

# SIMULAÇÃO

## EVENTOS DISCRETOS – INDÚSTRIA

### AUTOMOBILÍSTICA

*Lego*, uma expressão criada a partir da frase em [dinamarquês](#) *leg godt*, com o significado de "brincar bem". De acordo com a versão do LEGO Group., anos mais tarde, a palavra *lego*, em [latim](#) significa *eu ponho junto* ou *eu uno*, embora isso seja, na realidade, uma tradução demasiado livre de uma forma verbal traduzida academicamente como "eu leio" ou "eu reúno".



**Fornecedor**

**Montagem Carreta Q / semana =  $((60 / 12) * 7.5) * 5 = 187$**

Montagem Chassi Dianteiro Q / semana =  $((60 / 12) * 7.5) * 5 = 187$

Montagem Cavalo Q / semana =  $((60 / 16) * 7.5) * 5 = 140$

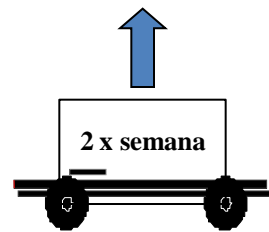
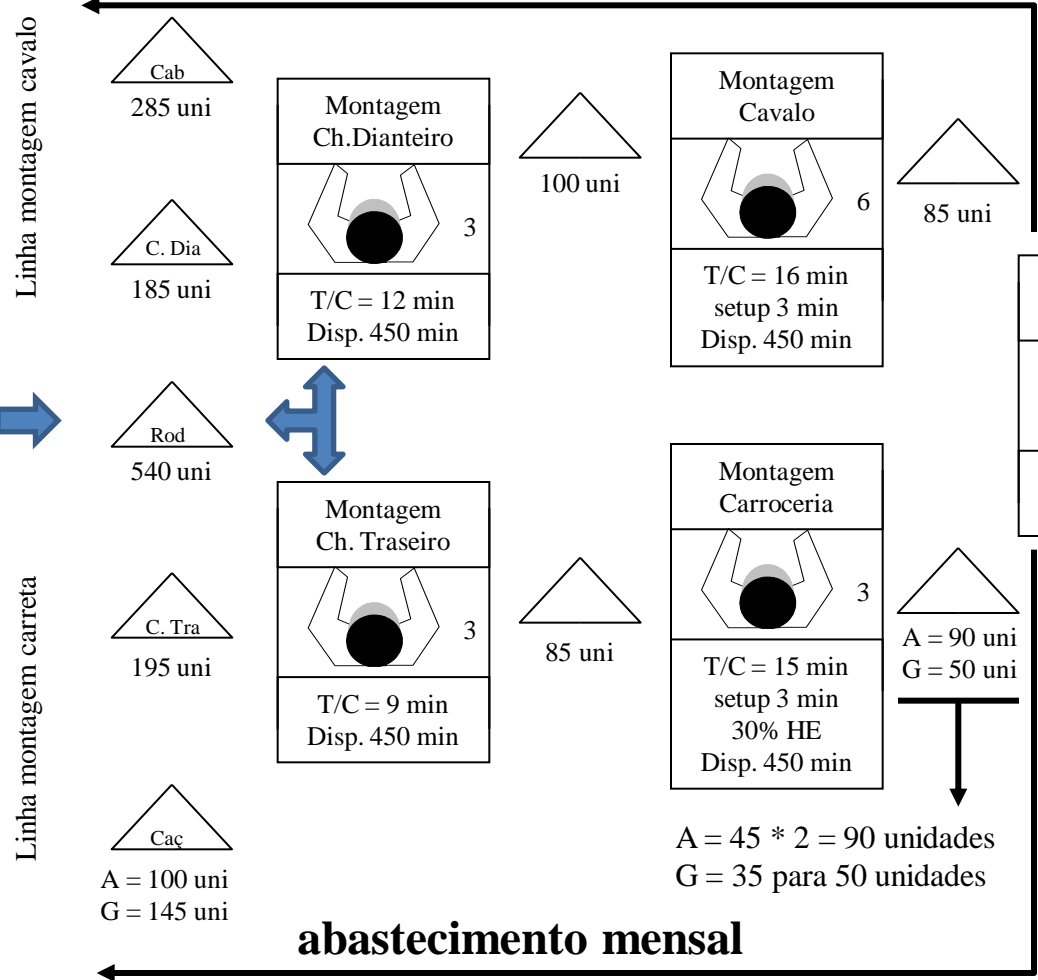
Montagem Chassi Traseiro Q / semana =  $((60 / 9) * 7.5) * 5 = 250$

Montagem Carroceria Q / semana =  $((60 / 15) * 7.5) * 5 = 150$

**Cliente**

600 un/mês  
350 abertas  
250 granel  
20 dias/mês  
30 un/dia

**abastecimento quinzenal**



**Expedição**

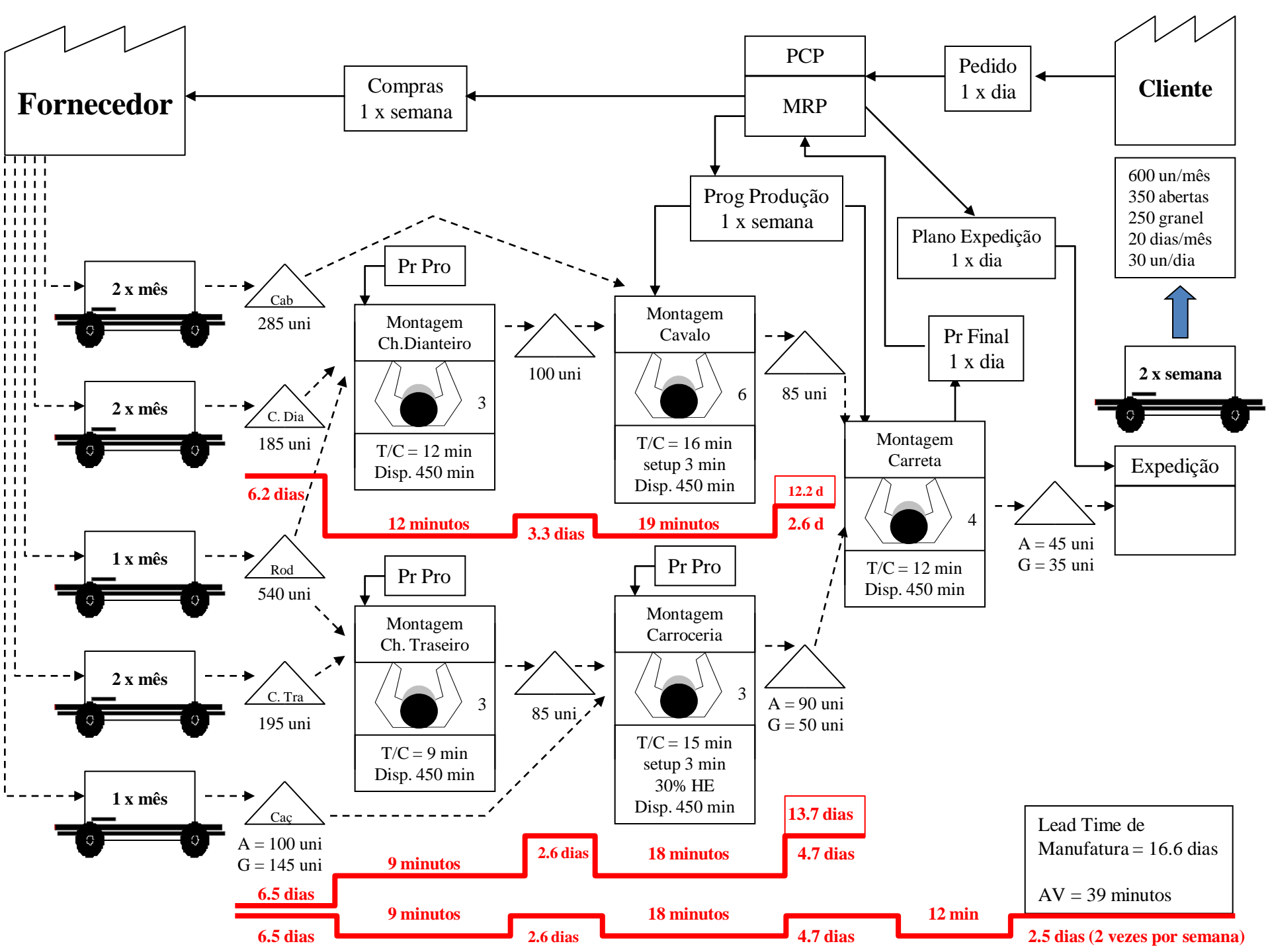
**HORIZONTE SEMANA**

Aberta –  $350 / 20 = 17.5$  por dia = 18 unid. por dia  
Granelero –  $250 / 20 = 12.5$  por dia = 13 unid. por dia

Semana com 5 dias úteis, entrega duas vezes por semana:  
5 dias / 2.5 – frequência de abastecimento

Quantidade a ser disponibilizada por entrega:  
Aberta –  $18 * 2.5 = 45$  unidades  
Granelero –  $13 * 2.5 = 32.5 = 35$  unidades

**abastecimento mensal**





A sueca Scania, uma das líderes na venda de caminhões pesados no Brasil, foi buscar inspiração no Lego, o brinquedo de montar, para criar um sistema modular de fabricação de veículos. Juntando as diferentes peças, a Scania pode fazer 6 milhões de combinações. Com o objetivo de tornar a operação viável do ponto de vista comercial, a montadora reduziu o número de alternativas no catálogo, mas manteve a quantidade de opções em cerca de 100 modelos de caminhão. É essa variedade que permite à fábrica em São Bernardo do Campo, na Grande São Paulo, vender caminhões sob medida para países espalhados por todos os continentes. Os veículos exportados para a Coreia do Sul, o principal mercado na Ásia, por exemplo, recebem abafadores de ruído extras por causa da legislação local, mais exigente. Os destinados à Europa têm um sistema de aquecimento auxiliar que permite esquentar a cabine mesmo com o motor desligado.

Por ser uma empresa de tamanho médio no setor automobilístico mundial, a Scania não tinha muitas alternativas. Ou apostava tudo no sistema modular ou corria o risco de perder fatias vitais de mercado. Com a redução do número de peças de cerca de 30.000 para 12.000, conseguiu baixar os custos de estocagem. Já a aplicação do sistema modular em âmbito mundial permitiu a montagem dos mesmos produtos no Brasil, na Argentina, na Suécia, na Holanda e na França, todos os países em que a empresa tem fábricas.



Há cinco alternativas de cabine



Os motores têm potência de 220 a 480 cavalos



Há várias opções de eixo dianteiro e traseiro

As três alternativas de caixa de câmbio vão de oito a catorze marchas



Existem três opções de chassi de aço com espessura de 8 a 17,5 milímetros

# SISTEMAS DE PRODUÇÃO

• SHINGO (1996a) postula que os sistemas de produção podem ser entendidos como redes de processos e operações:

1. Função Processo – refere-se ao acompanhamento dos objetos de trabalho (materiais) ao longo do tempo e do espaço; diz respeito ao fluxo de materiais.
2. Função Operação – refere-se ao acompanhamento dos sujeitos do trabalho (homens, máquinas, equipamentos etc.) ao longo do tempo e do espaço.

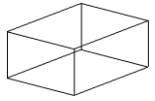
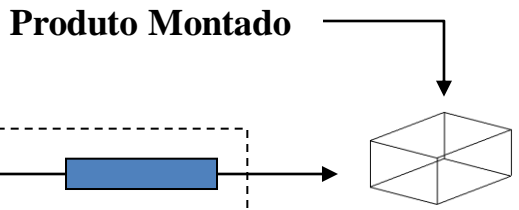
Gestão da Fábrica com base no Subsistema de operação padrão que busca atender três propósitos básicos:

1. “obtenção de alta produtividade através de trabalho dedicado” – entenda-se “trabalho dedicado” como “trabalho eficiente, sem qualquer perda de movimentos”;
2. “balanceamento da linha em todos os processos em termos do tempo de produção” – neste caso, o termo “processo” utilizado por MONDEN (1984) se refere às interseções entre as funções Processo e Operação do MFP; trata-se, de fato, do “processamento” (transformação das características de qualidade) dos materiais;
3. Manutenção de uma “...quantidade mínima de material em processo”.

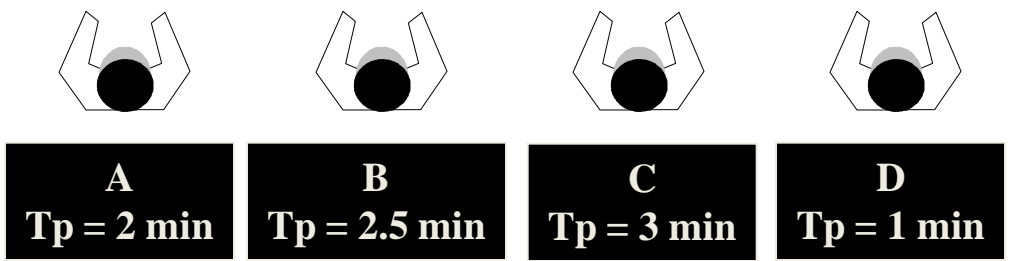
# Tempo de ciclo para uma linha ou célula de produção

De acordo com ROTHER & SHOOK (1998) o tempo de ciclo é “o tempo transcorrido entre a saída de uma peça e a saída da seguinte, em segundos”

**Tempo disponível para produção = 8 horas**

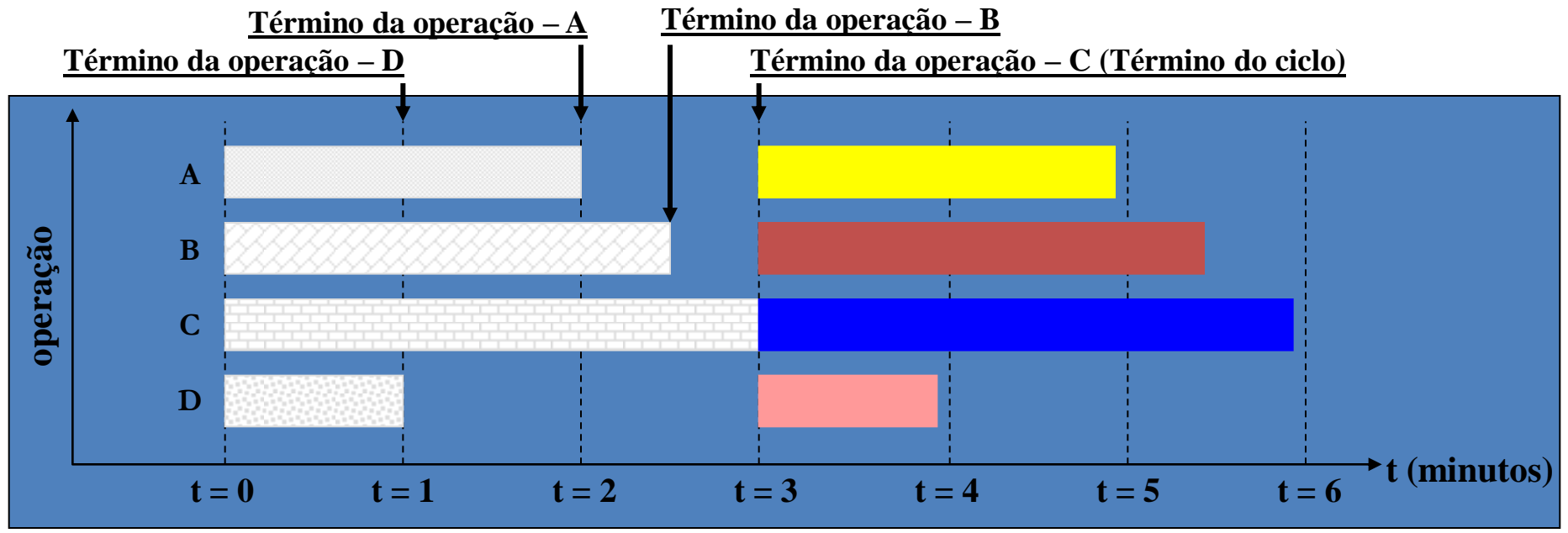


Considerando um operário alocado a cada máquina/posto, não é possível produzir mais que 20 peças por hora nessa linha.



