. Se o artigo tiver medida de



**Figura 5.** Processo de agrafagem de uma base 716 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 716)

casal, duas travessas adicionais são necessárias no meio, em forma de cruz para suportar o peso.

Para finalizar a estrutura de madeira, são agrafadas espumas com recortes, onde encaixam as ripas que também são agrafadas.



**Figura 6.** Processo de montagem de ripas de uma base 716 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 716)

A estrutura avança para o posto de colagem onde é aplicado cola do lado de fora e fibra.



**Figura 7.** Processo de colagem de fibra de uma base 716 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 716)

Posteriormente, veste-se uma capa que é agrafada à parte interior da base e segue para embalagem. Para finalizar a produção da base, é realizada a embalagem que consiste na colocação de caixas de cartão à volta da base, que de seguida atravessa a máquina de embalagem cobrindo o produto com filme e sela o plástico.

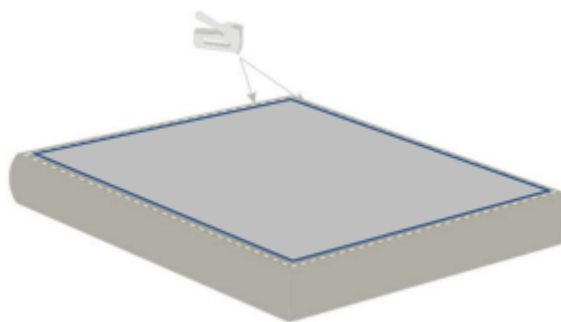


Figura 8. Processo de agrafagem da capa de uma base 716 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 716)

### 3.3.2. Bases kit 669

O processo de produção das bases 716 pode ser descrito por etapas, pré-montagem, montagem do casco, montagem de ripas, colagem, agrafagem e embalagem. Este produto distingue-se dos outros pelo facto de o processo de montagem da base ser da responsabilidade do cliente, retirando um processo na sua produção.

A primeira operação é semelhante à pré-montagem realizada nas bases rígidas com a exceção do número de peças de madeira para constituir as componentes da base. Para a construção da base são necessários 4 componentes, 2 ilhargueiros e 2 topos. Uma placa de madeira é colocada no molde e um calço é colado e agrafado. O ilhargueiro ou lateral tem um procedimento adicional em relação ao topo, que é a colagem e agrafagem de uma travessa de madeira.

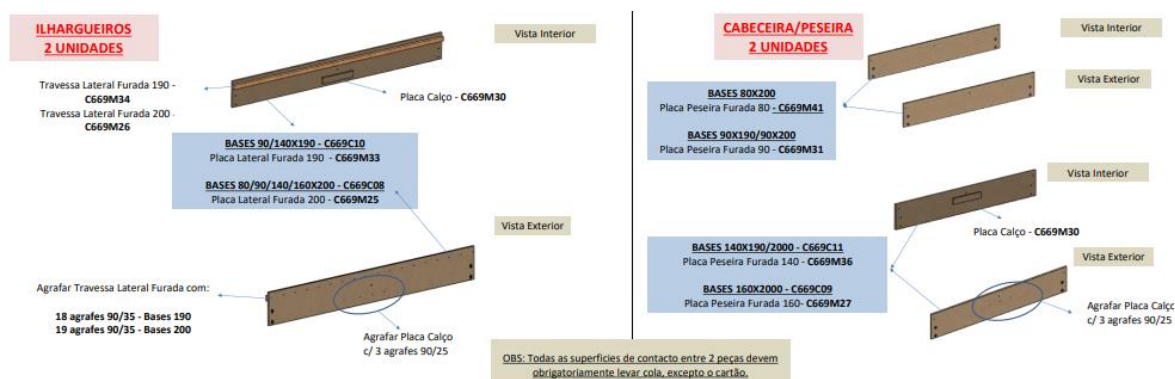
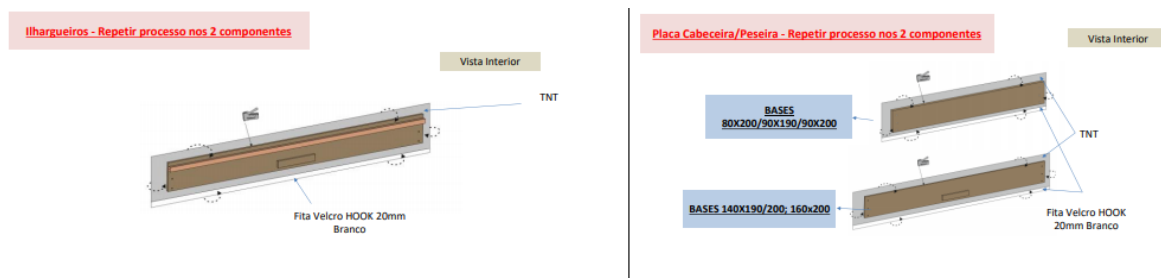


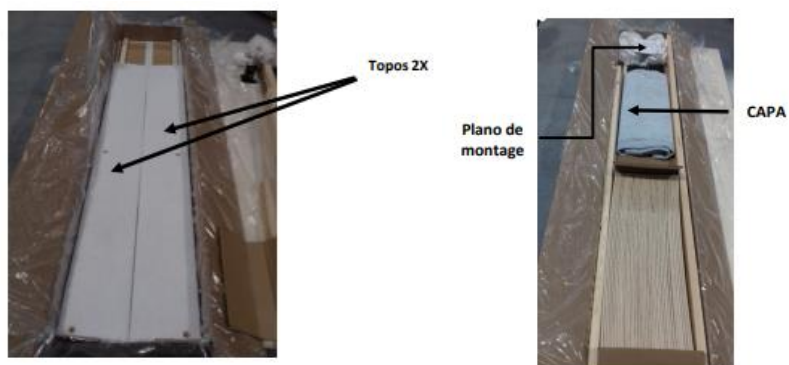
Figura 9. Processo de pré-montagem de uma base 669 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 669)

Uma vez concluída a pré-montagem das componentes que vão constituir a estrutura base, inicia-se o processo de agrafagem. Um tecido de TNT cortado à medida anteriormente é colocado por baixo do componente, seguido da dobragem da parte excedente e sua agrafagem à parte interior da peça. Para que os buracos da placa dedicados aos parafusos não fiquem cobertos, ainda existe a furação do tecido nas zonas necessárias. Este processo é semelhante para ambas componentes com a exceção da furação, onde os topos precisam de um número maior de furos do que os ilhargueiros.



