

(DBR) Drum-Buffer-Rope
(TPC) Tambor-Pulmão-Corda
**OPT (Optimum Production
Technology)**
TOC (Theory Of Constraints)

Fordismo é mais do que uma linha de montagem. Trata-se do modelo de complexo industrial que detêm o *know-how* e os meios de produção da matéria prima a distribuição do produto. Atualmente, com a globalização, partimos para a fragmentação total do processo produtivo.

Função Processo – acompanhamento dos objetos do trabalho (materiais) ao longo do tempo e do espaço; diz respeito ao fluxo de materiais.

Função Operação – acompanhamento dos sujeitos do trabalho (homens, máquinas, equipamentos etc.) ao longo do tempo e do espaço.

O padrão de competitividade mundial alterou o modo no qual um produto é fabricado, assim como o tipo de produção. A indústria atualmente está focada na produção de produtos customizados, mais do que produzir produtos em larga escala.

VIANA, D. S.; PULINI, I. C. and MARTINS, C. B. Using Multiobjective Genetic Algorithm and Multicriteria Analysis for the Production Scheduling of a Brazilian Garmet Company. Intech open science. Chapter 1. 2013.

Gestão da Responsividade
Responsividade da Cadeia de Suprimentos
Fornecedor, Produção, Expedição e Distribuição

Gestão do Conhecimento – *Know-how* – expertise
Conhecimento = Experiência + Treinamento
Conhecimento gera as habilidades e competências necessárias



Enterprise Resource Planning – ERP + APS Advanced Planning System
a empresa deve estar apoiada entre outras tecnologias na tecnologia da informação & Simulação

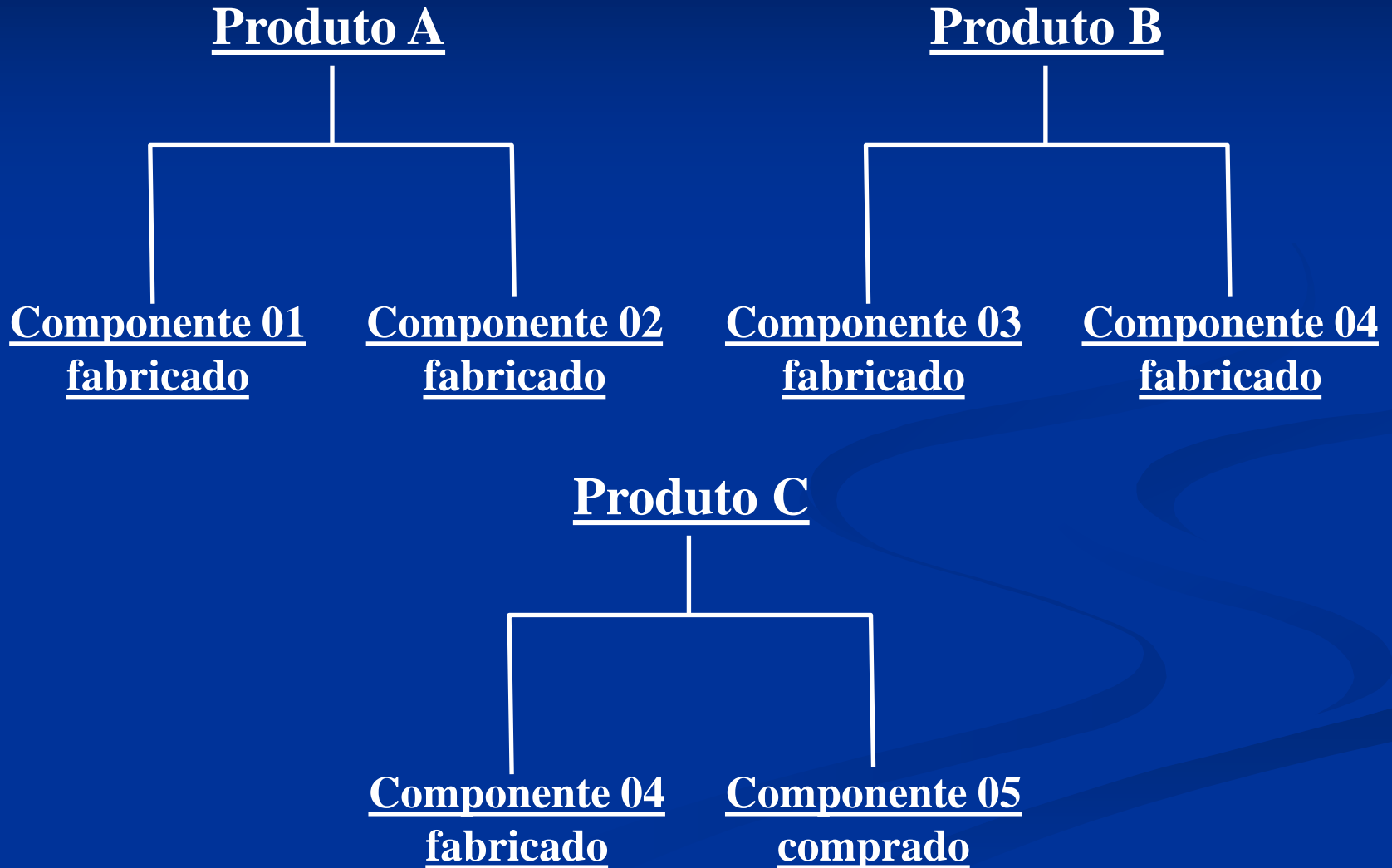
Fonte: Adaptado de AZZOLINI (2004)