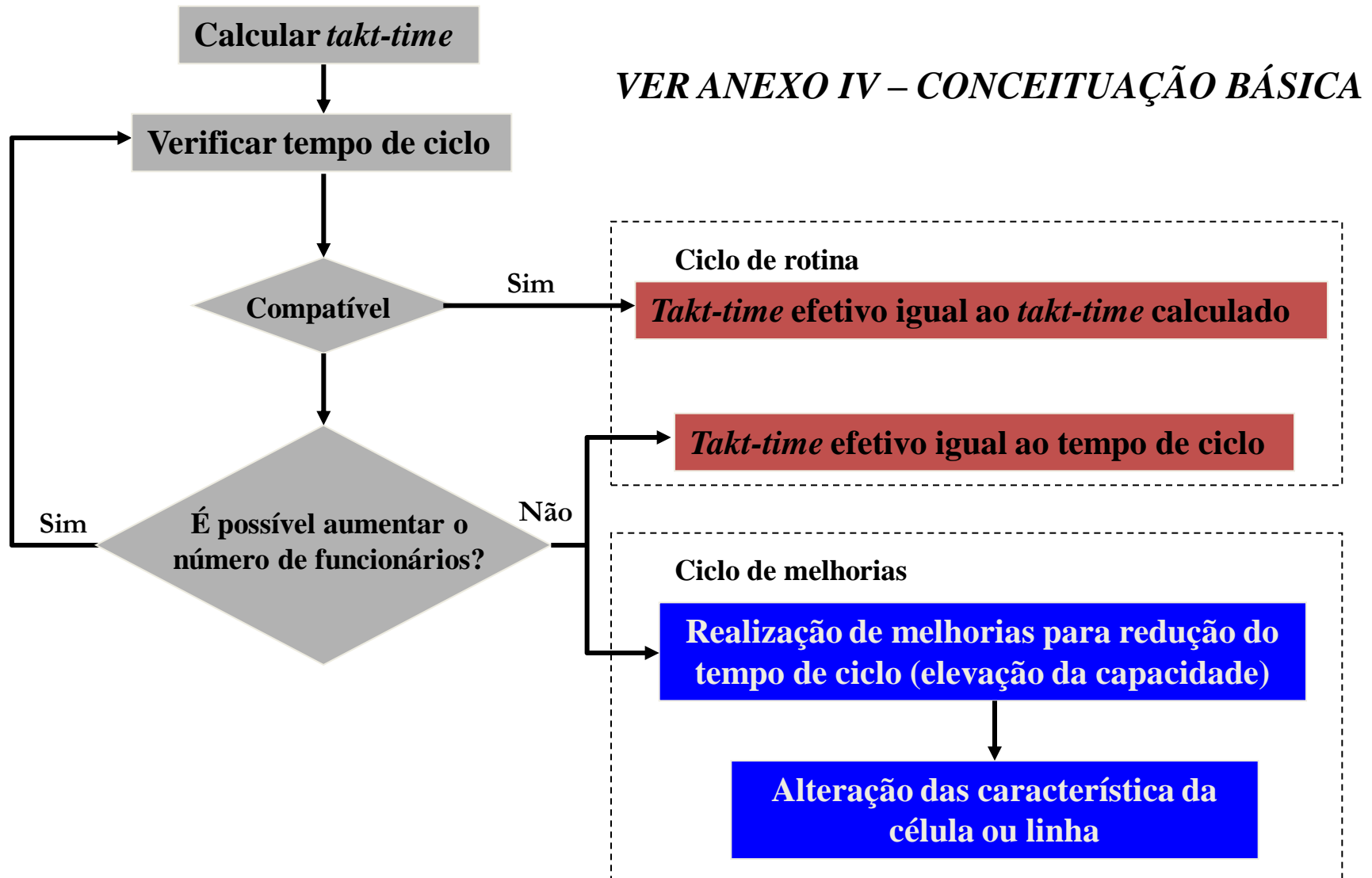
$$Takt-time = \frac{(8 * 60)}{3 \text{ (min.)}} = 160 \text{ peças / dia}$$

$$peças / hora = 160 / 8 = 20 \text{ peças}$$



**Tempo de ciclo para o exemplo**

# GESTÃO COM BASE NO *TAKT-TIME*: OS CICLOS DE ROTINA E DE MELHORIAS



# MAPA DA SITUAÇÃO ATUAL MECANISMO DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO – MFP

## FÁBRICA DE CARRETAS

**“HÁ QUE SE RECONHECER QUE, DO PONTO DE VISTA DA OPERAÇÃO DO STP (SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO), A LINEARIZAÇÃO E O ENCADEAMENTO DO FLUXO DE MATERIAIS TÊM FUNDAMENTAL RELEVÂNCIA”. ALVAREZ, R. DOS REIS (2001).**

**Conforme MONDEN (1984), isso é realizado de duas formas gerais:**

- 1. Com a utilização do sistema *kanban* para conexão de células de produção;**
- 2. Através da produção em fluxo unitário em linha (*one piece flow*) – transferência de materiais entre postos de trabalho se dá em lotes de tamanho igual a uma unidade (peça).**

**A Gestão pelo tempo assume papel primordial na medida em que a fábrica como um todo se adapta ao ritmo definido para a linha de montagem.**



# SISTEMAS DE PRODUÇÃO

• SHINGO (1996a) postula que os sistemas de produção podem ser entendidos como redes de processos e operações:

1. Função Processo – refere-se ao acompanhamento dos objetos de trabalho (materiais) ao longo do tempo e do espaço; diz respeito ao fluxo de materiais.
2. Função Operação – refere-se ao acompanhamento dos sujeitos do trabalho (homens, máquinas, equipamentos etc.) ao longo do tempo e do espaço.

Gestão da Fábrica com base no Subsistema de operação padrão que busca atender três propósitos básicos:

1. “obtenção de alta produtividade através de trabalho dedicado” – entenda-se “trabalho dedicado” como “trabalho eficiente, sem qualquer perda de movimentos”;
2. “balanceamento da linha em todos os processos em termos do tempo de produção” – neste caso, o termo “processo” utilizado por MONDEN (1984) se refere às interseções entre as funções Processo e Operação do MFP; trata-se, de fato, do “processamento” (transformação das características de qualidade) dos materiais;
3. Manutenção de uma “...quantidade mínima de material em processo”.

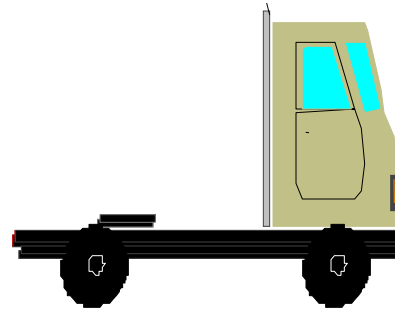


# CARACTERÍSTICAS DE DEMANDA

Clientes	concessionárias	observação
Quantidade mensal média	600	550 a 650 unidades
carrocerias abertas	350	300 a 400 unidades
graneleiros	250	200 a 300 unidades
dias úteis do mês	20	dias
entrega	2	vezes por semana

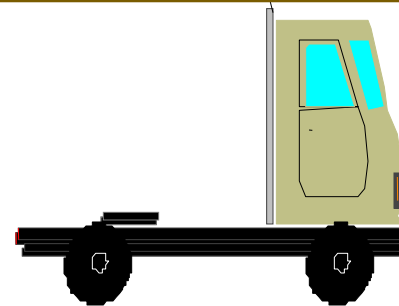


## 2 conjunto



***Tempo de ciclo = 16 minutos (maior tempo de processo)***

***Número de estágios =  $70 (9 + 15 + 3 + 12 + 16 + 3 + 12) / 16 = 4.375 = 5$  estágios***



### ***SUPRIMENTOS***

- 10 – Chassis – fornecimento quinzenal
- 20 – Sistema de rodagem – fornecimento mensal
- 30 – Caçambas – fornecimento mensal
- 40 – Cabines – fornecimento quinzenal

### ***PROCESSOS***

- 10 – Montagem do chassi traseiro – 9 minutos
- 20 – Montagem da carroceria – 15 minutos  
Setup de posicionamento – 03 minutos
- 30 – Montagem do chassi dianteiro – 12 minutos
- 40 – Montagem do cavalo – 16 minutos  
Setup de posicionamento – 03 minutos
- 50 – Montar a carreta – 12 minutos



600 un/mês  
350 abertas  
250 granel  
20 dias/mês  
30 un/dia

**2 x semana**

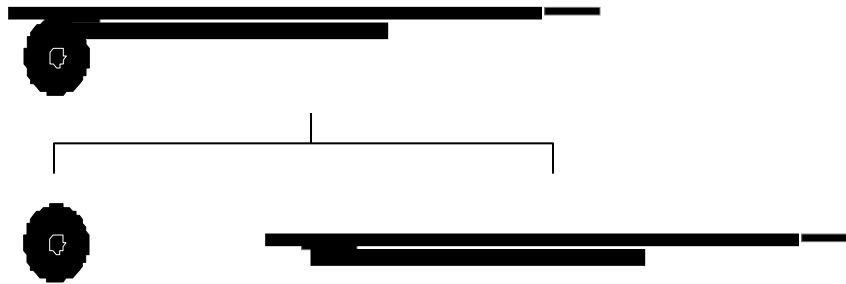




A  
Montar chassi traseiro

A

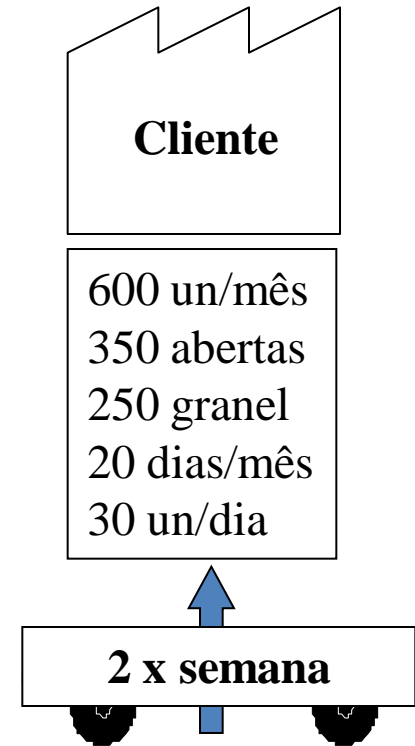
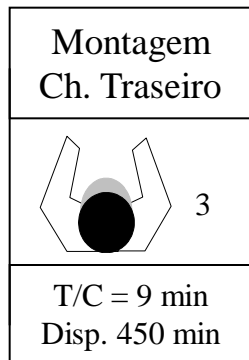
Montar chassi traseiro