**Figura 10.** Processo de agrafagem de uma base 669 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 669)

Após o acabamento das componentes, são colocados numa caixa de cartão juntamente com o resto dos elementos para formar uma base, nomeadamente travessas, capa, ripas, saco de ferragens, cantoneiras, cunhos de plástico e manual de montagem. Primeiro, uma placa de cartão é dobrada e colada com fita cola de modo a formar uma caixa. Para proteger o produto de pó e humidade, coloca-se um pedaço de filme sobre a caixa, seguido das laterais com vista exterior virada para baixo. Por cima ficam os topos virados para cima para evitar danificar a fibra. As travessas são colocadas juntas aos limites da caixa e uma placa de cartão é colocada por cima dos topos. As ripas são colocadas ao alto por cima dos topos, a capa fica no espaço por cima das laterais e junto à capa colocam-se o saco de ferragens, cunhos de plástico e as cantoneiras. Para terminar, coloca-se o manual de montagem sobre os cunhos, fecha-se a caixa com fita cola e cola-se a etiqueta.



**Figura 11.** Processo de embalagem de uma base 669 (Fonte: Fichas Técnicas Bases 669)

## 4. SOLUÇÃO PROPOSTA

Neste capítulo, é descrito detalhadamente, todo o trabalho realizado para remodelar a linha das bases para o tipo multiproduto. A primeira etapa foi a recolha de dados através da medição de processos produtivos e de abastecimento. Com a informação recolhida, foi realizado um balanceamento das tarefas para cada tipo de produto e a definição do processo e horário para o abastecimento de linha. No final, são também apresentados alguns conceitos *lean* que foram aplicados centrados na organização do espaço e gestão visual.

### 4.1. Medição dos Processos

Os processos de montagem de uma base ou cabeceira são tarefas essencialmente de natureza manual, o que causa discrepâncias nos dados obtidos consoante o operador como na realização das tarefas devido à ausência de instruções de trabalho. A metodologia usada para atribuição de tempos de cada tarefa foi utilizar os dados recolhidos com melhores resultados, ou seja, com menor duração. Todos os operadores têm de ser capazes de executar a mesma tarefa da mesma forma.

Para cada tipo de produto, foi realizado um estudo que descreve todas as tarefas que são executadas desde o início até ao final de linha. Primeiro, procedeu-se à caracterização por processos e, por sua vez, cada um destes foi dividido em tarefas consideradas de indivisíveis. O critério utilizado para designar um certo tipo de atividade de tarefa foi trabalho que só pode ser realizado por apenas uma pessoa, sem comprometer a qualidade do produto. Os tempos de execução de cada tarefa foram obtidos recorrendo à utilização de um cronómetro e foi realizada uma média dos resultados obtidos, devido à variabilidade associada ao trabalho manual. Os dados obtidos relativamente à descrição de tarefas e suas durações associadas, são apresentadas nas Figuras 12 e 13 consoante o produto.

<b>Artigo:</b>		<b>Edition</b>	<b>Referência:</b>	716
<b>Código:</b>		SR056	<b>Dimensão:</b>	200x160
<b>Setor</b>	<b>Tarefa</b>	<b>Pax</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Tempo Total (s)</b>
<b>2x Ilhargueiro</b>	Colocar travessa maior	1	11	100
	Colocar travessa menor	1	10	
	Colocar 2 calços	1	22	
	Aplicar cola	1	11	
	Colocar placa	1	8	
	Agrafar placa	1	24	
<b>2x Cabeceira/ Peseira</b>	Colocar travessa	1	10	72
	Colocar 2 calços	1	15	
	Aplicar cola	1	32	
	Colocar placa	1	10	
	Agrafar placa	1	15	
<b>Casco</b>	Colocar laterais no molde	2	7	115
	Aplicar cola nos topos	2	23	
	Colar e agrafar topos às laterais	2	25	
	Agrafar cantos	2	0	
	Aplicar travessa do meio menor	2	18	
	Virar casco ao contrário	2	10	
	Colocar cola e calço do meio	2	6	
	Agrafar travessa do meio maior	2	21	
<b>Ripas</b>	Agrafar espuma	3	15	85
	Colocar ripas	3	40	
	Agrafar ripas	3	30	
<b>Colagem</b>	Aplicar cola à volta da estrutura	2	53	96
	Colar fibra à volta da estrutura	2		
	Aplicar cola nos rebordos	2		
	Dobrar fibra	2		
	Vestir capa e bipagem	2	43	
	Virar base ao contrário	2		
<b>Agrafagem</b>	Agrafar cantos	2	45	100
	Agrafar rebordos	2		
	Colocar TNT	2	55	
	Agrafar TNT	2		
<b>Embalagem</b>	Colocar perfis e dobrar	2	15	76
	Colocar caixas	2	8	
	Colocar manual de instruções	2	5	
	Máquina de embalar	2	40	
	Transportar para a palete	2	8	