OPT – Optimized Production Technology
TOC – Theory of Constrains

Estrutura de Materiais

Bill of Materials

Estrutura de Materiais

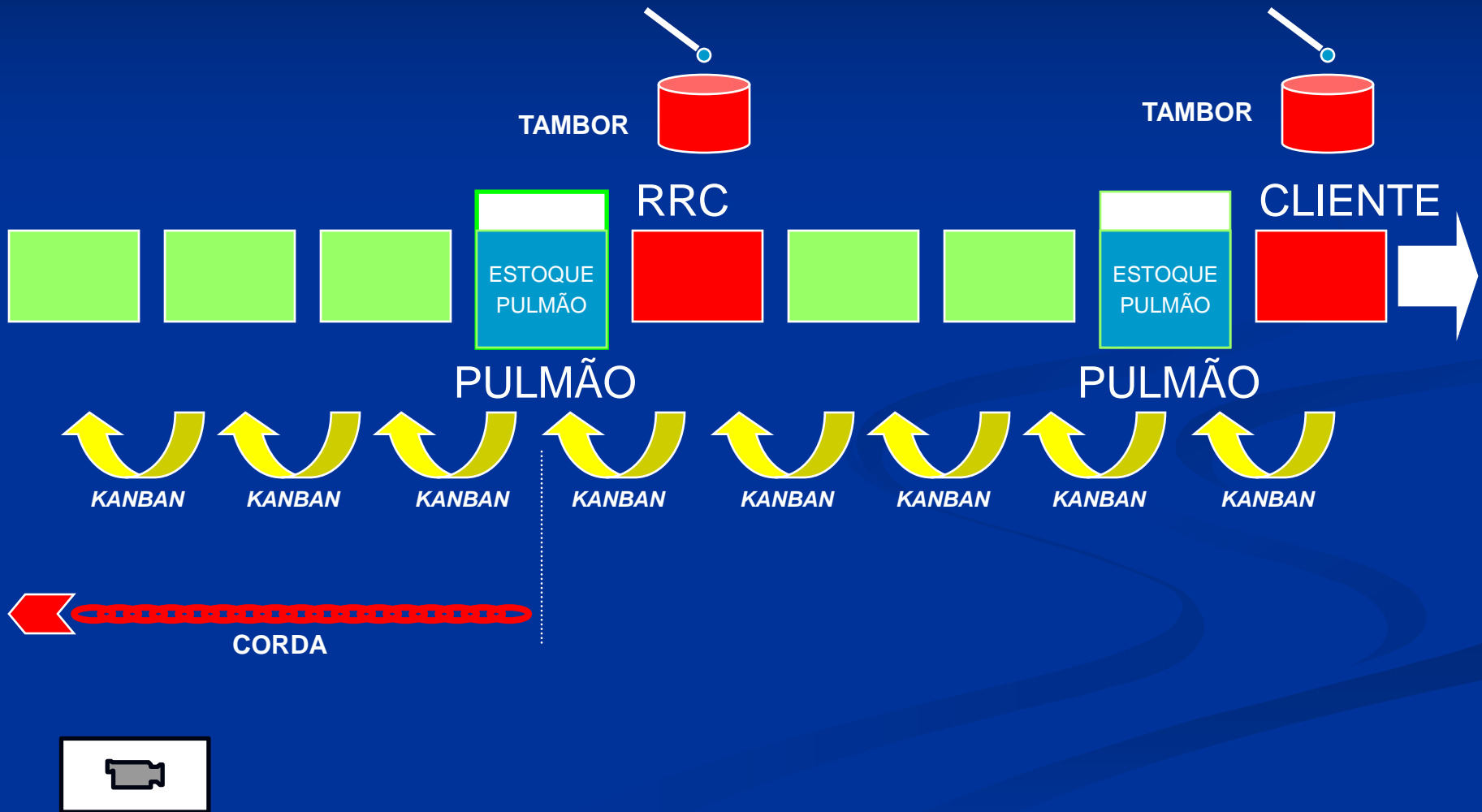


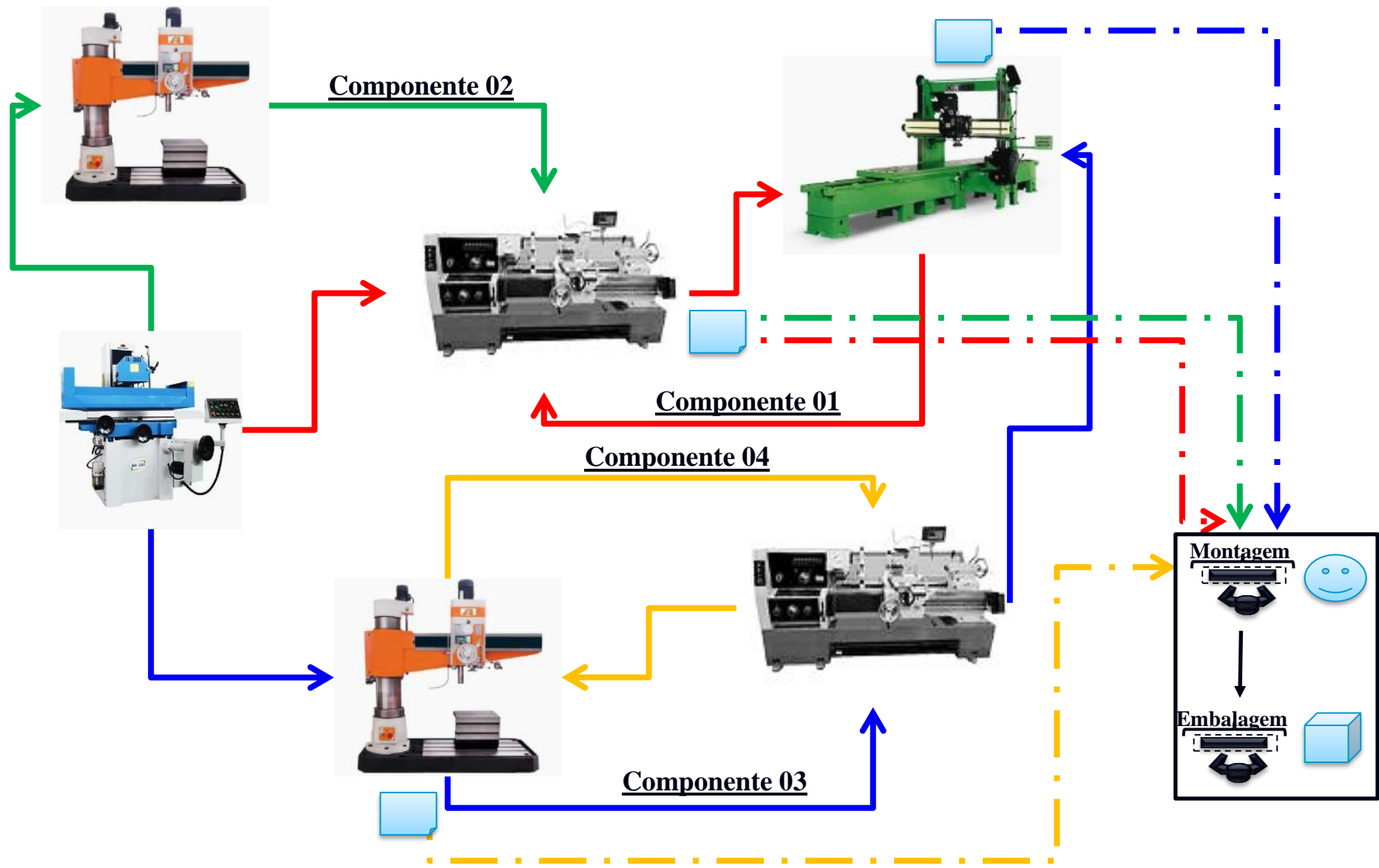
Layout

Fluxo de Produção

1^a condição com 1 mandrilhadora

PULMÃO-CORDA-TAMBOR





Exemplo

Três produtos:

Produto	Preço de Venda	Demanda prevista	Faturamento previsto
A	40	350	14.000
B	50	200	10.000
C	40	100	4.000
Faturamento Total Previsto			28.000

Weely expenses (custo operacional) = 11.000








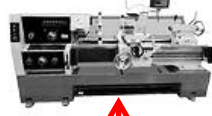




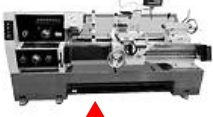







Weeks = 1

Days = 5

Hours / day = 8 hours

Roteiro de Fabricação

Formato de Fluxo

Produtos ⇒ 3 tipos	Preço 40 Demanda ≈ 350		Preço 50 Demanda ≈ 200		Preço 40 Demanda ≈ 100	Máquina	Número de máquinas disponíveis
Linha 9 WP	Embalagem  t. p. = 3		Embalagem  t. p. = 12		Embalagem  t. p. = 2	Fresa	1
Linha 8	↑		↑		↑	Furadeira	2
Linha 7	<i>Consolidação do Kit – Prod. A</i>		<i>Consolidação do Kit – Prod. B</i>		<i>Consolidação do Kit – Prod. C</i>	Torno	2
Linha 6 WP	Montagem  t. p. = 2		Montagem  t. p. = 3		Montagem  t. p. = 4	Mandrilhadora	1
Linha 5	↑	↑	↑	↑	↑	Montagem	1
Linha 4 WP	 Torno t. p. = 1	 Torno t. p. = 2	 Mandrilhadora t. p. = 4	 Furadeira t. p. = 4		Embalagem	1
Linha 3 WP	 Mandrilhadora t. p. = 7		 Torno t. p. = 3				
Linha 2 WP	 Torno t. p. = 1	 Furadeira t. p. = 1	 Furadeira t. p. = 3	 Torno t. p. = 6			
Linha 1 WP	 Fresa t. p. = 2	 Fresa t. p. = 2	 Fresa t. p. = 2	 Furadeira t. p. = 1			
Raw Materials coluna	5 A	9 B	7 C	8 D	----- E	Comp. 05	10 F