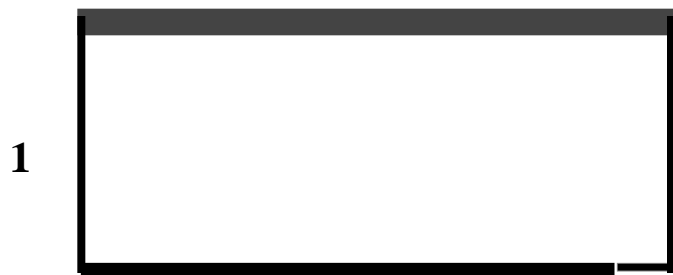


**Tempo padrão: 9 minutos**

**Turno de 8 horas com 30 minutos de descanso**

**Turno =  $(8 * 60) - 30 = 450$  minutos**





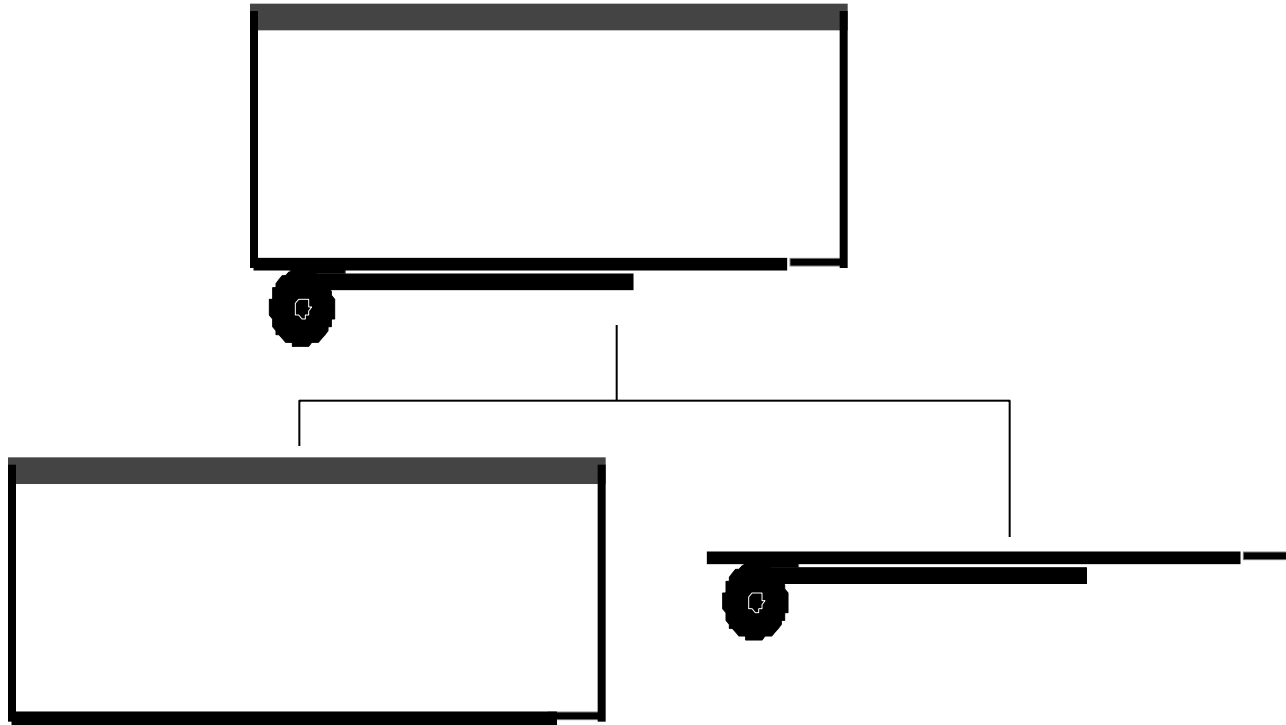
B  
Montar carroceria

A  
Montar chassi traseiro



B

Montar carroceria



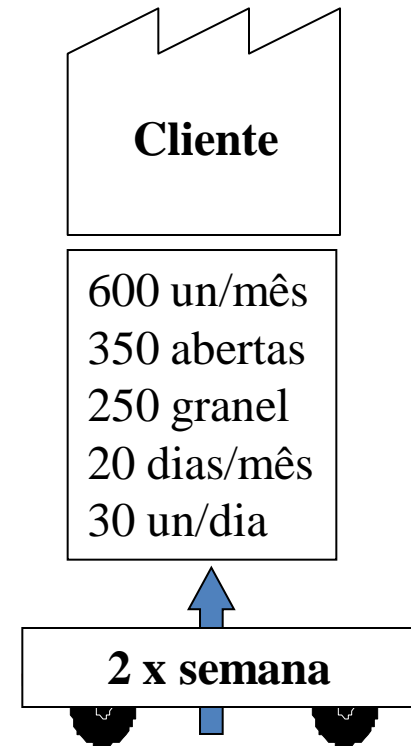
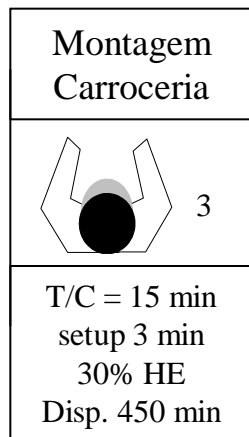
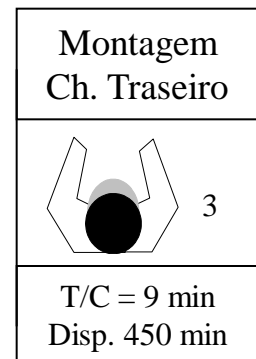
**Tempo padrão: 15 minutos**

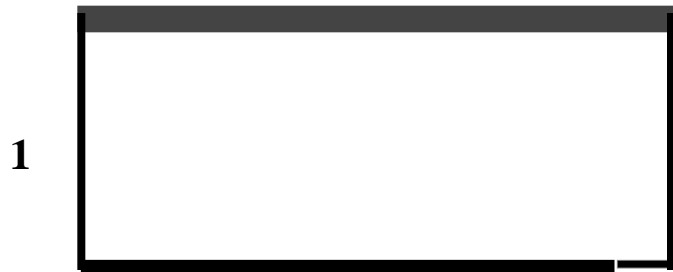
**Setup de posicionamento: 3 minutos**

**Turno de 8 horas com 30 minutos de descanso**

**Turno =  $(8 * 60) - 30 = 450$  minutos**

**30% dos dias com 2 horas extras**





1



2

**B**  
Montar carroceria



3



1



2

**A**  
Montar chassi  
traseiro

3



**C**  
Montar chassi  
dianteiro



1



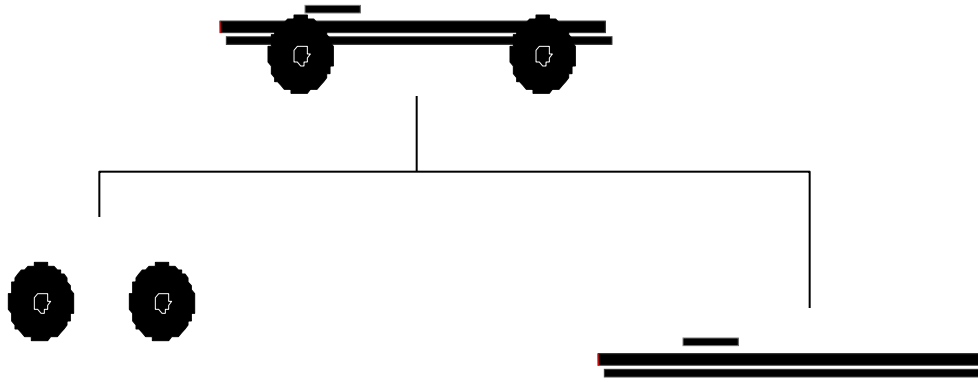
2



3

C

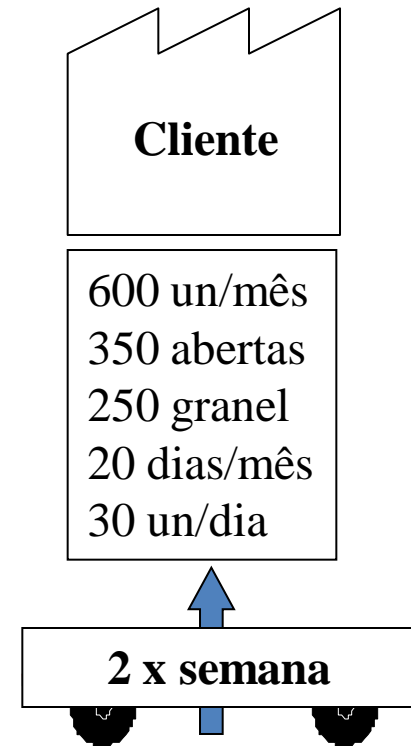
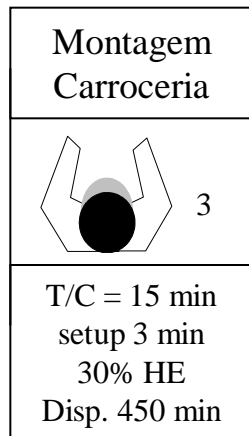
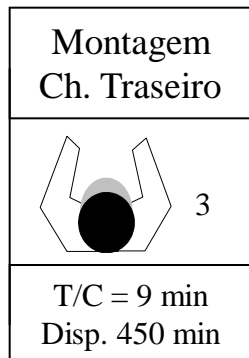
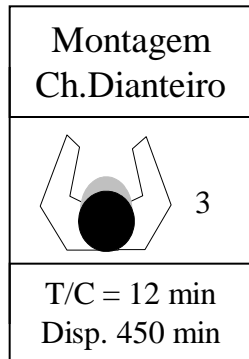
Montar chassi dianteiro



**Tempo padrão: 12 minutos**

**Turno de 8 horas com 30 minutos de descanso**

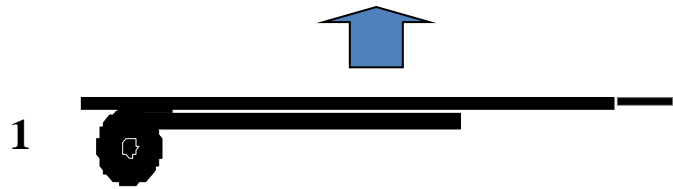
**Turno =  $(8 * 60) - 30 = 450$  minutos**





**B**

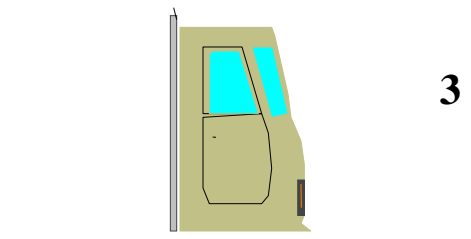
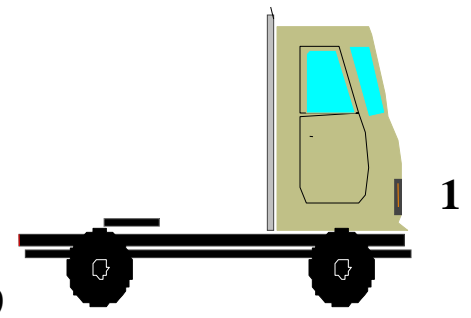
Montar carroceria Montar cavalo



**A**

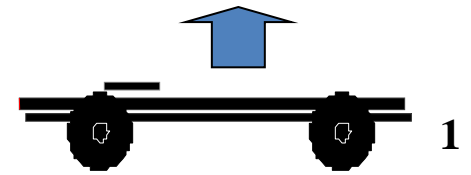
Montar chassi traseiro

**D**



**C**

Montar chassi dianteiro



1

2

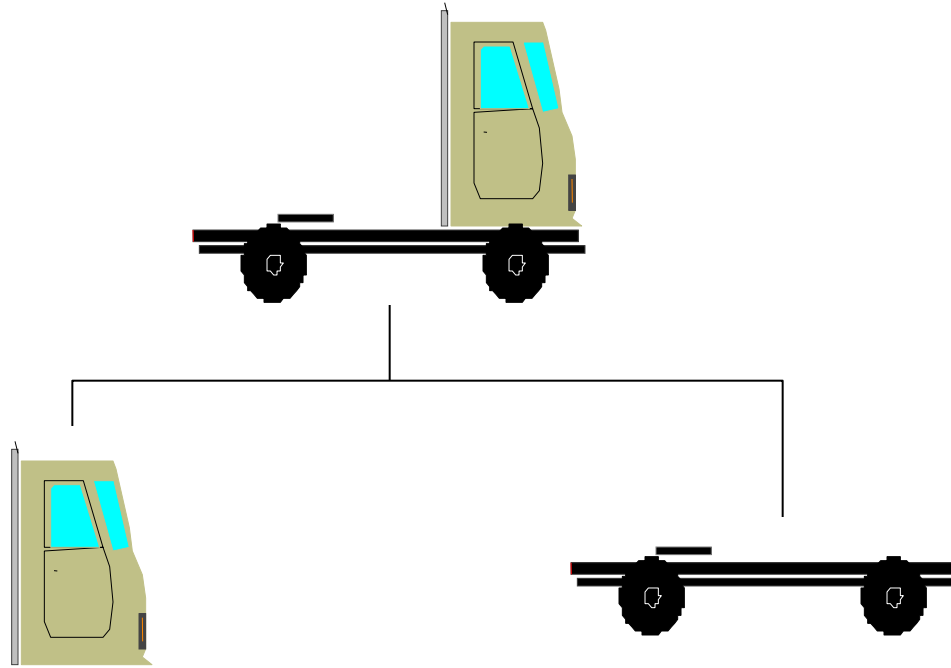
3

1

2

3

D  
Montar cavalo



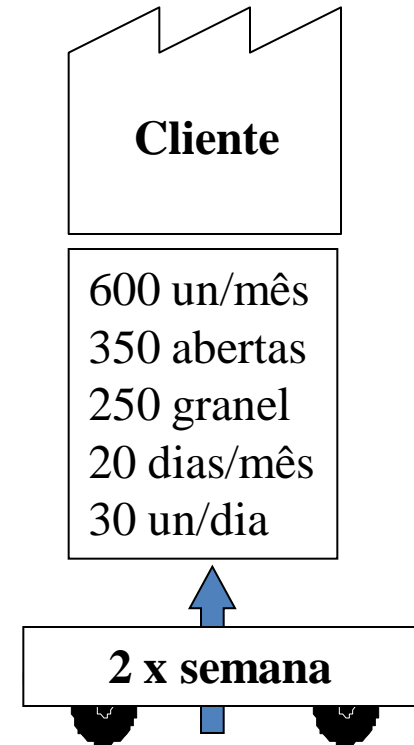
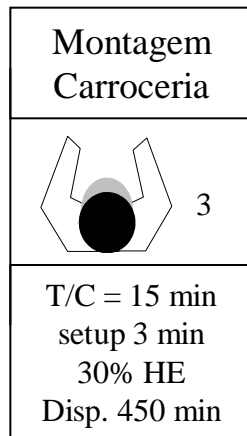
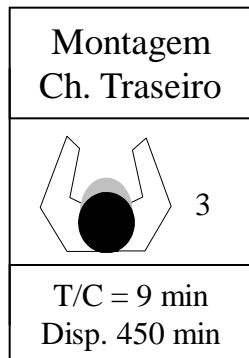
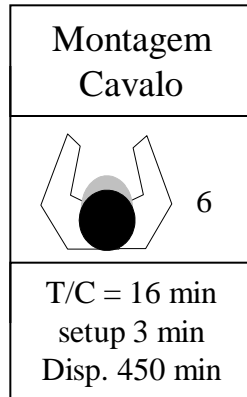
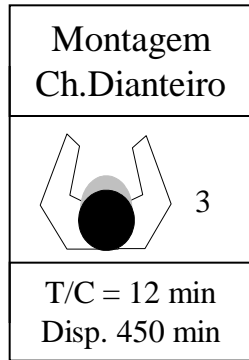
**Tempo padrão: 16 minutos**

**Setup de posicionamento: 3 minutos**

**Turno de 8 horas com 30 minutos de descanso**

**Turno =  $(8 * 60) - 30 = 450$  minutos**

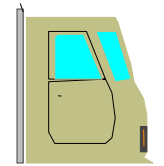
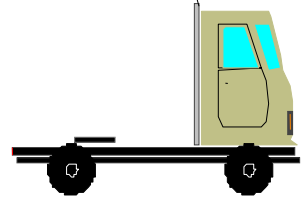