Figura 12. Medição das tarefas de um produto tipo 716

Artigo: Symphonie  
Código: SR054

Referência: 669  
Dimensão: 190x140

	Setor	Tarefa	Pax	Tempo (s)	Tempo Total (s)
	<b>Preparação</b>	Preparar sacos de ferragens	1	50	50
<b>Montagem</b>	<b>2x Ilhargueiro</b>	Colocar travessa	1	6	73
		Colocar calço	1	4	
		Aplicar cola	1	10	
		Colar placa	1	14	
		Agrafar placa	1	30	
		Retirar lateral do molde	1	8	
	<b>2x Cabeceira /Peseira</b>	Colocar calço	1	15	15
		Aplicar cola	1		
		Colocar placa	1		
		Agrafar placa	1		
<b>Agrafagem</b>	<b>Lateral</b>	Agrafar tecido junto à travessa	1	24	115
		Agrafar comprimento 1/2	1	20	
		Agrafar largura	1	23	
		Agrafar comprimento 1/2	1	13	
		Agrafar largura	1	20	
		Furação	1	13	
	<b>Topo</b>	Agrafar ao longo do comprimento	1	20	103
		Agrafar comprimento oposto	1	17	
		Agrafar largura	1	11	
		Agrafar largura oposta	1	28	
Furação		1	26		
<b>Embalagem</b>	Montar cartão	1	25	200	
	Colocar filme sobre a caixa	1	5		
	Colocar laterais	1	13		
	Colocar topos	1	7		
	Colocar placa de enchimento	1	10		
	Colocar travessas	1			
	Colocar ripas	1	40		
	Colocar placa de enchimento	1	15		
	Colocar cunhos, cantoneiras e ferragens	1			
	Colocar capa	1	5		
	Selar caixa e colar etiqueta	1	80		

Figura 13. Medição das tarefas de um produto tipo 669



## 4.2. Balanceamento de Linha

O balanceamento de linha tem como objetivo ajustar a produção às necessidades da procura, que dita uma taxa de produção para satisfazer, maximizando o tempo de utilização dos postos de trabalho. Com os resultados das medições efetuadas, calcula-se o número mínimo teórico de postos de trabalho seguido do agrupamento de tarefas por posto, terminando com o cálculo da eficiência da linha. As restrições associadas aos processos foram consideradas através da representação dos mesmos num diagrama de precedências.

As premissas do problema são descritas e ordenadas por ordem decrescente de prioridade da seguinte maneira:

- Satisfazer as necessidades da procura;
- O número de pessoas na linha deve ser sempre igual independentemente do artigo em produção;
- Eficiência global da linha igual ou superior a 90%.

### 4.2.1. Balanceamento do Produto 716

Este tipo de produto é o mais comum na produção dentro da categoria das bases rígidas. O balanceamento realizado foi determinado pelo *takt-time* imposto pela procura com base nas informações recolhidas da produção de meses anteriores e nas medições de tempo das tarefas. O método utilizado para equilibrar a linha de montagem foi o método dos pesos posicionais (RPW).

Para satisfazer a procura de mercado, é necessário produzir 250 bases rígidas do tipo 716 com base nos dados recolhidos anteriormente. O tempo de ciclo da linha foi calculado da seguinte maneira:

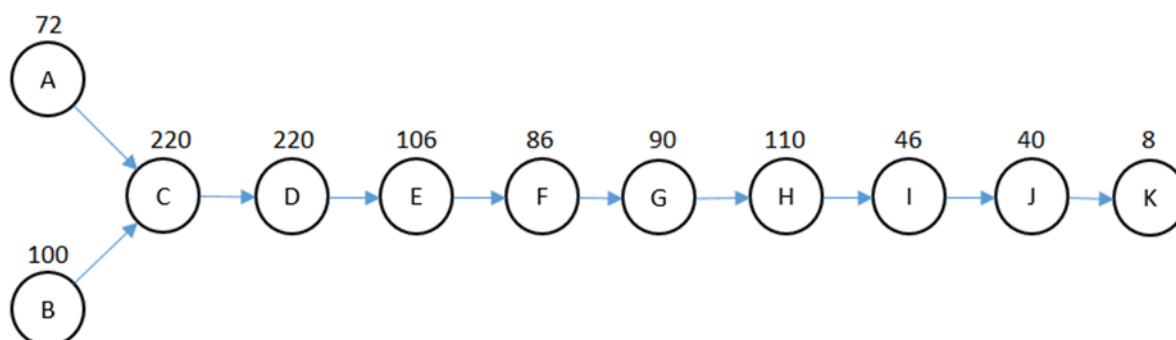
- Número de bases pretendidas: 250 unidades
- Tempo disponível de produção: 480 min
- $Takt - time = \frac{\text{Tempo de Produção Disponível}}{\text{Procura do Cliente}} = \frac{480 \times 60}{250} = 115,2s \approx 115s$

#### 4.2.1.1. Diagrama de Precedências Tipo 716

Para começar o balanceamento de linha, os processos são descritos através do diagrama e precedências que contém as restrições de precedências e as durações associadas às tarefas respetivamente.

**Tabela 1.** Representação das tarefas e atributos respetivos

Tarefa	Descrição	Tempo (s)	Precedências
A	Montar topos (2x)	72	-
B	Montar laterais (2x)	100	-
C	Montar casco	220	A,B
D	Agrafar ripas	330	C
E	Colar fibra	106	D
F	Vestir capa + bipolar + virar	86	E
G	Agrafagem tecido	90	F
H	Agrafar TNT	110	G
I	Colocar caixas + perfis	46	H
J	Máquina de embalagem	40	I
K	Transportar para a palete	8	J
<b>TOTAL</b>		<b>1208</b>	



**Figura 14.** Diagrama de precedências para o produto 716

#### 4.2.1.2. Método dos Pesos Posicionais Tipo 716

Após a elaboração do diagrama de precedências, o próximo passo é determinar o peso posicional de cada tarefa. Este parâmetro é a duração total do caminho mais longo desde o início até à última operação para cada tarefa. De seguida, as tarefas são ordenadas por ordem decrescente pelo valor do peso posicional. A tarefa com o maior valor de peso posicional é atribuída a uma estação. O mesmo procedimento é repetido até o tempo de

ciclo não for cumprido e respeitando as restrições de precedências. O processo fica concluído quando todas as tarefas estiverem alocadas a um posto de trabalho.