Roteiro de Fabricação

Formato de Tabela

Componente 01

Operação	Máquina	Máquinas disponíveis	Tempo de processo	Setup
10	Fresa	1	2	20
20	Torno	2	1	10
30	Mandrilhadora	1	7	-----
40	Torno	2	1	10

Componente 02

Operação	Máquina	Máquinas disponíveis	Tempo de processo	Setup
10	Fresa	1	2	20
20	Furadeira	2	1	30
30	Torno	2	2	10

Componente 03

Operação	Máquina	Máquinas disponíveis	Tempo de processo	Setup
10	Fresa	1	2	20
20	Furadeira	2	3	30
30	Torno	2	3	10
40	Mandrilhadora	1	4	-----

Componente 04

Operação	Máquina	Máquinas disponíveis	Tempo de processo	Setup
10	Furadeira	2	1	30
20	Torno	2	6	10
30	Furadeira	2	4	30

Análise dos resultados

Recurso Gargalo

Descrição do Item	Fresa (x1)		Torno (x2)		Mandrilhadora (x1)		Furadeira (x2)		Montagem (x1)		Embalagem (x1)	
	Tempo de processo		Tempo de processo		Tempo de processo		Tempo de processo		Tempo de processo		Tempo de processo	
Componente 01	2 x 350	700	(1+1) x 350	700	7 x 350	2.450	-----	----	---	----	----	----
Componente 02	2 x 350	700	2 x 350	700	-----	-----	1 x 350	350	---	----	----	----
Componente 03	2 x 200	400	(3) x 200	600	4 x 200	800	3 x 200	600	---	----	----	----
Componente 04	-----	---	[(6) x 200] + [(6) x 100]	1.800	-----	-----	(1+4) x (200+100)	1.500	---	----	----	----
Componente 05	-----	---	-----	---	-----	-----	-----	----	---	----	----	----
Produto A	-----	---	-----	---	-----	-----	-----	----	(2) x 350	700	(3) x 350	1.050
Produto B	-----	---	-----	---	-----	-----	-----	----	(3) x 200	600	(2) x 200	400
Produto C	-----	---	-----	---	-----	-----	-----	----	(4) x 100	400	(2) x 100	200
Total em minutos	1.800		3.800		3.250		2.450		1.700		1.650	
Disp. / dia	8 horas / dia		8 horas / dia		8 horas / dia		8 horas / dia		8 horas / dia		8 horas / dia	
Eficiência	75%		75%		75%		75%		75%		75%	
Cálculo	(8*60*5)*0,75		[(8*60*5)*0,75]*2		(8*60*5)*0,75		[(8*60*5)*0,75]*2		(8*60*5)*0,75		(8*60*5)*0,75	
Capacidade em minutos	1.800		3.600		1.800		3.600		1.800		1.800	
Recursos com restrição	-----		3.600 – 3.800		1.800 – 3.250		-----		-----		-----	
Restrição	-----		- 200 minutos		- 1.450 minutos		-----		-----		-----	

Produtos ⇒	A	B	C	Resultados
Preço de Venda	R\$ 40	R\$ 50	R\$ 40	➤ B
<i>Raw Materials</i>	R\$ 14	R\$ 15	R\$ 28	➤ C
Margem	R\$ 26	R\$ 35	R\$ 12	➤ B
Fresa	(2+2)*350 = 1.400 minutos	(2)*200 = 400 minutos	-----	1.800 min.
Montagem	(2)*350 = 700 minutos	(3)*200 = 600 minutos	(4)*100 = 400 minutos	1.700 min.
Torno	(1+1+2)*350 = 1.400 minutos	(3+6)*200 = 1.800 minutos	(6)*100 = 600 minutos	3.800 min.
Mandrilhadora	(7)*350 = 2.450 minutos	(4)*200 = 800 minutos	-----	3.250 min.
Embalagem	(3)*350 = 1.050 minutos	(2)*200 = 400 minutos	(2)*100 = 200 minutos	1.650 min.
Furadeira	(1)*350 = 350 minutos	(3+4+1)*200 = 1.600 minutos	(4+1)*100 = 500 minutos	2.450 min.
Tempo por unidade no gargalo	4 minutos	9 minutos	6 minutos	
Contribuição por minuto utilizado na restrição	R\$ 26 / 4 = R\$ 6,50	R\$ 35 / 9 = R\$ 3,89	R\$ 12 / 6 = R\$ 2,00	
Produção do mix A, B e C				
NP (Net profit – lucro líquido) = T – DO (Throughput – Despesas Operacionais)	((R\$ 26 * 350) + (R\$ 35 * 200) + (R\$ 12,00 * 100)) – R\$ 11000 = R\$ 17300,00 – R\$ 11000,00 = R\$ 6300,00			
Produção do mix A e B (dos 600 minutos do produto C 200 minutos ajuste de capacidade e 400 minutos utilizados para produzir 100 produtos a mais do produto A)				
NP (Net profit) = T – DO (Throughput (taxa de saída) – Despesas Operacionais)	((R\$ 26 * 450) + (R\$ 35 * 200)) – R\$ 11000 = R\$ 18700,00 – R\$ 11000,00 = R\$ 7700,00			

Alteração da demanda do produto A

Fórmulas e Cálculos Preliminares

$$\text{Margem de Contribuição por minuto} = \text{Demanda} \times \frac{\text{Margem de Contribuição}}{\text{Tempo total de processamento da demanda}}$$

$$\left[\begin{array}{l} R\$ 6,50 = \text{Demanda} \times \frac{R\$ 26,00}{1400} \\ R\$ 3,89 = \text{Demanda} \times \frac{R\$ 35,00}{1800} \\ R\$ 2,00 = \text{Demanda} \times \frac{R\$ 12,00}{600} \end{array} \right] \Rightarrow \left[\begin{array}{l} R\$ 6,50 = \text{Demanda} \times 0,018571429 \\ R\$ 3,89 = \text{Demanda} \times 0,01944 \\ R\$ 2,00 = \text{Demanda} \times 0,02 \end{array} \right]$$

Margem de Contribuição = Preço de Venda – Preço de Compra da Matéria Prima

Produto A $\Rightarrow R\$ 40,00 - R\$ 14,00 = R\$ 26,00$

Produto B $\Rightarrow R\$ 50,00 - R\$ 15,00 = R\$ 35,00$

Produto C $\Rightarrow R\$ 40,00 - R\$ 28,00 = R\$ 12,00$

$$\text{Margem de Contribuição por minuto} = \frac{\text{Margem de Contribuição}}{\text{tempo total de processamento por unid.}}$$