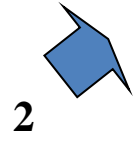


**E**  
Montar carreta



**D**

Montar cavalo



**B**

Montar carroceria



**A**

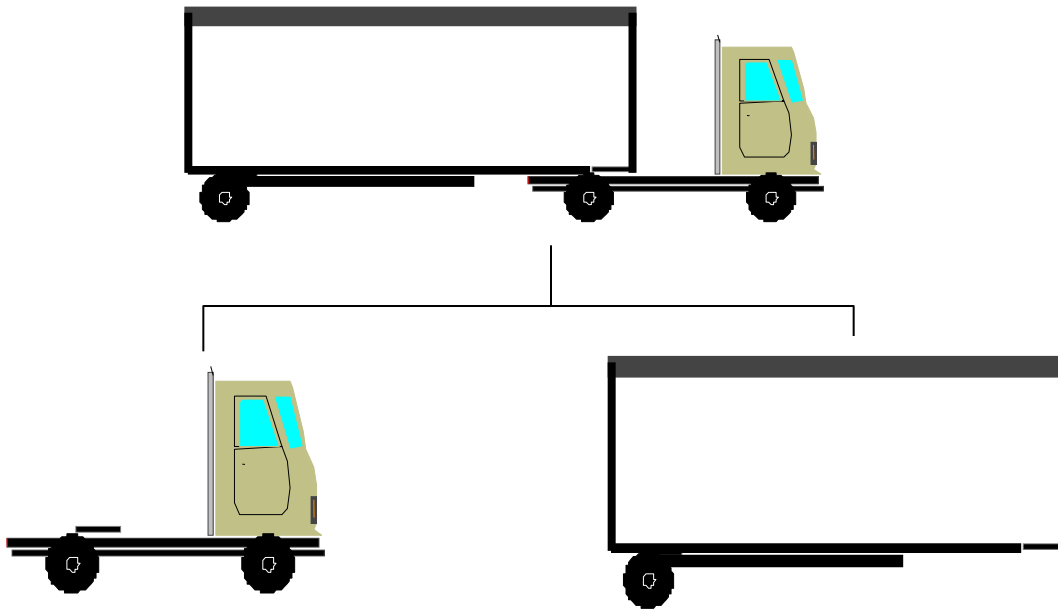
Montar chassi  
traseiro



**C**

Montar chassi  
dianteiro

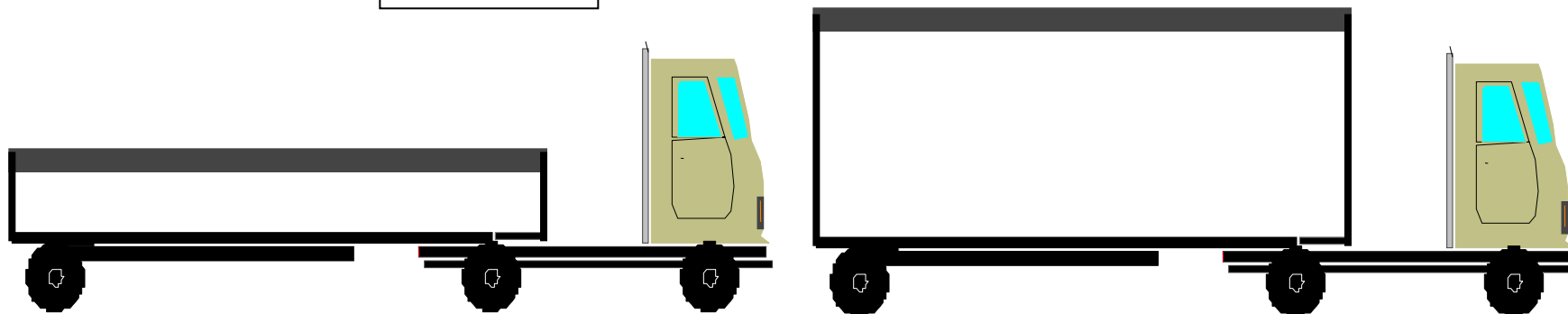
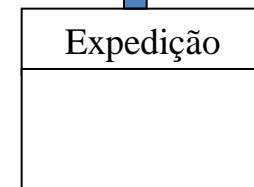
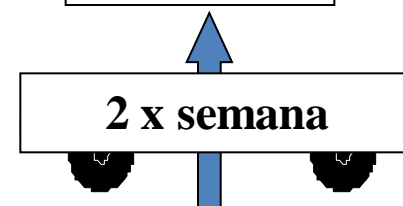
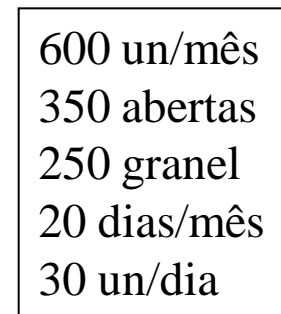
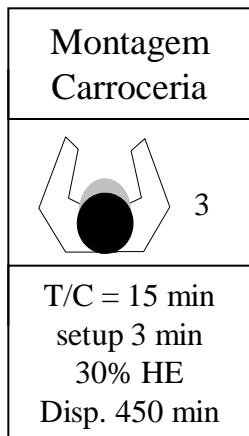
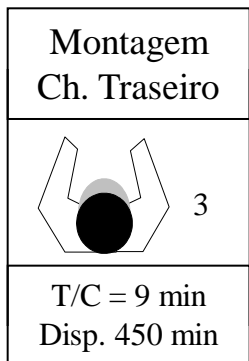
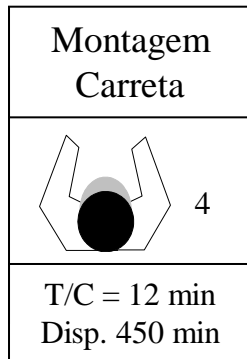
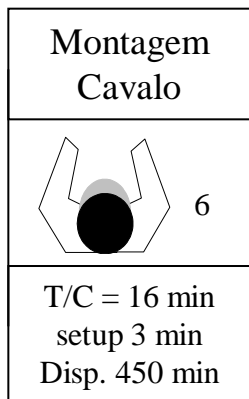
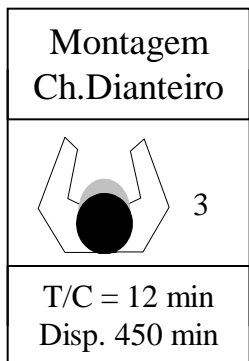
E  
Montar carreta



**Tempo padrão: 12 minutos**

**Turno de 8 horas com 30 minutos de descanso**

**Turno =  $(8 * 60) - 30 = 450$  minutos**



# Dimensionamento de estoques

- Componentes básicos (comprados)
- Inventário em processo (submontagens)
- Produtos acabados (montagens)

**Fornecedor**

**Montagem Carreta Q / semana =  $((60 / 12) * 7.5) * 5 = 187$**

Montagem Chassi Dianteiro Q / semana =  $((60 / 12) * 7.5) * 5 = 187$

Montagem Cavalo Q / semana =  $((60 / 16) * 7.5) * 5 = 140$

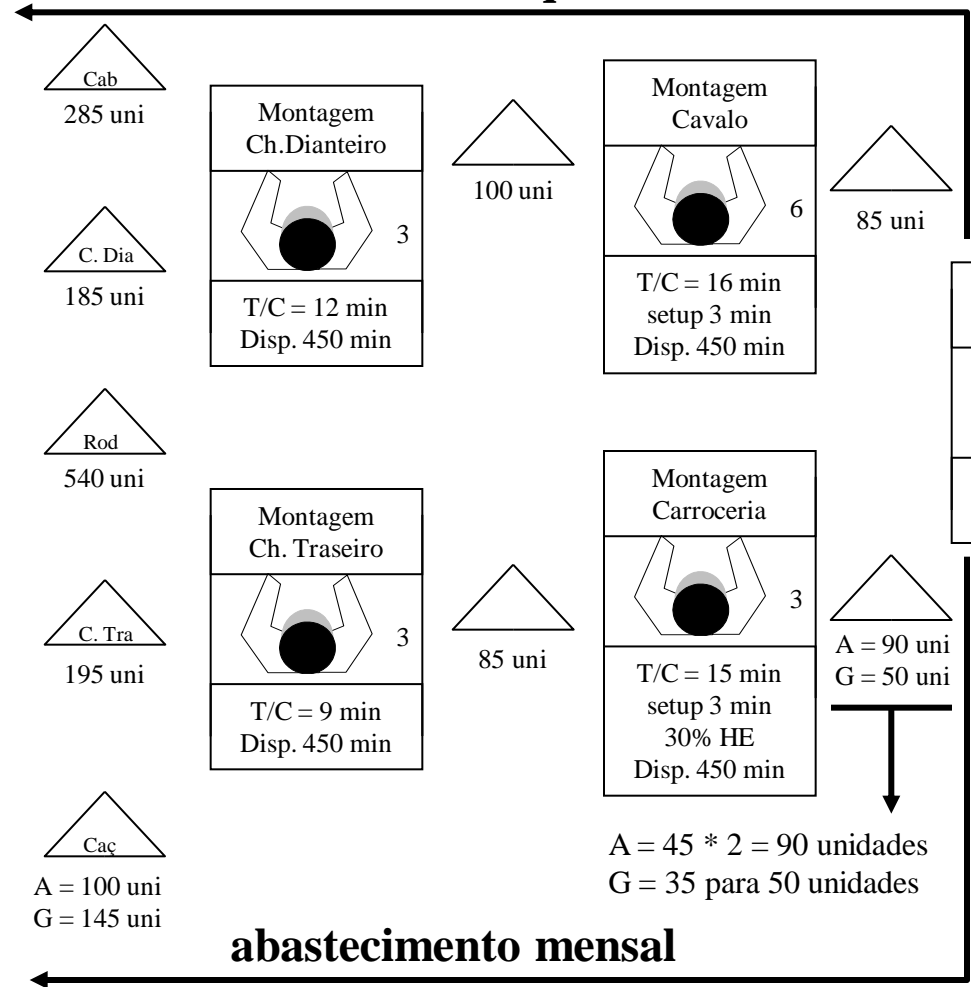
Montagem Chassi Traseiro Q / semana =  $((60 / 9) * 7.5) * 5 = 250$

Montagem Carroceria Q / semana =  $((60 / 15) * 7.5) * 5 = 150$

**Cliente**

600 un/mês  
350 abertas  
250 granel  
20 dias/mês  
30 un/dia

**abastecimento quinzenal**



45 + 35 = 80 unidades  
85 unidades

A = 45 uni  
G = 35 uni

**2 x semana**

**Expedição**

**HORIZONTE SEMANA**

Aberta –  $350 / 20 = 17.5$  por dia = 18 unid. por dia  
Granelero –  $250 / 20 = 12.5$  por dia = 13 unid. por dia

Semana com 5 dias úteis, entrega duas vezes por semana:  
5 dias / 2.5 – frequência de abastecimento

Quantidade a ser disponibilizada por entrega:  
Aberta –  $18 * 2.5 = 45$  unidades  
Granelero –  $13 * 2.5 = 32.5 = 35$  unidades

**abastecimento mensal**

# CONSUMO & PRODUÇÃO sem balanceamento

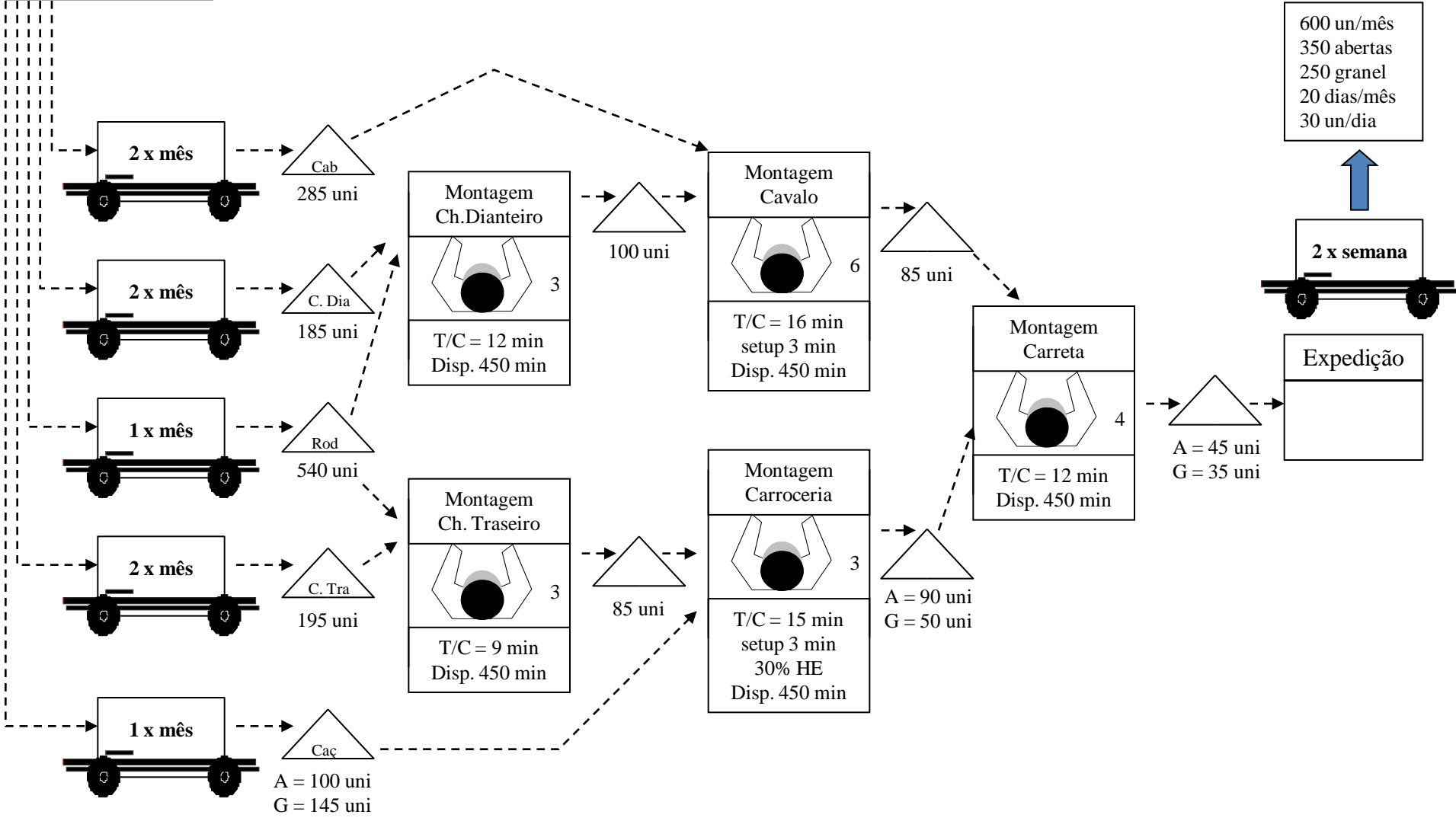
- Chassi dianteiro
- Cavalo
- Carreta
- Horizonte de tempo – 15 dias

# Características de Fornecimento de Componentes

- Fornecimento mensal de sistemas de rodagem
- Fornecimento quinzenal de chassis
- Fornecimento quinzenal de cabines
- Fornecimento mensal de caçambas