**Tabela 2.** Determinação dos postos de trabalho

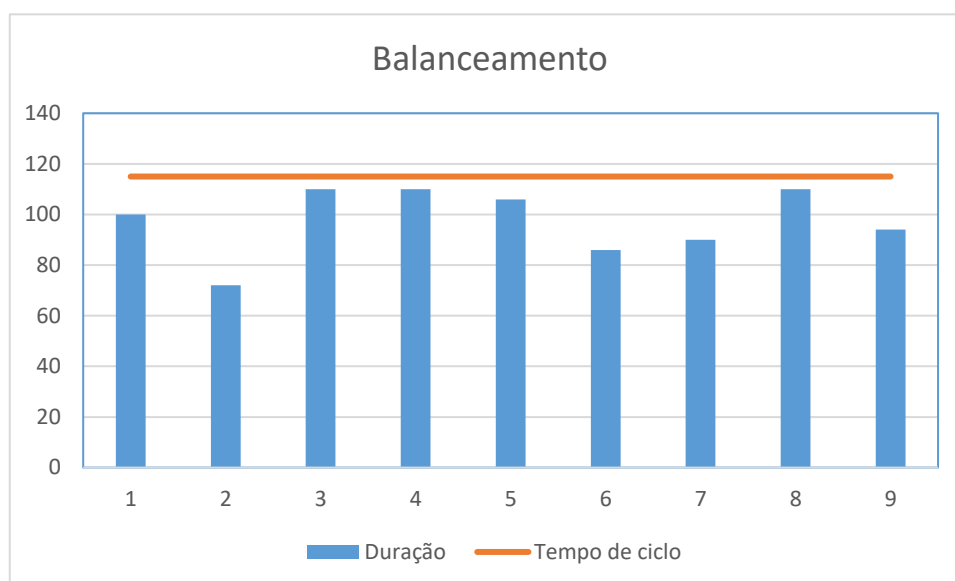
Posto	Tarefas	RPW	Duração	$\Sigma T$	Idle Time	Pax
1	B	1026	100	100	15	1
2	A	998	72	72	43	1
3	C	926	220	110	5	2
4	D	706	220	110	5	2
5	E	486	106	106	9	1
6	F	380	86	86	29	1
7	G	294	90	90	25	1
8	H	204	110	110	5	1
	I	94	46			
9	J	48	40	94	21	2
	K	8	8			

Como as tarefas C e D são de duração superior ao tempo de ciclo estabelecido, a solução encontrada para resolver este problema consiste no aumento do número de pessoas a executar a tarefa ou do número de postos de trabalho. Devido a características físicas das operações, concluiu-se que a melhor solução é aumentar o número de postos de trabalho uma vez que um aumento no número de pessoas a realizar a mesma tarefa comprometia a qualidade do produto. Por questões ergonômicas e também devido a características físicas da linha, é impossível que seja apenas atribuída uma pessoa para o último posto de trabalho 9 constituído pelas tarefas I, J e K.

#### 4.2.1.3. Resultados Tipo 716

Após o balanceamento das tarefas, a configuração da linha tem as seguintes características:

- Número de postos de trabalho: 12
- *Eficiência da linha (%)* =  $\frac{\Sigma t_i}{N.t_c} = \frac{878}{9 \times 115} = 85\%$



**Figura 15.** Representação do resultado final do balanceamento

Com esta configuração, a procura do mercado é correspondida com um número total de 12 pessoas em linha, excluindo abastecedores, com uma eficiência de linha de 85%.

#### **4.2.2. Balanceamento do Produto 669**

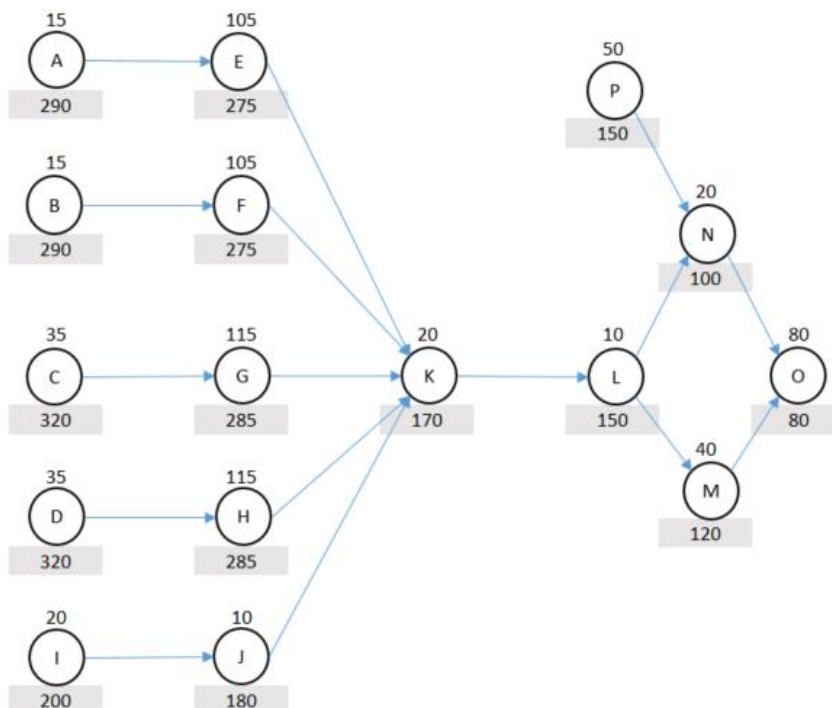
A tipologia de produto mais comum, inserido na categoria de bases kit é designada por 669. O balanceamento de linha correspondente a este artigo é semelhante ao realizado tem como objetivo aumentar a eficiência de cada posto de trabalho, ou seja, diminuir o *idle time* geral da linha.

##### **4.2.2.1. Diagrama de Precedências Tipo 669**

Nesta fase, o objetivo é identificar as restrições de precedências entre as tarefas necessárias para a realização do artigo. Através da observação do processo produtivo em chão-de-fábrica de um artigo do tipo 669, identificou-se as tarefas associadas e posteriormente, construiu-se o diagrama de precedências.