Produto A $\Rightarrow R\$ 26,00 / 4 = R\$ 6,50$

Produto B $\Rightarrow R\$ 35,00 / 9 = R\$ 3,89$

Produto C $\Rightarrow R\$ 12,00 / 6 = R\$ 2,00$


Processo gargalo

Produtos ⇒	A	B	C
t_{pi} (tempo de processamento por unidade) No Recurso Gargalo (Torno)	4	9	6
Demanda	350	200	100
t_{pT} (tempo de processamento total)	1400 min.	1800 min.	600 min.
C_p (contribuição do produto)	R\$ 26,00	R\$ 35,00	R\$ 12,00
C_p / t_{pi}	26 / 4 = R\$ 6,5	35 / 9 = R\$ 3,89	12 / 6 = R\$ 2,0



$$(1) \quad \frac{C_p}{t_{pi}} = C_p \times \frac{D}{t_{pt}}$$

$$(2) \quad \frac{C_p}{\frac{t_{pi}}{D}} = \frac{C_p}{t_{pt}}$$

$$(3) \quad \frac{C_p}{\frac{t_{pi}}{D \downarrow}} = \frac{C_p}{t_{pi} \times D \downarrow}$$

Aumento da margem do produto por minuto
(intervalo de consumo)

Demanda	Produtos					
	Produto A		Produto B		Produto C	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
0	0	0	0	0	0	0
20	0,325	0,325	0,194444444	0,194444444	0,1	0,1
40	0,1625	0,1625	0,097222222	0,097222222	0,05	0,05
60	0,108333333	0,108333333	0,064814815	0,064814815	0,033333333	0,033333333
80	0,08125	0,08125	0,048611111	0,048611111	0,025	0,025
100	0,065	0,065	0,038888889	0,038888889	0,02	0,02
120	0,054166667	0,054166667	0,032407407	0,032407407	0,016666667	0,016666667
140	0,046428571	0,046428571	0,027777778	0,027777778	0,014285714	0,014285714
160	0,040625	0,040625	0,024305556	0,024305556	0,0125	0,0125
180	0,036111111	0,036111111	0,021604938	0,021604938	0,011111111	0,011111111
200	0,0325	0,0325	0,019444444	0,019444444	0,01	0,01
220	0,029545455	0,029545455	0,017676768	0,017676768	0,009090909	0,009090909
240	0,027083333	0,027083333	0,016203704	0,016203704	0,008333333	0,008333333
260	0,025	0,025	0,014957265	0,014957265	0,007692308	0,007692308
280	0,023214286	0,023214286	0,013888889	0,013888889	0,007142857	0,007142857
300	0,021666667	0,021666667	0,012962963	0,012962963	0,006666667	0,006666667
320	0,0203125	0,0203125	0,012152778	0,012152778	0,00625	0,00625
340	0,019117647	0,019117647	0,011437908	0,011437908	0,005882353	0,005882353
360	0,018055556	0,018055556	0,010802469	0,010802469	0,005555556	0,005555556
380	0,017105263	0,017105263	0,010233918	0,010233918	0,005263158	0,005263158
400	0,01625	0,01625	0,009722222	0,009722222	0,005	0,005
420	0,01547619	0,01547619	0,009259259	0,009259259	0,004761905	0,004761905
440	0,014772727	0,014772727	0,008838384	0,008838384	0,004545455	0,004545455
460	0,014130435	0,014130435	0,008454106	0,008454106	0,004347826	0,004347826
480	0,013541667	0,013541667	0,008101852	0,008101852	0,004166667	0,004166667
500	0,013	0,013	0,007777778	0,007777778	0,004	0,004