**Fornecedor**

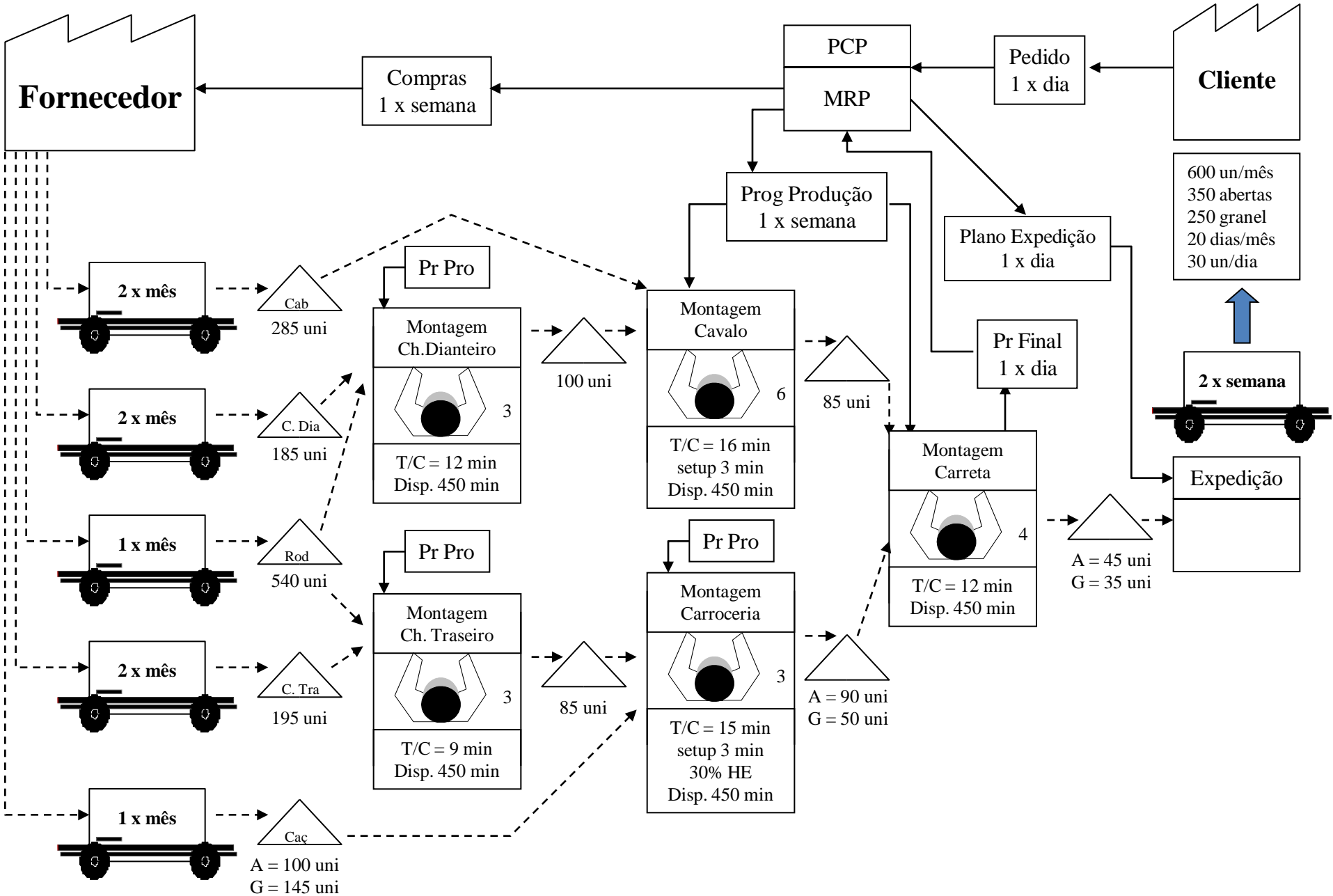
**Cliente**

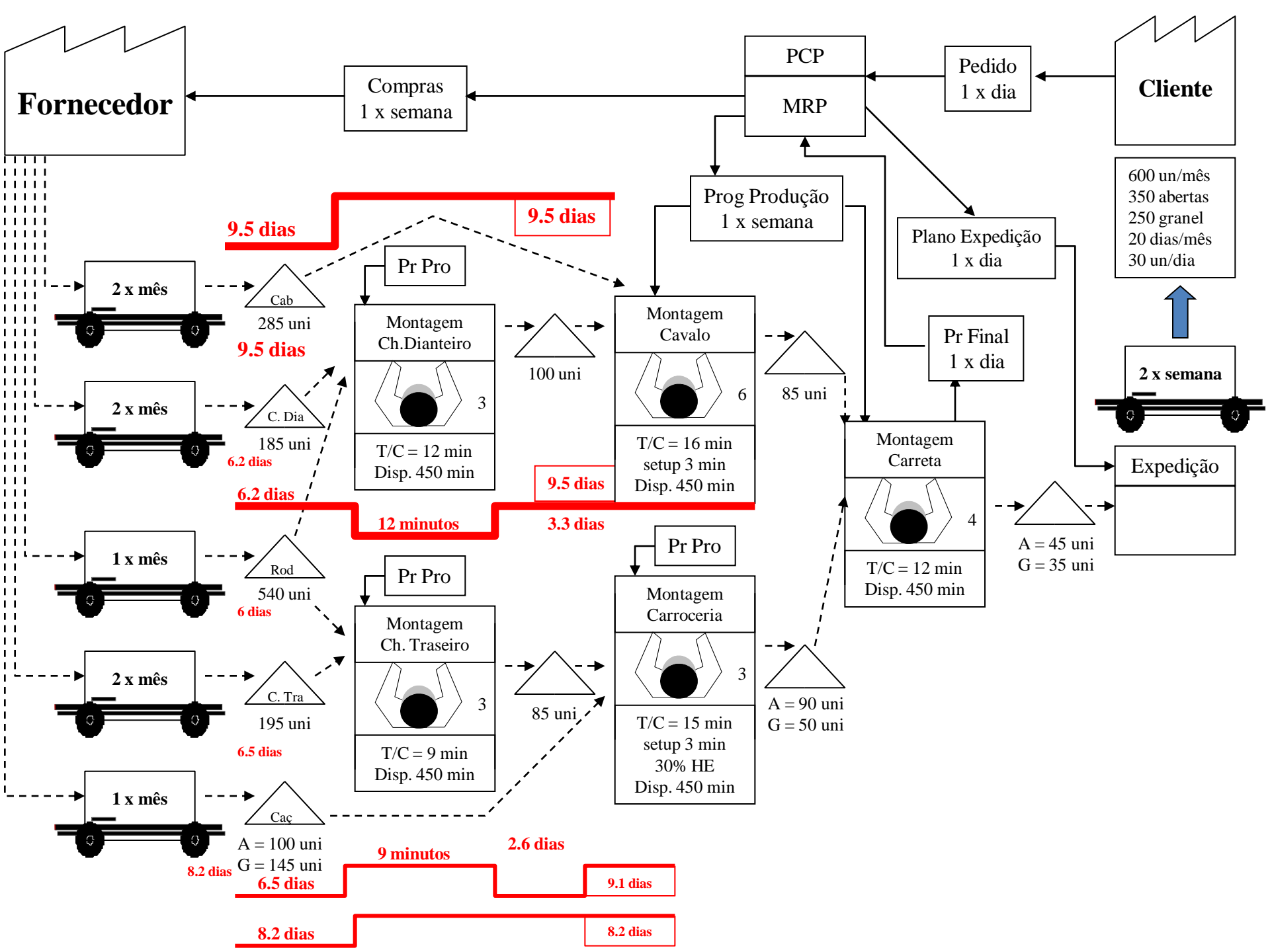


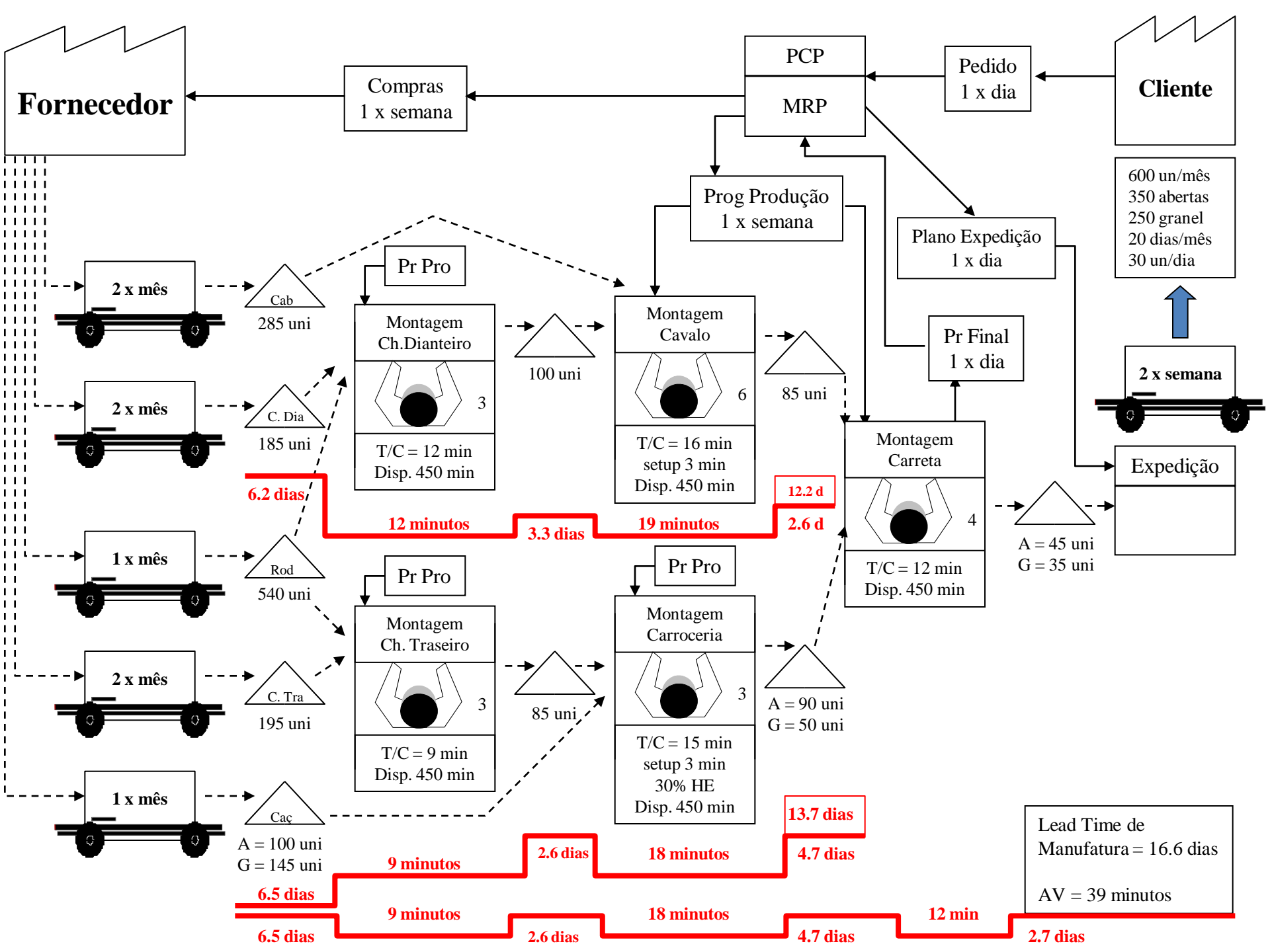


# Características do Processo da Informação

- Clientes pedem produto todos os dias
- Planejamento da Produção roda MRP semanalmente, gerando:
  - ⇒ Programa de produção semanal
  - ⇒ Ordens de compra semanais para componentes de terceiros
- Planejamento roda Programa de Expedição diário, baseado nos produtos que ficaram prontos nos dias anteriores (Montagem final informa diariamente os produtos finalizados)







# Produção na quantidade certa

- Qual é o *Takt Time*?

$$\textit{Takt-time} = \frac{\textit{tempo disponível para produção}}{\textit{quantidade a ser produzida no período}}$$

$$\textit{Tempo disponível para produção} = \textit{período de trabalho} - \textit{paradas programadas}$$

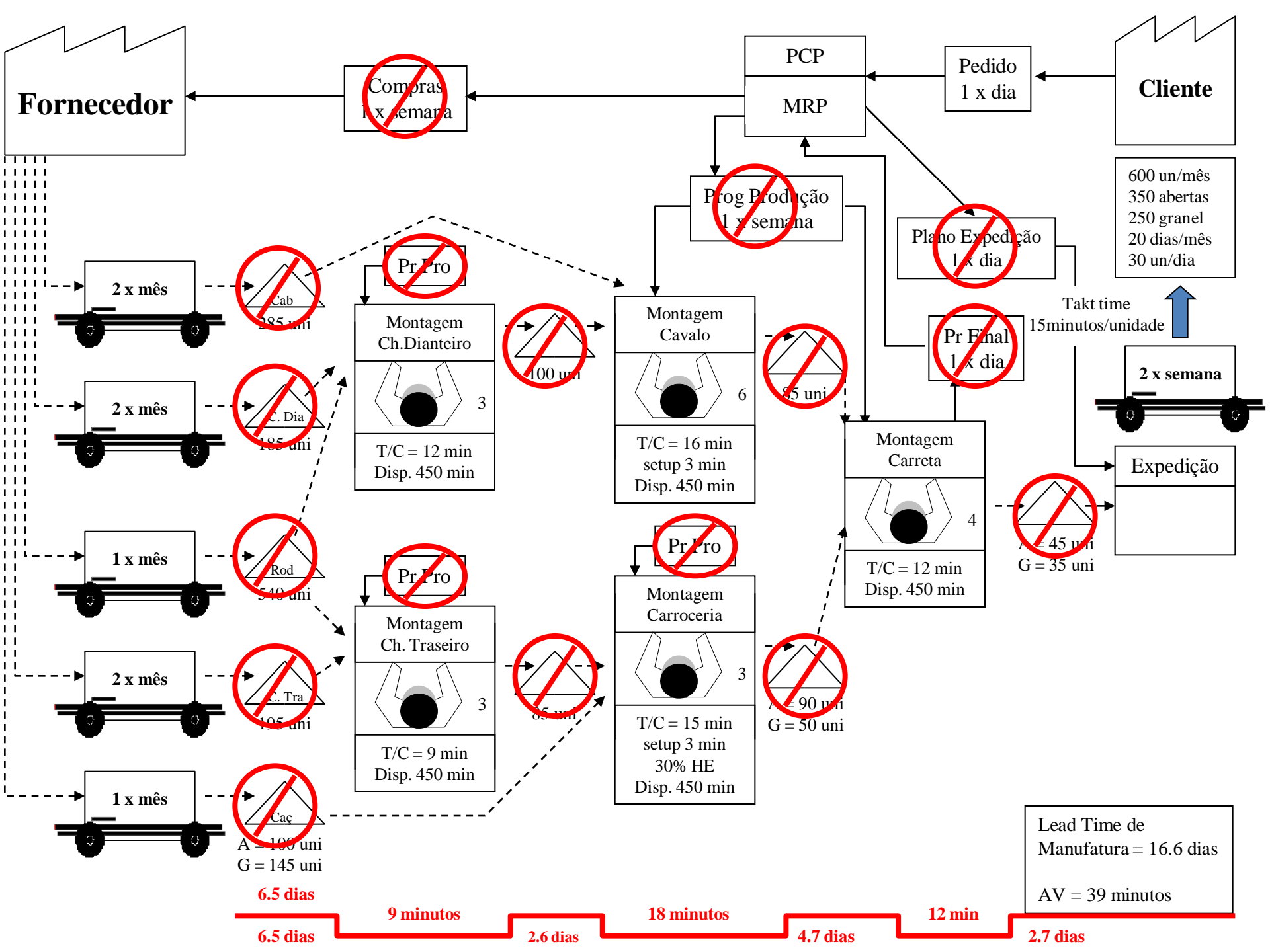
- Em uma linha de produção, a cada intervalo definido pelo *takt-time*, uma unidade deve ser terminada
- Para uma linha de montagem de automóveis com demanda diária de 300 unidades e tempo disponível para produção de 10 horas (600 minutos), o *takt-time* será de 2 minutos (600 / 300), ou seja, a cada 2 minutos deve sair um carro pronto no final da linha.