**Tabela 3.** Tarefas e seus atributos associados ao tipo 669

Tarefa	Descrição	Duração (s)	Precedências
A	Montar um topo	15	-
B	Montar outro topo	15	-
C	Montar lateral	35	-
D	Montar outra lateral	35	-
E	Agrafar topo	105	A
F	Agrafar outro topo	105	B
G	Agrafar lateral	115	C
H	Agrafa outra lateral	115	D
I	Montar caixa	20	-
J	Colocar filme	10	I
K	Colocar topos e laterais	20	E,F,G,H,J
L	Colocar travessa + enchimento	10	J
M	Colocar ripas	40	K
N	Colocar conjunto + capa + manual	20	K,O
O	Selar embalagem + etiqueta	80	M,L
P	Preparação do conjunto de ferragens	50	-



**Figura 16.** Diagrama de precedências do produto tipo 669

#### 4.2.2.2. Método dos Pesos Posicionais Tipo 669

Com base no diagrama de precedências, procedeu-se ao balanceamento de linha através do método RPW. Para cada tarefa foi calculada o seu peso posicional e posteriormente as suas divisões. A taxa de produção que se pretende para a linha é de 60s.

A figura abaixo demonstra os postos trabalhos definidos para cumprir o tempo de ciclo definido. Para isso, todos os postos de trabalho têm uma duração menor que o tempo de ciclo objetivo. Todas as tarefas cuja duração fosse superior ao tempo de ciclo, os seus tempos foram encurtados em metade através de postos de trabalho em paralelo. As tarefas assinaladas a amarelo são operações cujas durações são superiores à taxa de produção pretendida.

**Tabela 4.** Divisão de tarefas pelos postos de trabalho

WorkStation	Tarefas	Duração	Duração Total	Idle Time
1	C	35	50	10
	A	15		
2	D	35	50	10
	B	15		
3	G	57,5	57,5	2,5
4	H	57,5	57,5	2,5
5	E	52,5	52,5	7,5
6	F	52,5	52,5	7,5
7	I	20	50	10
	J	10		
	K	20		
8	P	50	50	10
9	L	10	50	10
	M	40		
10	N	20	50	10
	O	80		

**Tabela 5.** Valores RPW calculados para cada tarefa

Tarefa	Duração	RPW
C	35	300
D	35	300
A	15	270
B	15	270
G	115	265
H	115	265
E	105	255
F	105	255
I	20	180
J	10	160
K	20	150
P	50	150
L	10	130
M	40	120
N	20	100
O	80	80

#### 4.2.2.3. Resultados Tipo 669

A linha obtida tem uma taxa de produção abaixo dos 60s, que era o tempo de ciclo definido, o que significa que a linha produz no final de um turno 480 bases. O número de pessoas envolvidas na linha de produção é um total de 15 pessoas com uma eficiência de 87%.

- Número de postos de trabalho = 15
- $Eficiência\ da\ linha\ (\%) = \frac{\sum t_i}{N.t_c} = \frac{520}{10 \times 60} = 0,8667 \approx 87\%$

Um dos objetivos deste trabalho era nivelar a linha para um determinado número de pessoas. O número de pessoas para este balanceamento difere do tipo 716 em 3 pessoas. Para colmatar este problema é sugerida uma alteração:

- A tarefa P “Preparação do conjunto de ferragens” pode ser executado fora da linha e atribuído ao armazém. Os sacos são pré-preparados no armazém de matéria-prima e chegam à linha de produção prontos.

O resultado derivado desta alteração seria a redução em uma pessoa na linha sem quaisquer perdas a nível produtivo.

### 4.3. Abastecimento

Esta análise incide sobre o método de abastecimento da linha montagem de modo a garantir a taxa de produção definida para cada um dos tipos de produto. Para a realização deste estudo foram recolhidos dados acerca das materiais necessários para a produção do artigo e suas quantidades, tipo de transporte usado, frequência de abastecimento e dimensão dos bordos de linha. Os dados foram obtidos através da observação do processo de abastecimento e da consulta das fichas técnicas, documentos que contém todas as informações para a realização do produto, nomeadamente as características do produto.

A primeira abordagem foi apurar os materiais necessários para cada posto de trabalho e as suas quantidades. Uma vez calculada a necessidade da linha, falta decidir que tipo de transporte usar para cada matéria-prima ou produto semiacabado e sua capacidade máxima para definir o número de transportes. Finalmente, para concluir o processo de abastecimento, elaborar uma rotina no abastecedor de modo a garantir a ausência de paragens na linha devido a falta de material.

#### 4.3.1. Abastecimento do Tipo 716

Para artigos do tipo 716, os postos de trabalhos foram divididos, com base na análise realizada sobre o balanceamento de linha efetuada anteriormente. Cada posto de trabalho foi individualmente analisado relativamente às suas necessidades de matéria-prima ou produto semiacabado. O primeiro posto de trabalho designado de pré-montagem necessita de 6 matérias-primas diferentes, em quantidades diferentes para produzir unicamente um artigo. Após o levantamento do materiais e quantidades respetivas, é importante perceber fisicamente o espaço disponível e ocupado. A tabela abaixo mostra os resultados obtidos da análise realizada.