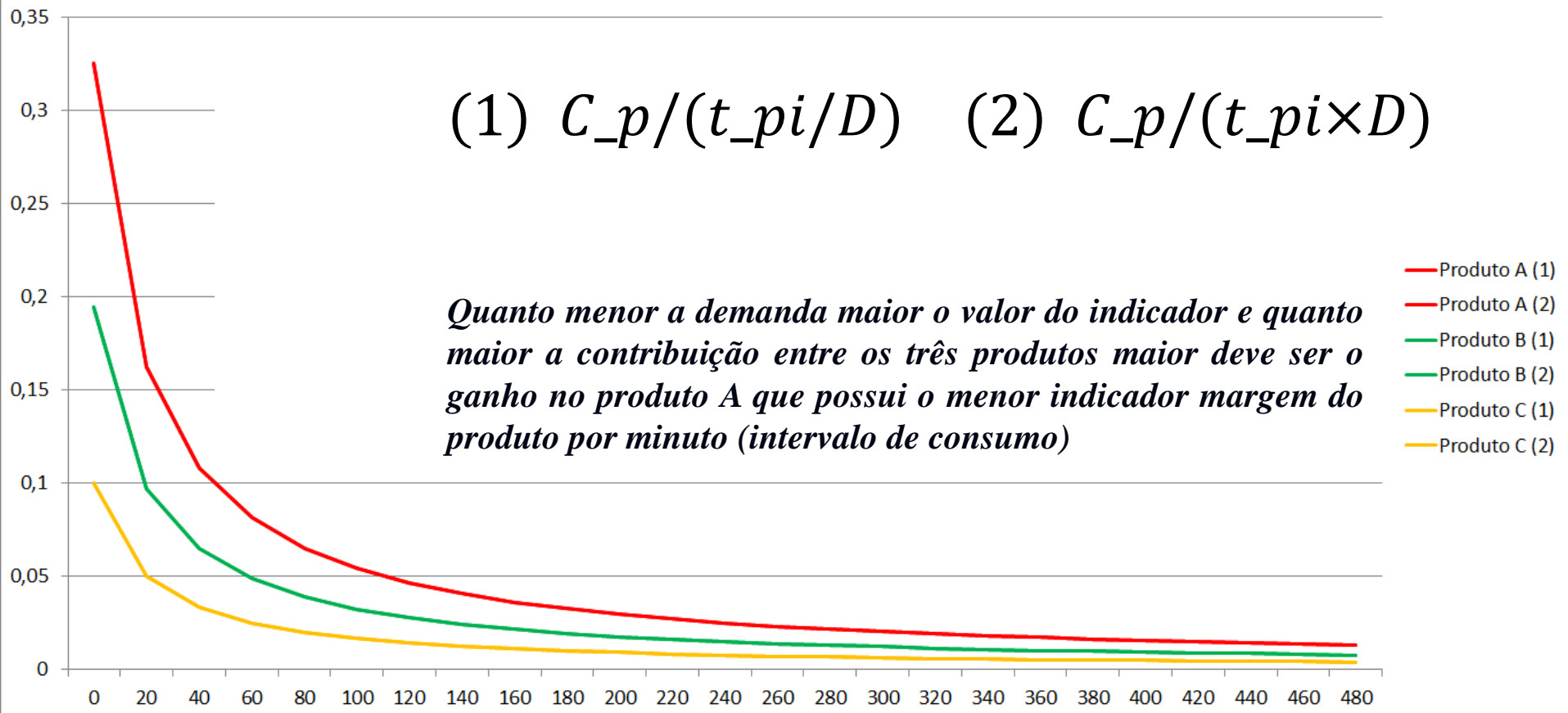
← Quanto maior o valor melhor

$$(1) \frac{C_p}{\frac{t_{pi}}{D}}$$

$$(2) \frac{C_p}{t_{pi} \times D}$$

$$(1) C_p / (t_{pi} / D) \quad (2) C_p / (t_{pi} \times D)$$

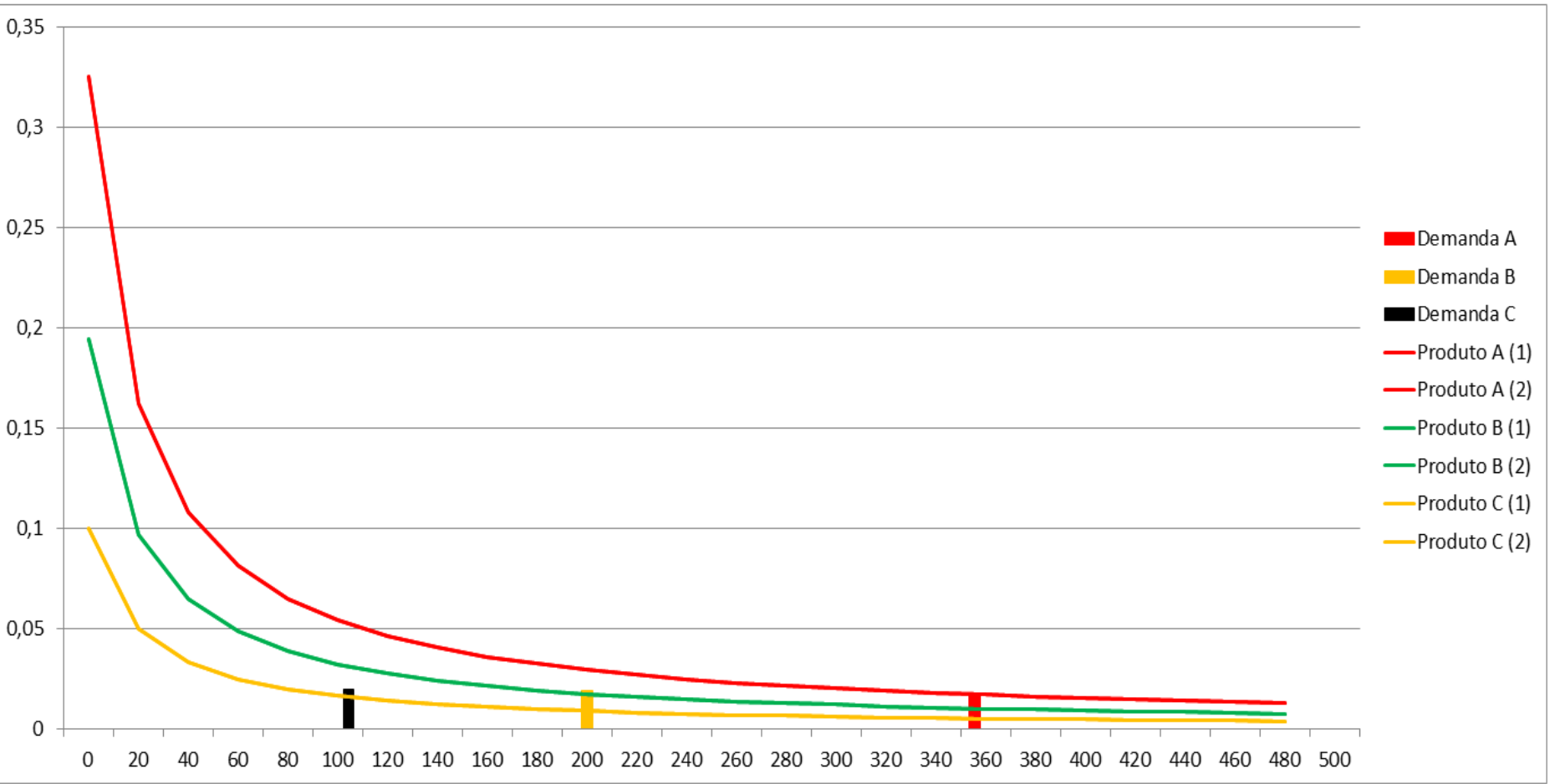
Quanto menor a demanda maior o valor do indicador e quanto maior a contribuição entre os três produtos maior deve ser o ganho no produto A que possui o menor indicador margem do produto por minuto (intervalo de consumo)



	Produto A	Produto B	Produto C
C_p	R\$ 26,00	R\$ 35,00	R\$ 12,00
T_{pi}	4 minutos	9 minutos	6 minutos
C_p / t_{pi}	$26 / 4 = \text{R\$ } 6,5$	$35 / 9 = \text{R\$ } 3,89$	$12 / 6 = \text{R\$ } 2,0$



Considerando as quantidades de 360 unidades para o produto A, 200 unidades para o produto B e 100 unidades para o produto C, e C_p e T_{pi} constantes sem alteração. O produto A se sobrepõe ao B que se sobrepõe ao C tanto graficamente quanto com relação as quantidades. Neste caso quanto maior o indicador pior, em função do resultado da relação entre as variáveis e a redução da demanda de acordo com o gráfico. Os gráficos seguintes ilustram o impacto nos resultados com a alteração da demanda e da contribuição.



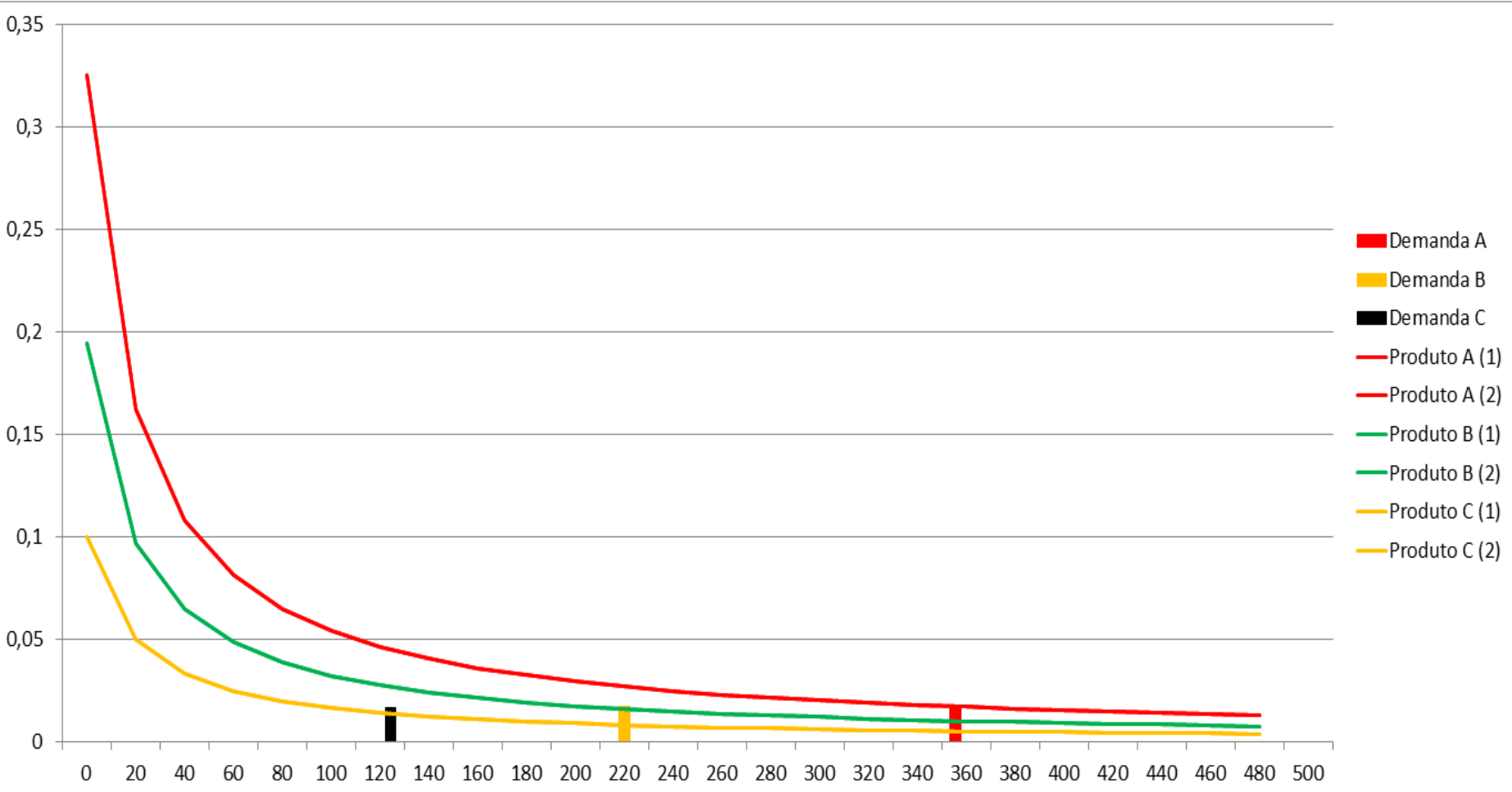
	Prod. A	Prod. B	Prod. C
C_p	0%	0%	0%
t. unit.	0%	0%	0%