# Quantidade necessária

- *Takt time*
  - ⇒ Velocidade com que se deve produzir para atender ao mercado
  - ⇒ 600 unidades por mês
  - ⇒ 20 dias no mês
  - ⇒ 30 unidades por dia
  - ⇒ 7.5 horas por dia = 450 minutos
  - ⇒ *Takt time* = disponível / quantidade a ser produzida
  - ⇒ *Takt time* = 450 minutos / 30 unidades
  - ⇒ *Takt time* = 15 minutos / unidade

# Análise de Desperdícios

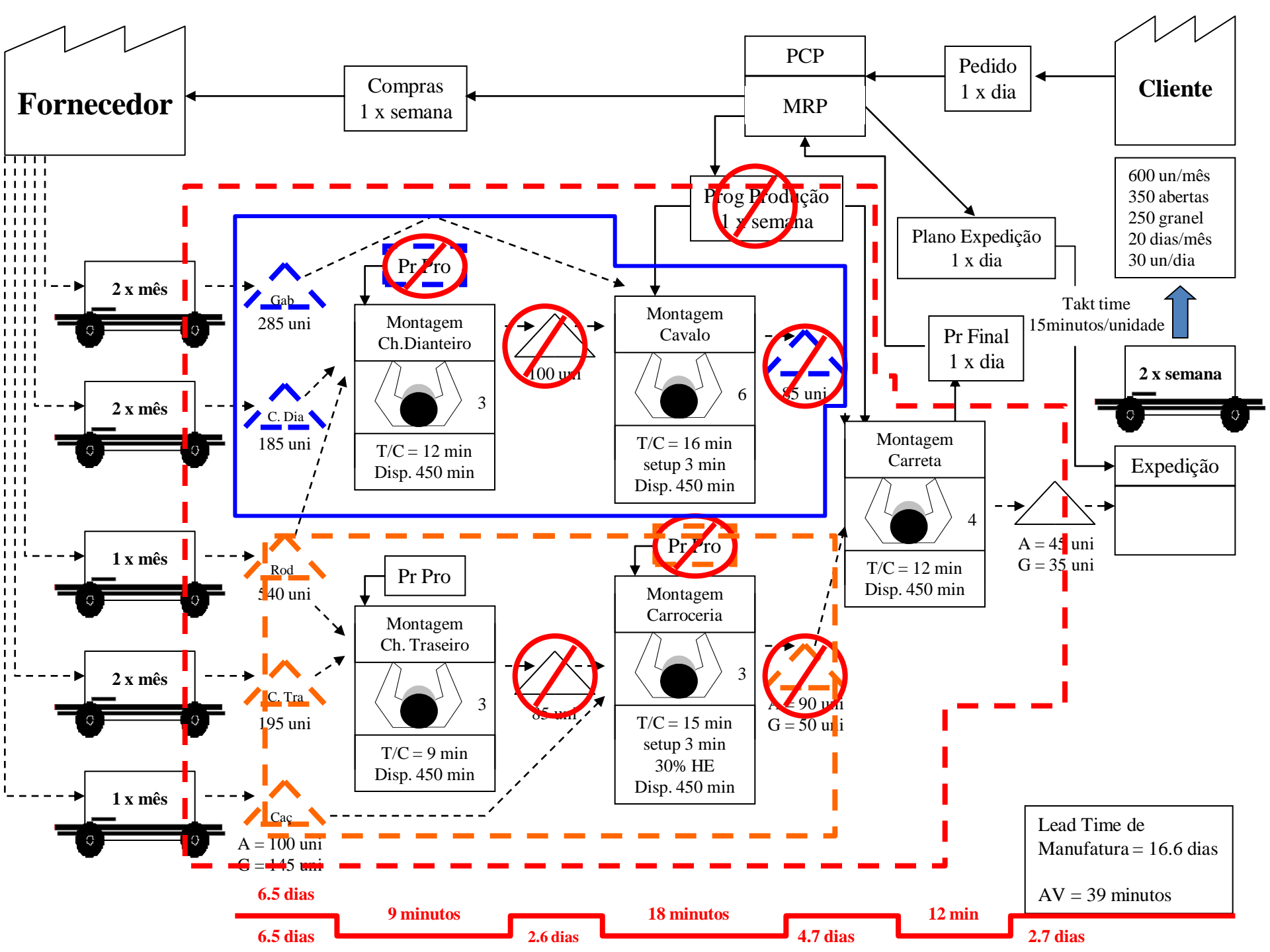
- Quais os desperdícios óbvios na Situação Atual?

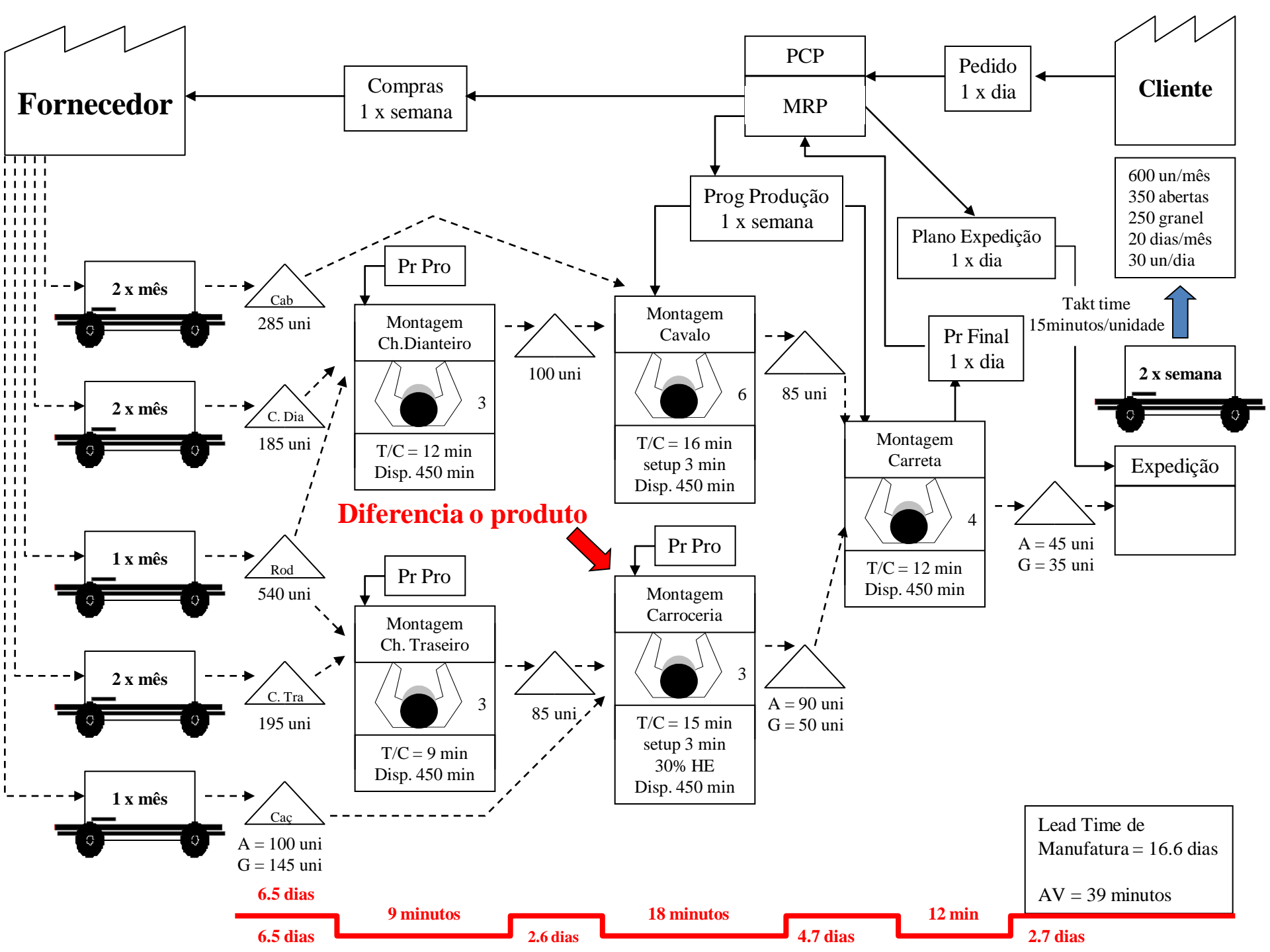


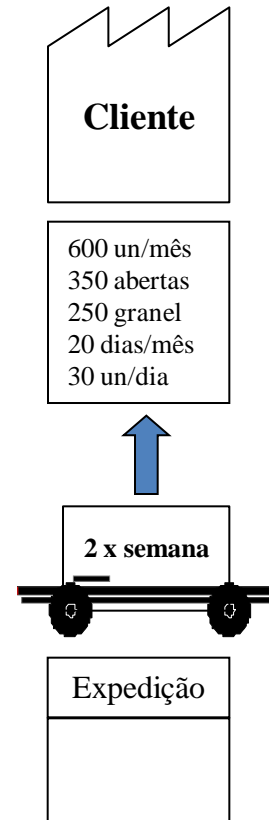
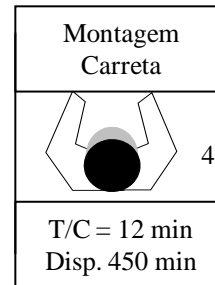
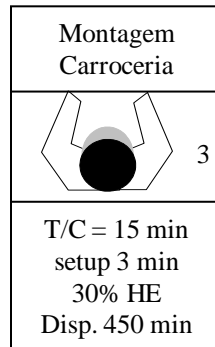
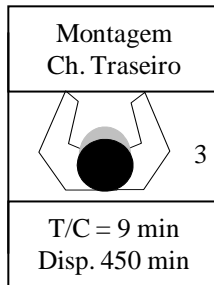
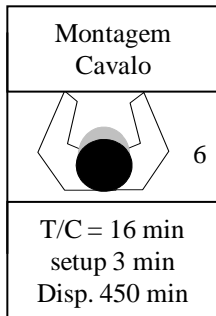
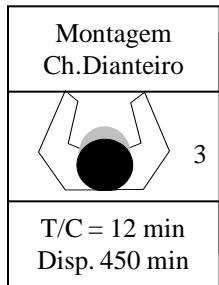


# Fluxo Contínuo

- Onde pode-se ter fluxo contínuo na produção das carretas?



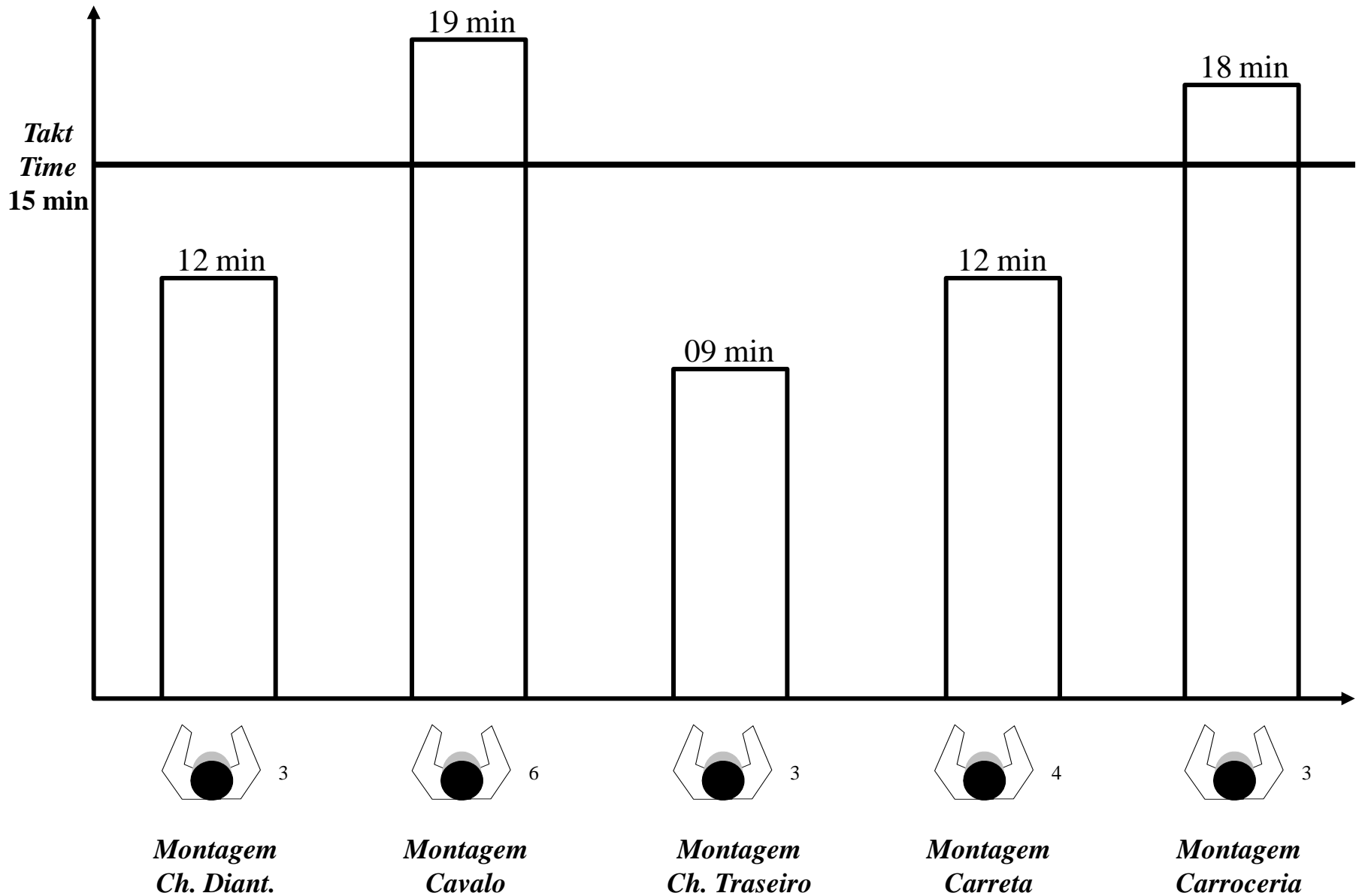


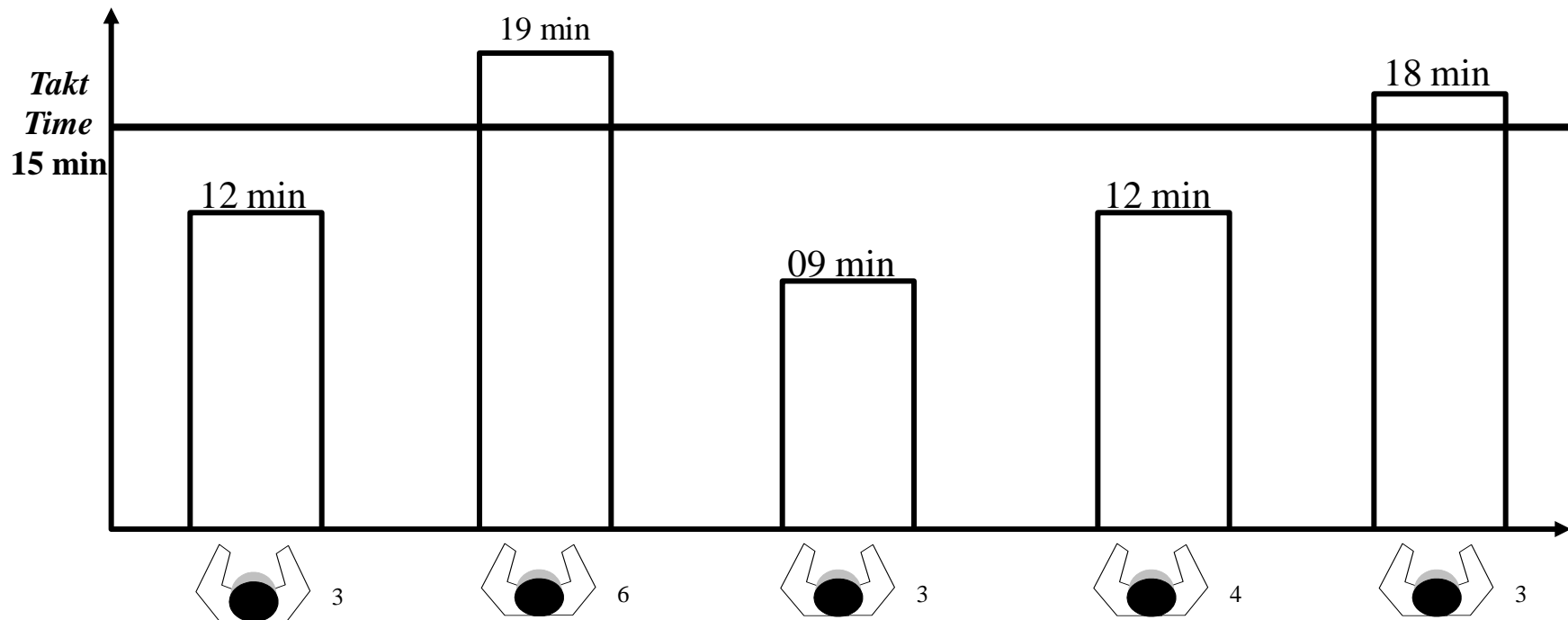


# Balanceamento

- Qual a quantidade de recursos necessária?