**Tabela 6.** Características dos transportes de materiais à linha de montagem tipo 716

Processo	Matéria-prima	Qtd/Base	Abastecedor	Transporte	Cap. Máx.	Horas Trabalho
Pré-Montagem	Travessa Lateral Cimo	2 uni	<i>Pivot</i>	Estante móvel	60	1
	Travessa Lateral Baixo	2 uni	<i>Pivot</i>	Estante móvel	60	1



	Placa Lateral Ilhargueiro	2 uni	<i>Pivot</i>	Estante móvel	60	1
	Calços	8 uni	<i>Pivot</i>	Estante móvel	240	1
	Placa Lateral Cab./Pes.	2 uni	<i>Pivot</i>	Estante móvel	60	1
	Travessa Baixo Reforço	2 uni	<i>Pivot</i>	Estante móvel	60	1
<b>Casco</b>	Placa Apoio Pé	4 uni	<i>Pivot</i>	Carrinho	240	2
	Travessa Meio Maior	1 uni	<i>Pivot</i>	Carrinho	60	2
	Travessa Meio Menor	1 uni	<i>Pivot</i>	Carrinho	60	2
	Calço	1 uni	<i>Pivot</i>	Carrinho	60	2
<b>Ripas</b>	Perfis de Espuma c/ cortes	1 uni	Armazém	Saco	50	1,61
	Perfis de Espuma s/ cortes	2 uni	Armazém	Saco	60	0,96
	Ripas	34 uni	Armazém	Palete	2530	2,40
<b>Colagem</b>	Fibra	7,15m	<i>Pivot</i>	Saco c/ 5 Rolos	250m	1,12
<b>Agrafagem</b>	Capa	1 uni	<i>Pivot</i>	Palete	50	1,61
	Pano de fundo	1 uni	<i>Pivot</i>	Palete	100	3,22
<b>Embalagem</b>	Caixas Cartão	2 uni	Armazém	Palete	60	1
	Perfis de Cartão	2 uni	Armazém	Palete	60	1

Importante denotar que os vários tipos de materiais têm unidades de medida diferentes e às vezes no caso da fibra nem sempre todo o material é consumido. Uma unidade precisa de 7,15m e um rolo pode ter diversas medidas de comprimento. O tempo de ciclo definido para este tipo de produto, após o balanceamento de linha é de 115s o que significa que a linha produz 31 bases/hora. O transporte de cada tipo de material foi escolhido de forma a rentabilizar a razão espaço ocupado e espaço disponibilizado e também a ergonomia do processo de abastecimento. Com base nos resultados obtidos, é

possível afirmar que o material que fornece menos tempo de trabalho é o cartão utilizado na embalagem.

#### **4.3.1.1. Frequência do Abastecimento Tipo 716**

Antes de definir a frequência de abastecimento, é importante definir o espaço disponibilizado para bordo de linha. O primeiro posto de trabalho designado de pré-montagem, é o que tem menor razão entre espaço ocupado e espaço disponibilizado, devido à diversa variedade de material, nomeadamente 5 tipos de madeira diferentes e suas quantidades.

O abastecimento foi organizado de forma a garantir material para 1 hora de trabalho. Por falta de espaço e organização foi desenhado um carro móvel com várias divisórias para separar os materiais e agrupá-los por conjunto de peças lateral e topo. Na tabela em cima estão representadas as quantidades necessárias de cada material por posto de trabalho para garantir uma hora de trabalho. Desta forma, o abastecimento à linha deve ser realizado de hora a hora, aproveitando a capacidade máxima de cada transporte para minimizar o esforço do pivot.

#### **4.3.1.2. Diagrama Spaghetti 716**

O objetivo desta análise é perceber as trajetórias realizadas na movimentação de material e respetivos tempos, de forma a criar um procedimento exequível. Para representar os dados referidos anteriormente foi realizado um diagrama de spaghetti de todas as movimentações necessárias e cronometrado as suas durações.

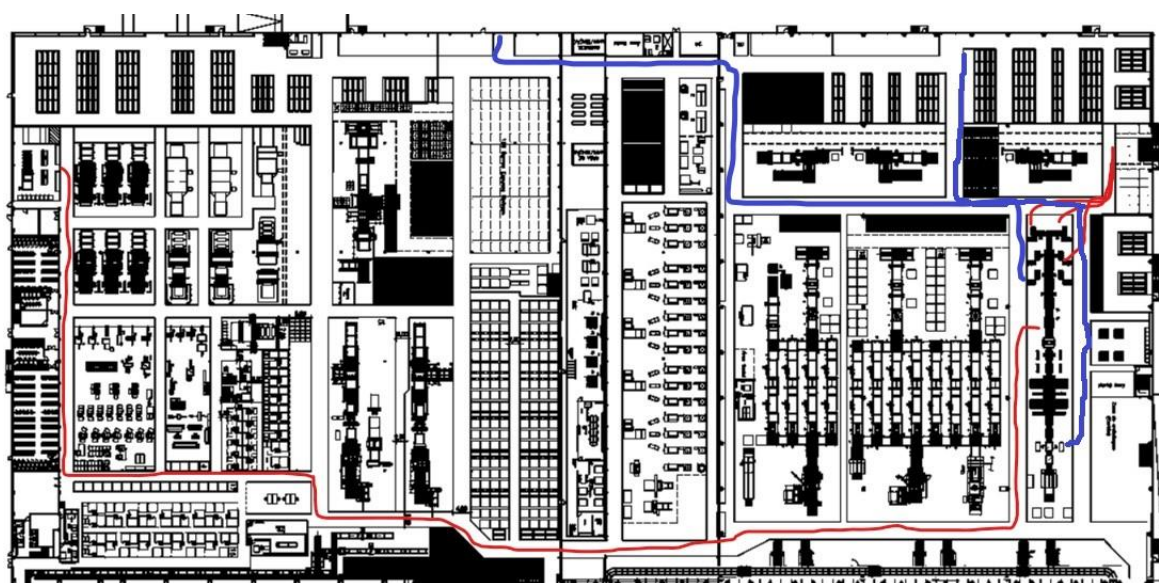


Figura 17. Diagrama Spaghetti tipo 716

O abastecimento é da responsabilidade do *pivot* da linha, representado pela linha de cor vermelha e um colaborador do armazém representado pela cor azul. O *pivot* é responsável por transportar duas estantes móveis para pré-montagem, um carrinho com madeira para o posto de montagem do casco e trazer a fibra do setor corte de rolo e pelo caminho juntar as capas e panos de fundo para o posto de agrafagem.