Prod. A	Prod. B	Prod. C
0,01806	0,01944	0,02
360	200	100

Aumento de 10% na demanda de B e C

Sem alteração de C_p e T_p

Demanda	Produtos						Produto A	Produto B	Produto C
	Produto A		Produto B		Produto C				
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)			
0	0	0	0	0	0				
20	0,325	0,325	0,194444444	0,194444444	0,1	0,1			
40	0,1625	0,1625	0,097222222	0,097222222	0,05	0,05			
60	0,108333333	0,108333333	0,064814815	0,064814815	0,033333333	0,033333333			
80	0,08125	0,08125	0,048611111	0,048611111	0,025	0,025			
100	0,065	0,065	0,038888889	0,038888889	0,02	0,02			
120	0,054166667	0,054166667	0,032407407	0,032407407	0,016666667	0,016666667		0,01666667	
140	0,046428571	0,046428571	0,027777778	0,027777778	0,014285714	0,014285714			
160	0,040625	0,040625	0,024305556	0,024305556	0,0125	0,0125			
180	0,036111111	0,036111111	0,021604938	0,021604938	0,011111111	0,011111111			
200	0,0325	0,0325	0,019444444	0,019444444	0,01	0,01			
220	0,029545455	0,029545455	0,017676768	0,017676768	0,009090909	0,009090909	0,01767677		
240	0,027083333	0,027083333	0,016203704	0,016203704	0,008333333	0,008333333			
260	0,025	0,025	0,014957265	0,014957265	0,007692308	0,007692308			
280	0,023214286	0,023214286	0,013888889	0,013888889	0,007142857	0,007142857			
300	0,021666667	0,021666667	0,012962963	0,012962963	0,006666667	0,006666667			
320	0,0203125	0,0203125	0,012152778	0,012152778	0,00625	0,00625			
340	0,019117647	0,019117647	0,011437908	0,011437908	0,005882353	0,005882353			
360	0,018055556	0,018055556	0,010802469	0,010802469	0,005555556	0,005555556	0,01805556		
380	0,017105263	0,017105263	0,010233918	0,010233918	0,005263158	0,005263158			
400	0,01625	0,01625	0,009722222	0,009722222	0,005	0,005			
420	0,01547619	0,01547619	0,009259259	0,009259259	0,004761905	0,004761905			
440	0,014772727	0,014772727	0,008838384	0,008838384	0,004545455	0,004545455			
460	0,014130435	0,014130435	0,008454106	0,008454106	0,004347826	0,004347826			
480	0,013541667	0,013541667	0,008101852	0,008101852	0,004166667	0,004166667			
500	0,013	0,013	0,007777778	0,007777778	0,004	0,004			
Margem	R\$ 26,00	Margem	R\$ 35,00	Margem	R\$ 12,00				
Tempo unit.	4	Tempo unit.	9	Tempo unit.	6				



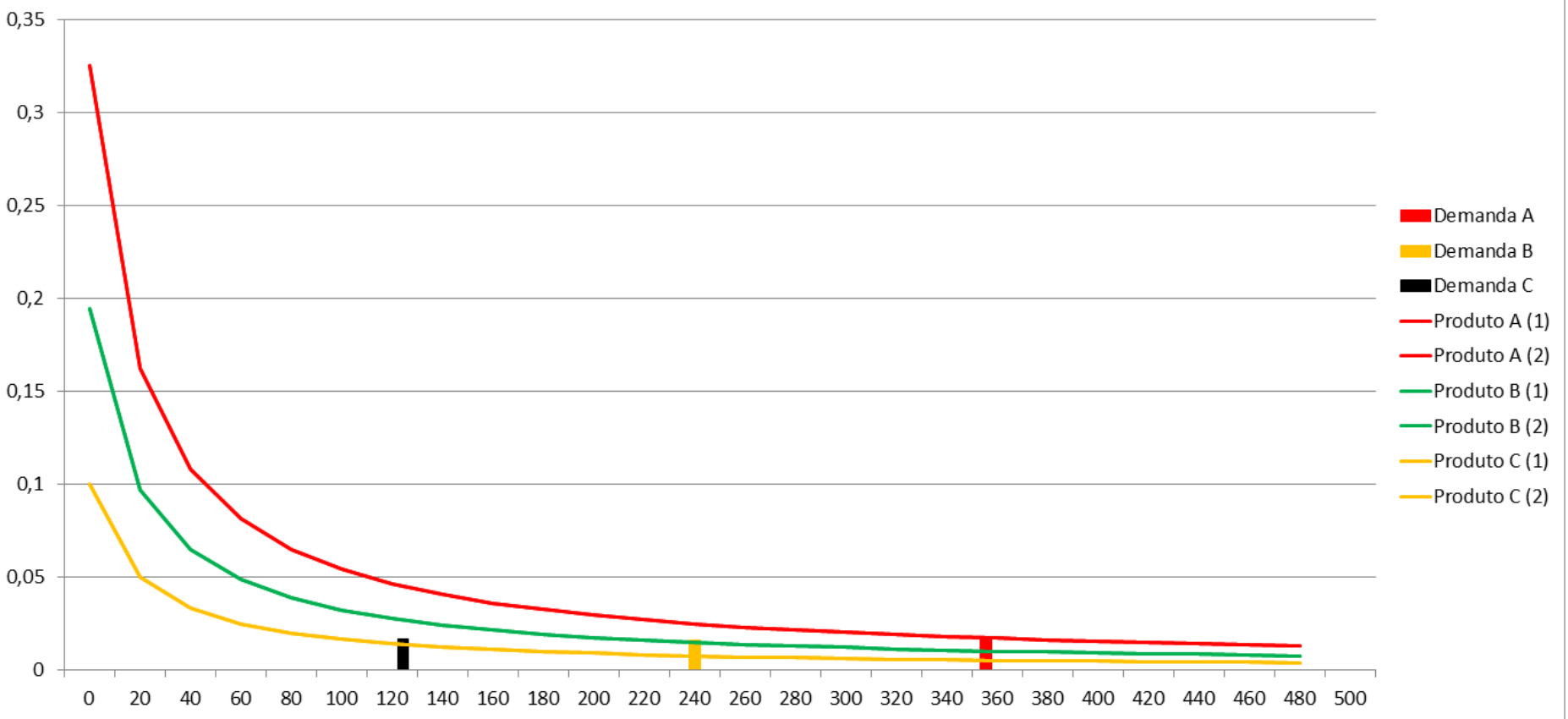
	Prod. A	Prod. B	Prod. C
Cp	0%	0%	0%
t. unit.	0%	0%	0%