O tempo tem relações com diferentes dimensões de competitividade sob o ângulo da produção, destacando-se os vínculos com a flexibilidade





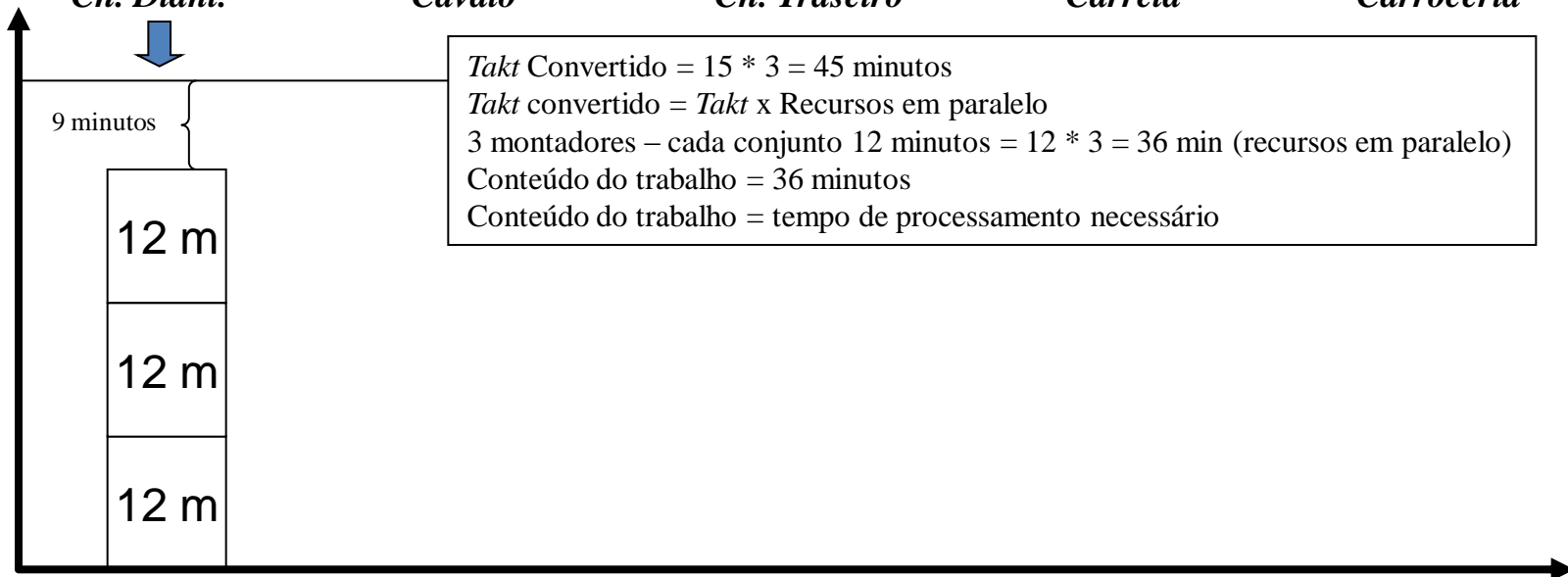
**Montagem  
Ch. Dianteira**

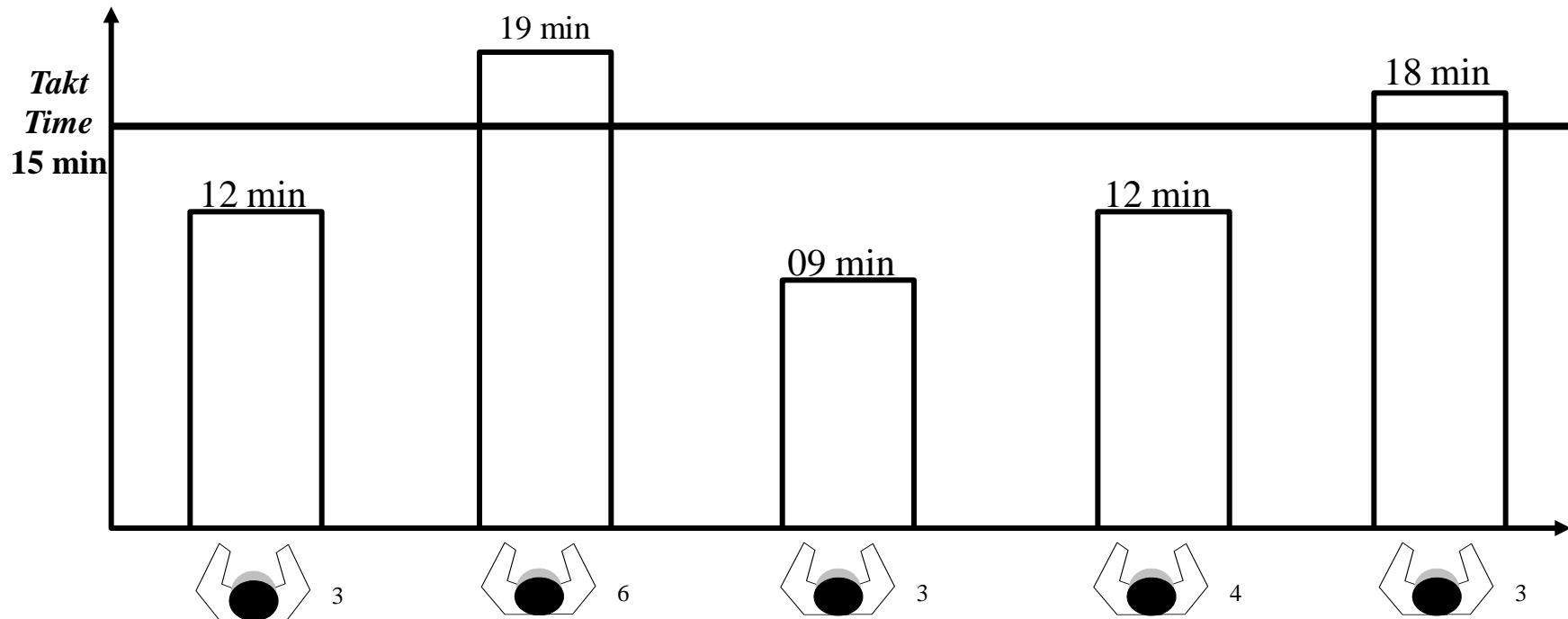
**Montagem  
Cavalo**

**Montagem  
Ch. Traseira**

**Montagem  
Carreta**

**Montagem  
Carroceria**





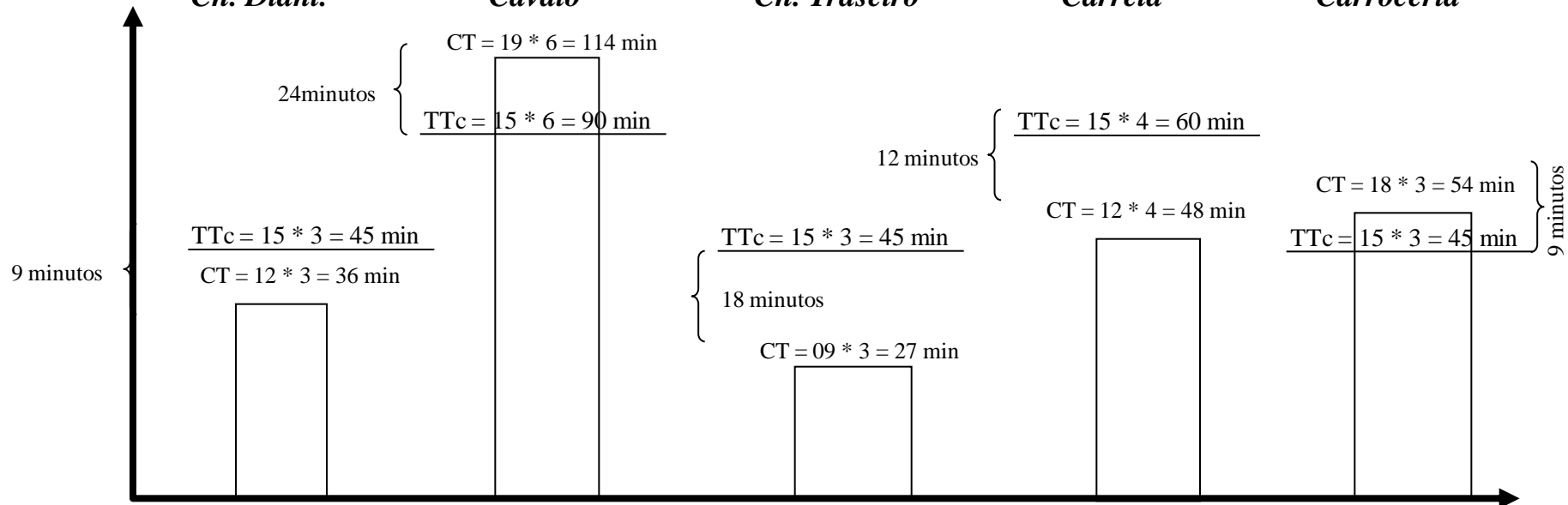
**Montagem  
Ch. Diante**

**Montagem  
Cavalo**

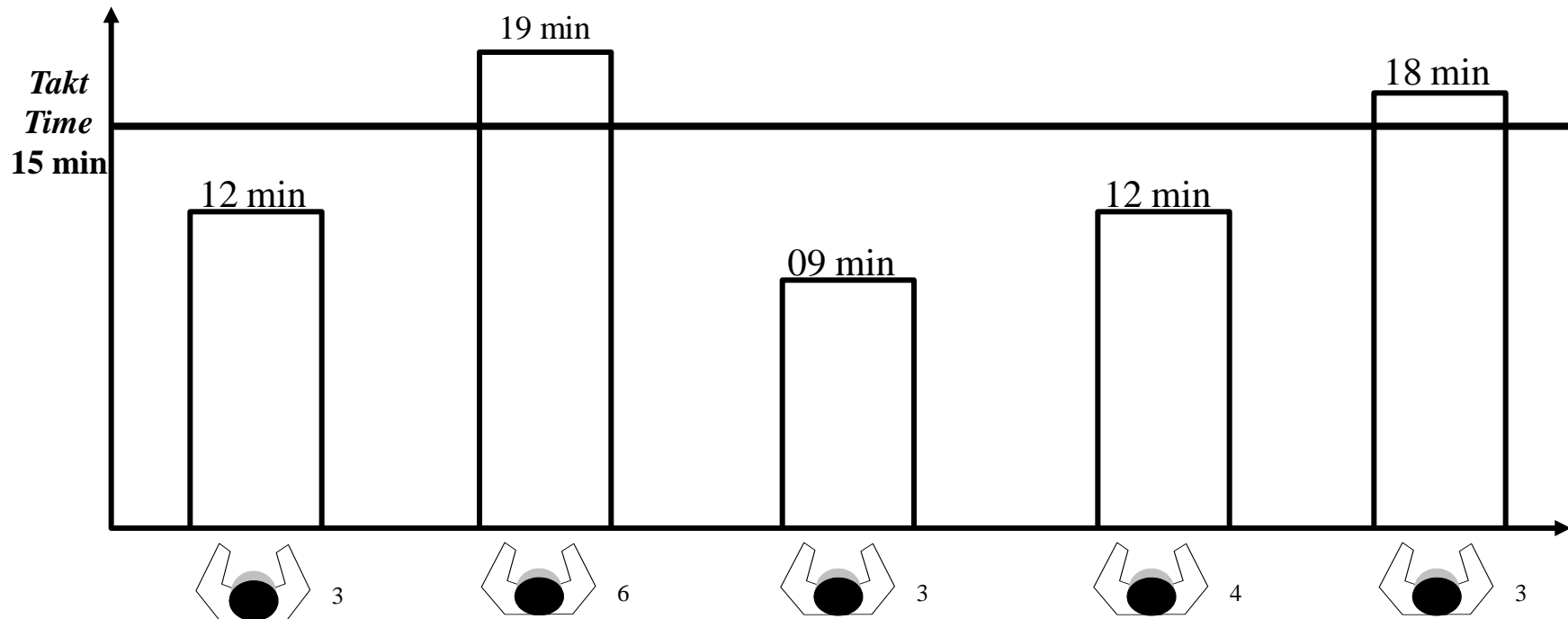
**Montagem  
Ch. Traseiro**

**Montagem  
Carreta**

**Montagem  
Carroceria**







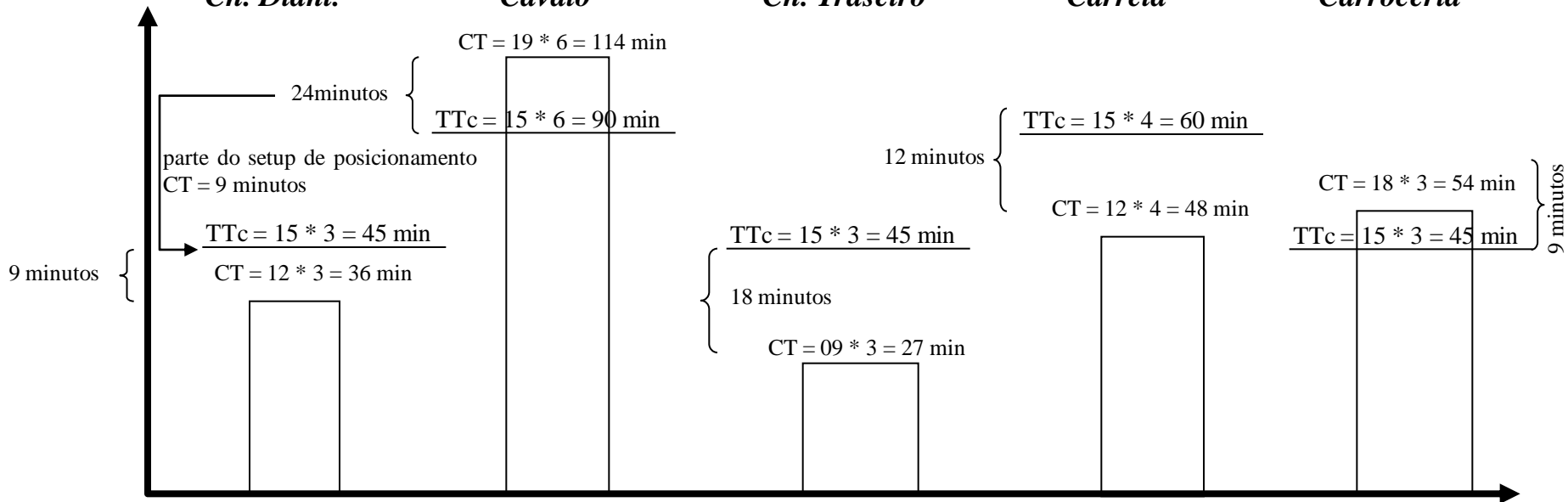
**Montagem  
Ch. Diant.**

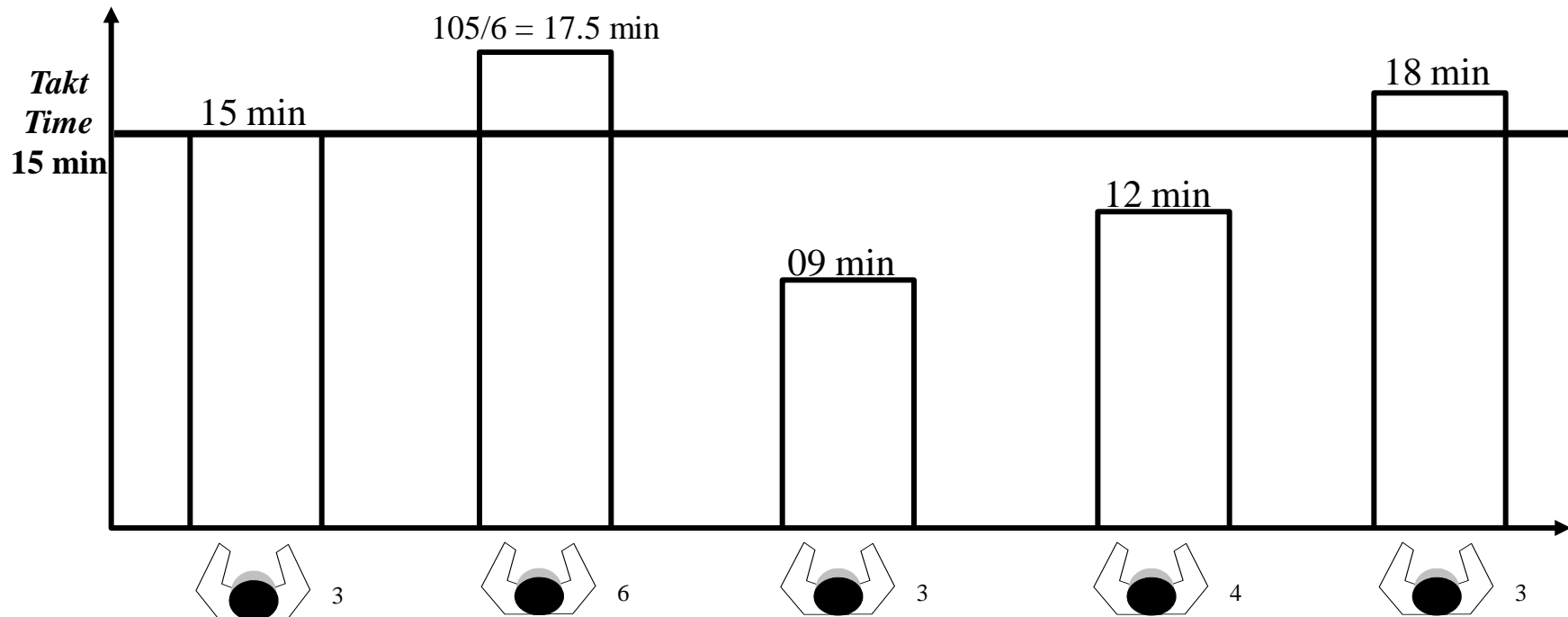
**Montagem  
Cavalo**

**Montagem  
Ch. Traseiro**

**Montagem  
Carreta**

**Montagem  
Carroceria**





**Montagem Ch. Diant.**

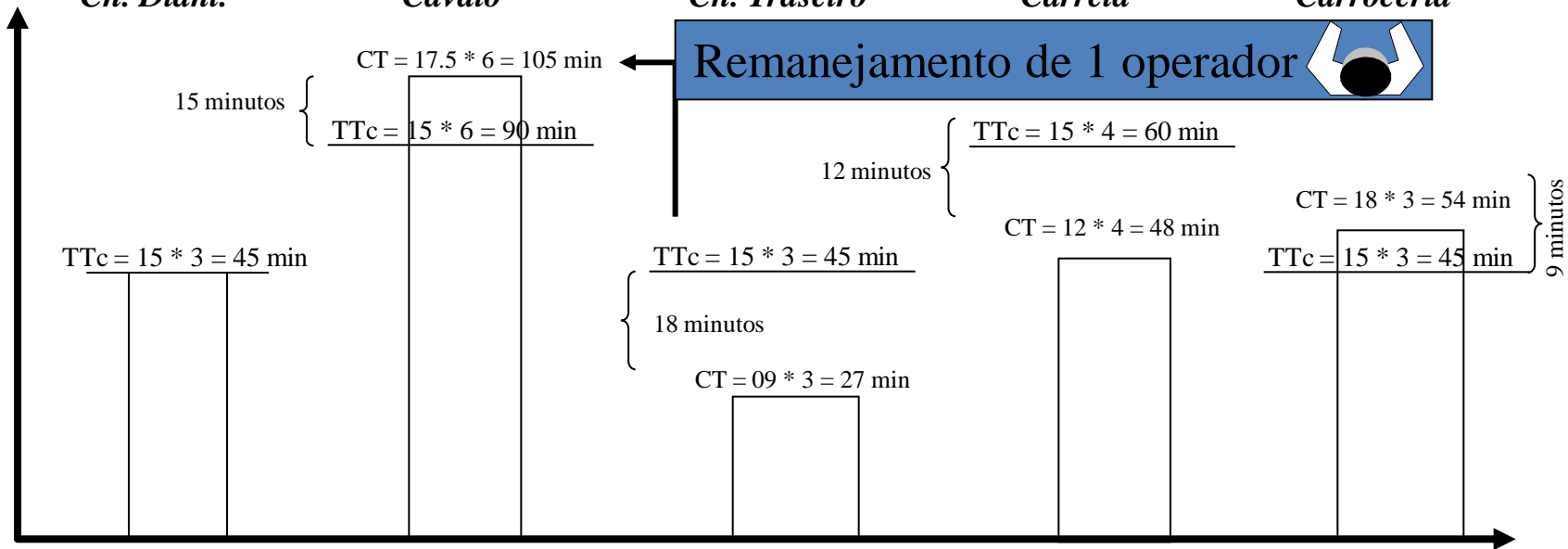
**Montagem Cavalo**

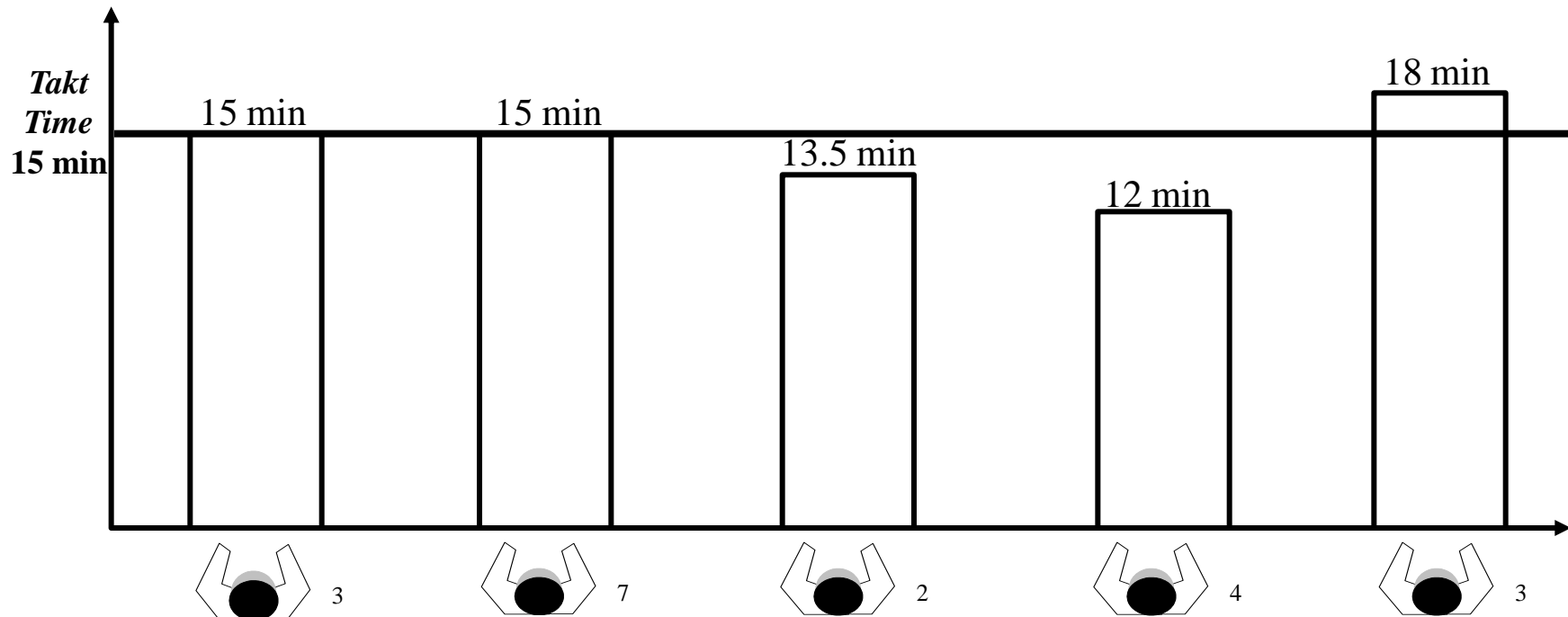