As durações dos percursos executados pelos abastecedores foram medidas e verificadas se o total da duração de todos os caminhos associados a cada abastecedor é inferior a uma hora, de forma a cumprir o abastecimento estabelecido anteriormente.

Tabela 7. Tempos associados aos percursos dos abastecedores do tipo 716

Colaborador	Percurso	Duração (min)
<i>Pivot</i>	Armazém - Pré-montagem	30
<i>Pivot</i>	Armazém - Casco	10
Armazém	Armazém - Ripas	10
<i>Pivot</i>	Corte - Costura - Linha	15
Armazém	Armazém - Embalagem	10

Com base nos dados obtidos, ambos colaboradores têm uma duração total de tarefas inferior a uma hora, o *pivot* demora 55 min a concluir o abastecimento e o abastecedor do armazém 30 min. Denotar que a regularidade do abastecimento é

determinada pelo material que se consome mais rápido, neste caso as madeiras da pré-montagem. Como tal, o operador não terá a mesma carga de trabalho todas as horas, uma vez que o abastecimento de alguns materiais excede a ocupação da linha de uma hora.

#### **4.3.2. Abastecimento do Tipo 669**

A produção de artigos do tipo 669, pertencentes à classe de bases kit, é dividida em 4 postos de trabalho. O primeiro posto de trabalho, semelhante aos produtos do tipo 716, é abastecido com madeira para pré-montagem de peças de madeira, nomeadamente laterais e topos. O posto seguinte, onde é realizado aagrafagem de tecido às peças de madeira, é necessário abastecer com TNT fornecido pelas laterais.

Antes da embalagem, um saco de ferragens é preparado com parafusos e chaves, cujo número e tipo de componentes varia consoante o produto. Para finalizar a produção deste artigo, o produto é embalado numa caixa de cartão onde são colocadas as peças fabricadas nos postos de trabalhos anteriormente, juntamente com material abastecido pelo armazém, como ripas, travessas, cunhos, capas, etc.

**Tabela 8.** Necessidades de material do tipo 669 da linha de montagem por hora

Processo	Matéria-prima	Qtd/base	Responsável	Transporte	Fornecedor	1H
<b>Pré-montagem</b>	Placa Lateral	2	<i>Pivot</i>	Estante Móvel	Armazém	120
	Travessa Lateral	2	<i>Pivot</i>	Estante Móvel	Armazém	120
	Placa calço	4	<i>Pivot</i>	Estante Móvel	Armazém	240
	Placa Peseira	2	<i>Pivot</i>	Estante Móvel	Armazém	120
<b>Agrafagem</b>	TNT Peseira	2	<i>Pivot</i>	Palete	Laterais	120
	TNT Lateral	2	<i>Pivot</i>	Palete	Laterais	120
<b>Embalagem</b>	Caixa	1	Abastecedor	Palete	Embalagem	60
	Travessa Travessão Maior	1	<i>Pivot</i>	Palete	Armazém	60
	Travessa Travessão Menor	1	<i>Pivot</i>	Palete	Armazém	60
	Placa de Cartão comprida	1	Abastecedor	Palete	Embalagem	60
	Ripas	34	<i>Pivot</i>	Palete	Armazém	2040
	Placa de Cartão menor	1	Abastecedor	Palete	Embalagem	60
	Cantoneiras plásticas	4	Abastecedor	Caixas	Armazém	240
	Cunhos Plásticos	2	Abastecedor	Caixas	Armazém	120
	Capa	1	<i>Pivot</i>	Palete	Costura	60
<b>Saco de Ferragens</b>	Parafuso c/ anilha	18	Abastecedor	Caixas	Armazém	1080
	Parafuso Montagem	8	Abastecedor	Caixas	Armazém	480
	Parafuso Ligação	16	Abastecedor	Caixas	Armazém	960
	Chave Sextavada L	1	Abastecedor	Caixas	Armazém	60
	Saco cristal	1	Abastecedor	Caixas	Armazém	60

No primeiro posto estão alocados dois operadores, cada um deles com uma mesa de trabalho. Como tal, o abastecimento deste posto deve ser feito através de duas estantes móveis, cada uma delas com o material necessário para realizar uma placa lateral e uma placa cabeceira. A agrafagem é constituída por 8 mesas de trabalho individuais, agrupadas duas a duas, formando quatro conjuntos. Para cada conjunto, deve ser entregue duas paletes, uma com o TNT com a medida do topo e a outra com a medida da lateral, cada uma dela com pelo menos 30 unidades.

No posto da preparação do saco de ferragens, ao pé da mesa de trabalho ficam as caixas com os parafusos e chaves separados. Relativamente à embalagem, o armazém deve colocar junto à linha paletes com as caixas de cartão. Previamente, no setor embalagem colocam os dois cartões restantes dentro de cada caixa. O armazém deverá entregar duas paletes, uma com os travessões maiores e a outra com os menores.

#### **4.3.2.1. Frequência de Abastecimento Tipo 669**

Devido à diversidade de fornecedores e das conseqüentes variedades na quantidade de material por paleta, é difícil determinar um número de transportes por material. Por isso, a estratégia adotada para o abastecimento, foi calcular as necessidades para uma hora de produção. As necessidades estão indicadas na tabela acima por hora e posto de trabalho.

Falta confirmar se o pivot consegue executar todas as tarefas associadas ao abastecimento no tempo determinado. Para realizar este estudo, foi identificado e cronometrado todos os percursos realizados pelo pivot, com o auxílio de um diagrama spaghetti.

#### **4.3.2.2. Diagrama Spaghetti Tipo 669**

Para representar os trajetos realizados pelo abastecedor e pivot, foi elaborado um diagrama spaghetti com o intuito de estudar o método de abastecimento. Após a observação em chão de fábrica dos percursos necessários, obtém-se o seguinte esquema.

Através da observação do diagrama, foram identificados 4 percursos, 2 realizados pelo pivot representado a vermelho e a azul os que são da responsabilidade do armazém.