Prod. A	Prod. B	Prod. C
0,01806	0,01768	0,01667
360	220	120

Aumento de 20% na demanda de B e C

Sem alteração de C_p e T_p

Demanda	Produtos						Produto A	Produto B	Produto C
	Produto A		Produto B		Produto C				
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)			
0	0	0	0	0	0				
20	0,325	0,325	0,194444444	0,194444444	0,1	0,1			
40	0,1625	0,1625	0,097222222	0,097222222	0,05	0,05			
60	0,108333333	0,108333333	0,064814815	0,064814815	0,033333333	0,033333333			
80	0,08125	0,08125	0,048611111	0,048611111	0,025	0,025			
100	0,065	0,065	0,038888889	0,038888889	0,02	0,02			
120	0,054166667	0,054166667	0,032407407	0,032407407	0,016666667	0,016666667		0,01666667	
140	0,046428571	0,046428571	0,027777778	0,027777778	0,014285714	0,014285714			
160	0,040625	0,040625	0,024305556	0,024305556	0,0125	0,0125			
180	0,036111111	0,036111111	0,021604938	0,021604938	0,011111111	0,011111111			
200	0,0325	0,0325	0,019444444	0,019444444	0,01	0,01			
220	0,029545455	0,029545455	0,017676768	0,017676768	0,009090909	0,009090909			
240	0,027083333	0,027083333	0,016203704	0,016203704	0,008333333	0,008333333	0,0162037		
260	0,025	0,025	0,014957265	0,014957265	0,007692308	0,007692308			
280	0,023214286	0,023214286	0,013888889	0,013888889	0,007142857	0,007142857			
300	0,021666667	0,021666667	0,012962963	0,012962963	0,006666667	0,006666667			
320	0,0203125	0,0203125	0,012152778	0,012152778	0,00625	0,00625			
340	0,019117647	0,019117647	0,011437908	0,011437908	0,005882353	0,005882353			
360	0,018055556	0,018055556	0,010802469	0,010802469	0,005555556	0,005555556	0,01805556		
380	0,017105263	0,017105263	0,010233918	0,010233918	0,005263158	0,005263158			
400	0,01625	0,01625	0,009722222	0,009722222	0,005	0,005			
420	0,01547619	0,01547619	0,009259259	0,009259259	0,004761905	0,004761905			
440	0,014772727	0,014772727	0,008838384	0,008838384	0,004545455	0,004545455			
460	0,014130435	0,014130435	0,008454106	0,008454106	0,004347826	0,004347826			
480	0,013541667	0,013541667	0,008101852	0,008101852	0,004166667	0,004166667			
500	0,013	0,013	0,007777778	0,007777778	0,004	0,004			
Margem	R\$ 26,00	Margem	R\$ 35,00	Margem	R\$ 12,00				
Tempo unit.	4	Tempo unit.	9	Tempo unit.	6				



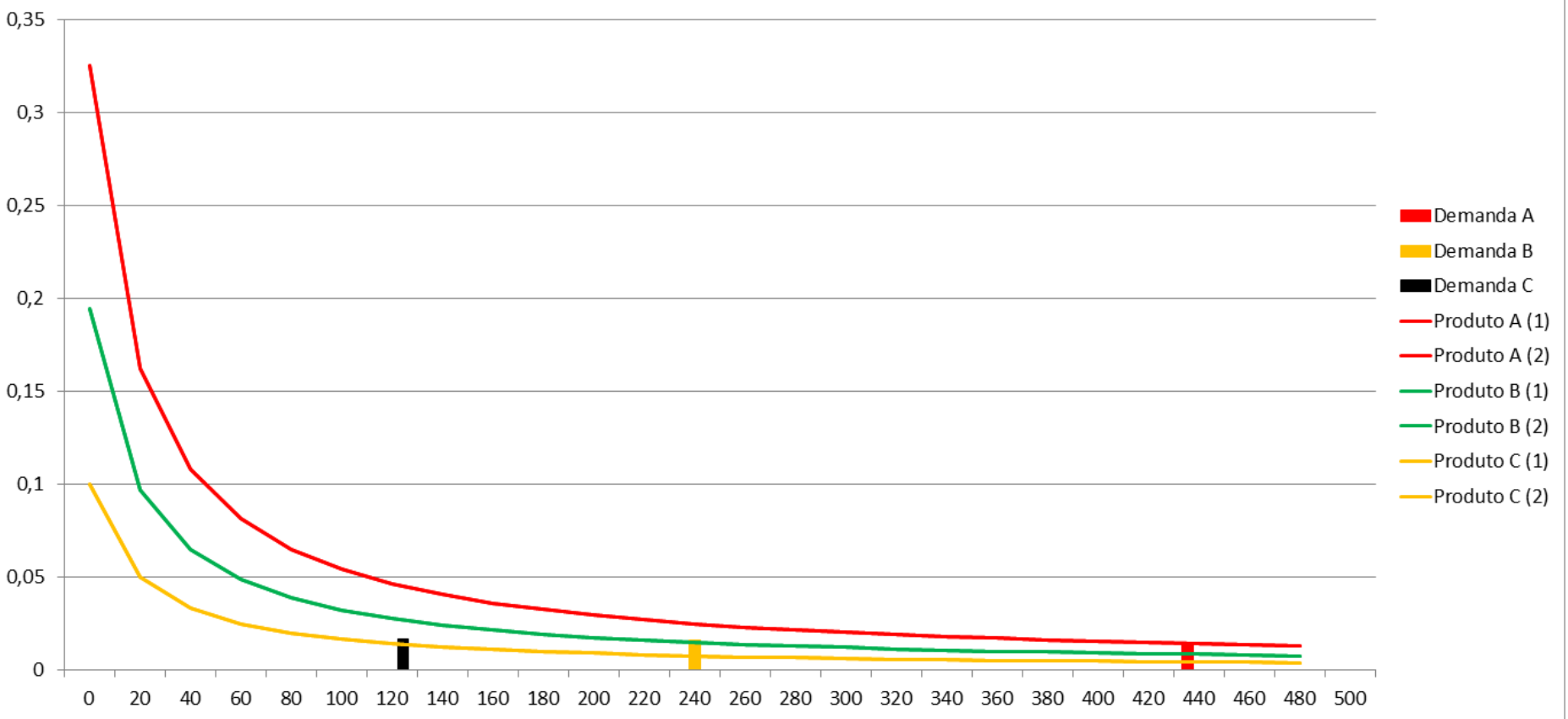
	Prod. A	Prod. B	Prod. C
Cp	0%	0%	0%
t. unit.	0%	0%	0%