**Montagem Ch. Traseiro**

**Montagem Carreta**

**Montagem Carroceria**

**Remanejamento de 1 operador** 





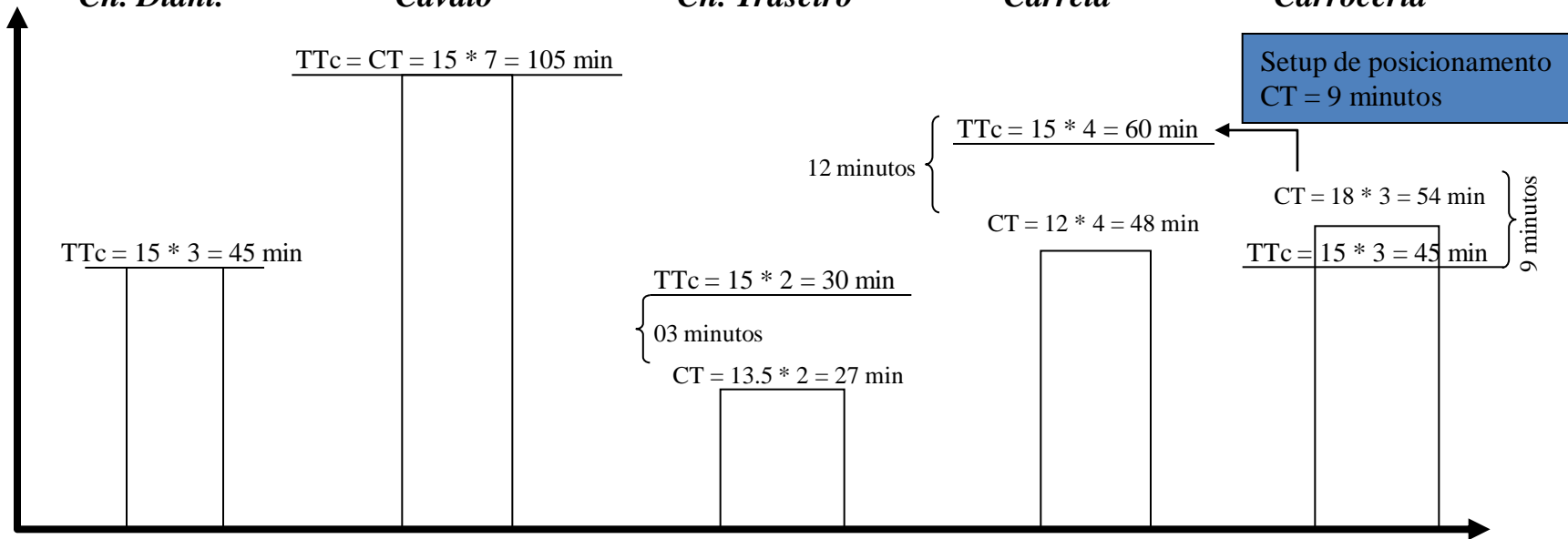
**Montagem  
Ch. Dianteira**

**Montagem  
Cavalo**

**Montagem  
Ch. Traseiro**

**Montagem  
Carreta**

**Montagem  
Carroceria**



Taxa de entrada ou de abastecimento da linha =  $\frac{\text{tempo disponível (jornada de um dia)}}{\text{Quantidade programada para o período}} = \frac{450}{43} = 10.465$  (demais processos)

Quantidade programada para o período 43

Taxa de entrada ou de abastecimento da linha =  $\frac{\text{tempo disponível (jornada de um dia)}}{\text{Quantidade programada para o período}} = \frac{570}{25} = 22.724$  (Carroceria Aberta – 58.33%)

Quantidade programada para o período 25

Taxa de entrada ou de abastecimento da linha =  $\frac{\text{tempo disponível (jornada de um dia)}}{\text{Quantidade programada para o período}} = \frac{570}{18} = 31.67$  (Carroceria Graneleiro – 41.67%)

Quantidade programada para o período 18