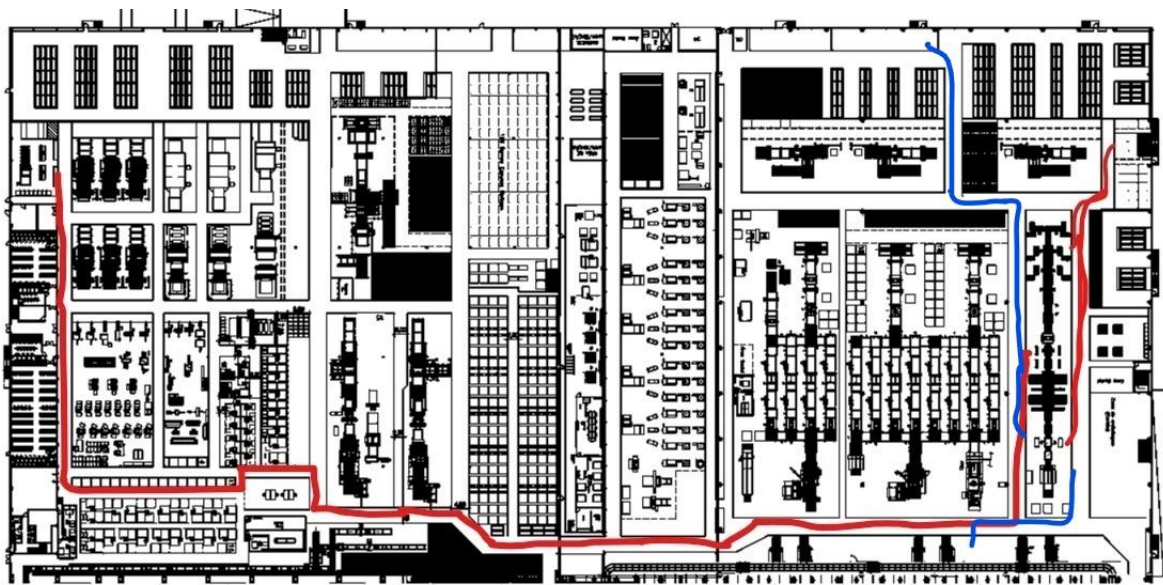


Figura 18. Diagrama Spaghetti do tipo 669

Através da observação do diagrama, foram identificados 4 percursos, 2 realizados pelo *pivot* representado a vermelho e a azul os que são da responsabilidade do armazém. Para concluir a análise, procede-se à medição da duração dos processos e da elaboração da rotina de abastecimento de linha. A tabela em baixo, contém a informação relativa à duração do percurso, colaborador responsável e pontos de passagem.

Tabela 9. Tempos associados aos percursos do abastecedor

Colaborador	Percurso	Duração (min)
<i>Pivot</i>	Armazém - Pré-Montagem	25
<i>Pivot</i>	Corte - Costura - Agrafagem	15
Armazém	Cartão - Embalagem	5
Armazém	Armazém - Embalagem	10

## 5. CONCLUSÃO

Este projeto teve como principal objetivo reconfigurar uma linha de montagem de modelo misto para modelo multiproduto, focando-se na maximização da eficiência de produção, mantendo um número fixo de postos de trabalho.

No final do trabalho, a taxa de produção para bases rígidas 716 é de 250 unidades por turno, com um número total de 12 pessoas em linha, apresentando uma eficiência de 85%. Para as bases kit 669, inicialmente obteve-se uma eficiência de aproximadamente 87%, para um número total de 15 operadores. Para colmatar a diferença entre o número de pessoas, foi proposto a antecipação de um posto de trabalho, resultando na diminuição de uma pessoa e as restantes duas devem ser alocadas nos postos de trabalho com maior taxa de ocupação, montagem do casco e ripas. Desta forma, o número de colaboradores em linha mantém-se, mas com um custo na redução da eficiência sem alteração na taxa de produção.

Consequentemente, foi elaborado um horário de abastecimento para garantir que não ocorram paragens na linha de produção devido a falta de material, com vista a ergonomia do processo e as capacidades dos bordos de linha.

Devido à instabilidade do mercado e ausência de vendas, não foi possível analisar outro tipo de produtos como as cabeceiras 991/992 e implementação do projeto foi adiada, impossibilitando a recolha de resultados.

Futuramente, uma análise ao planeamento da linha deve ser realizada para dimensionar os lotes de produção com base na procura e nos tempos de *setup* artigos, de forma a satisfazer as necessidades do mercado e retirar o máximo proveito da linha. A criação de instruções de trabalho também é essencial para a estabilidade da taxa de produção, uma vez que os processos inerentes são maioritariamente de natureza humana.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becker, C., & Scholl, A. (2006). A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 168(3), 694–715. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.023>
- Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2008). Assembly line balancing: Which model to use when? *International Journal of Production Economics*, 111(2), 509–528. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.02.026>
- Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). Implementing 5S within a Japanese context: An integrated management system. *Management Decision*, 46(4), 565–579. <https://doi.org/10.1108/00251740810865067>
- Jaganathan, V. P. (2014). Line Balancing Using Largest Candidate Rule Algorithm in a Garment Industry : a Case Study. *International Journal of Lean Thinking*.
- Ponnambalam, S. G., Aravindan, P., & Mogileeswar Naidu, G. (1999). Comparative evaluation of assembly line balancing heuristics. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 15(8), 577–586. <https://doi.org/10.1007/s001700050105>
- Saurabh Jha, P., & Khan, M. S. (2017). An experimental study on the automotive production line using assembly line balancing techniques. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 8(3), 22–33.
- Scholl, A., & Becker, C. (2006). State-of-the-art exact and heuristic solution procedures for simple assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 168(3), 666–693. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.022>
- Scholl, A., & Voss, S. (1997). Simple assembly line balancing - heuristic approaches. *Journal of Heuristics*, 2(3), 217–244. <https://doi.org/10.1007/BF00127358>