Prod. A	Prod. B	Prod. C
0,01806	0,0162	0,01667
360	240	120

Aumento de 20% na demanda de A, B e C

Sem alteração de C_p e T_p

Demanda	Produtos						Produto A	Produto B	Produto C
	Produto A		Produto B		Produto C				
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)			
0	0	0	0	0	0				
20	0,325	0,325	0,194444444	0,194444444	0,1	0,1			
40	0,1625	0,1625	0,097222222	0,097222222	0,05	0,05			
60	0,108333333	0,108333333	0,064814815	0,064814815	0,033333333	0,033333333			
80	0,08125	0,08125	0,048611111	0,048611111	0,025	0,025			
100	0,065	0,065	0,038888889	0,038888889	0,02	0,02			
120	0,054166667	0,054166667	0,032407407	0,032407407	0,016666667	0,016666667		0,01666667	
140	0,046428571	0,046428571	0,027777778	0,027777778	0,014285714	0,014285714			
160	0,040625	0,040625	0,024305556	0,024305556	0,0125	0,0125			
180	0,036111111	0,036111111	0,021604938	0,021604938	0,011111111	0,011111111			
200	0,0325	0,0325	0,019444444	0,019444444	0,01	0,01			
220	0,029545455	0,029545455	0,017676768	0,017676768	0,009090909	0,009090909			
240	0,027083333	0,027083333	0,016203704	0,016203704	0,008333333	0,008333333	0,0162037		
260	0,025	0,025	0,014957265	0,014957265	0,007692308	0,007692308			
280	0,023214286	0,023214286	0,013888889	0,013888889	0,007142857	0,007142857			
300	0,021666667	0,021666667	0,012962963	0,012962963	0,006666667	0,006666667			
320	0,0203125	0,0203125	0,012152778	0,012152778	0,00625	0,00625			
340	0,019117647	0,019117647	0,011437908	0,011437908	0,005882353	0,005882353			
360	0,018055556	0,018055556	0,010802469	0,010802469	0,005555556	0,005555556			
380	0,017105263	0,017105263	0,010233918	0,010233918	0,005263158	0,005263158			
400	0,01625	0,01625	0,009722222	0,009722222	0,005	0,005			
420	0,01547619	0,01547619	0,009259259	0,009259259	0,004761905	0,004761905			
440	0,014772727	0,014772727	0,008838384	0,008838384	0,004545455	0,004545455	0,01477273		
460	0,014130435	0,014130435	0,008454106	0,008454106	0,004347826	0,004347826			
480	0,013541667	0,013541667	0,008101852	0,008101852	0,004166667	0,004166667			
500	0,013	0,013	0,007777778	0,007777778	0,004	0,004			
Margem	RS	26,00	Margem	RS	35,00	Margem	RS	12,00	
Tempo unit.		4	Tempo unit.		9	Tempo unit.		6	



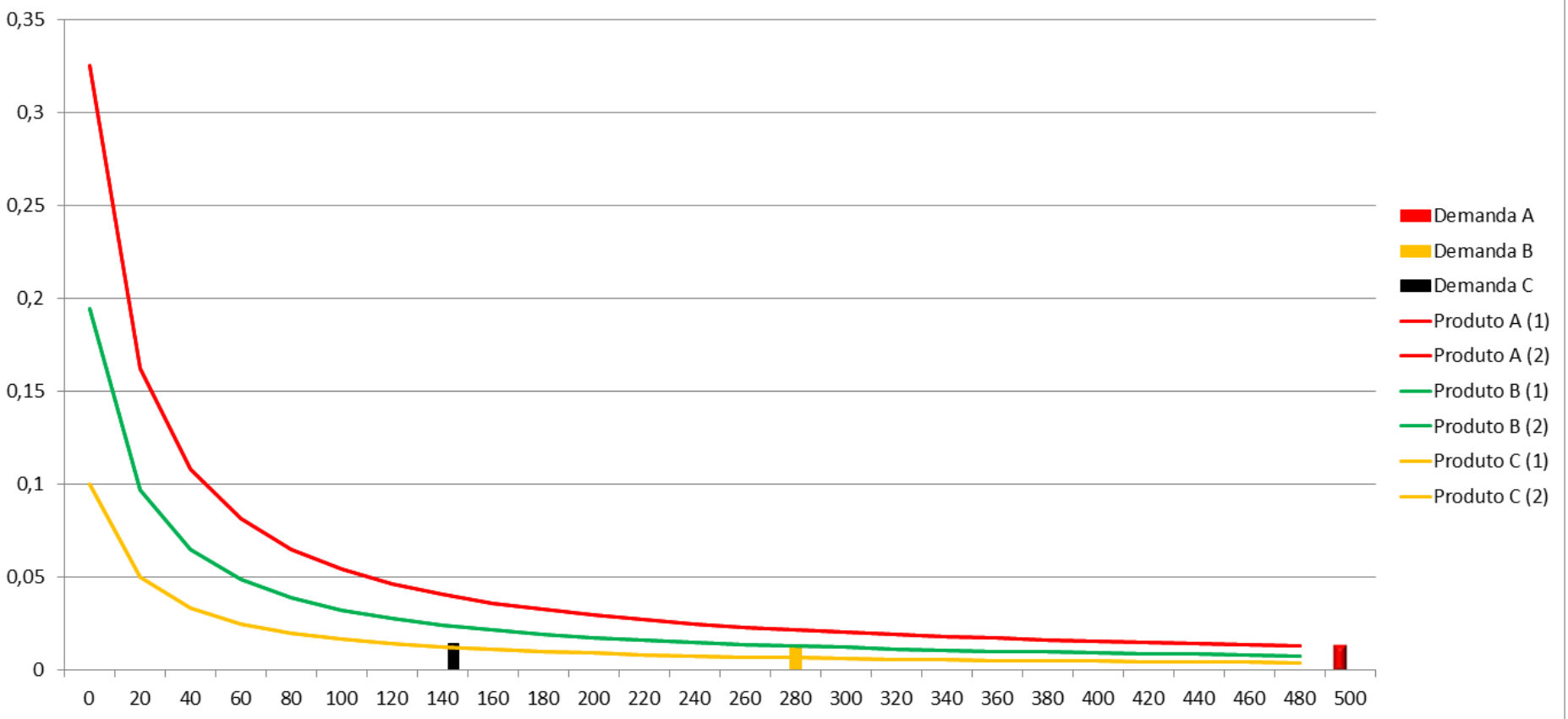
	Prod. A	Prod. B	Prod. C
Cp	0%	0%	0%
t. unit.	0%	0%	0%

Prod. A	Prod. B	Prod. C
0,01477	0,0162	0,01667
440	240	120

Aumento de 40% na demanda de A, B e C

Sem alteração de C_p e T_p

Demanda	Produtos						Produto A	Produto B	Produto C
	Produto A		Produto B		Produto C				
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)			
0	0	0	0	0	0				
20	0,325	0,325	0,194444444	0,194444444	0,1	0,1			
40	0,1625	0,1625	0,097222222	0,097222222	0,05	0,05			
60	0,108333333	0,108333333	0,064814815	0,064814815	0,033333333	0,033333333			
80	0,08125	0,08125	0,048611111	0,048611111	0,025	0,025			
100	0,065	0,065	0,038888889	0,038888889	0,02	0,02			
120	0,054166667	0,054166667	0,032407407	0,032407407	0,016666667	0,016666667			
140	0,046428571	0,046428571	0,027777778	0,027777778	0,014285714	0,014285714		0,01428571	
160	0,040625	0,040625	0,024305556	0,024305556	0,0125	0,0125			
180	0,036111111	0,036111111	0,021604938	0,021604938	0,011111111	0,011111111			
200	0,0325	0,0325	0,019444444	0,019444444	0,01	0,01			
220	0,029545455	0,029545455	0,017676768	0,017676768	0,009090909	0,009090909			
240	0,027083333	0,027083333	0,016203704	0,016203704	0,008333333	0,008333333			
260	0,025	0,025	0,014957265	0,014957265	0,007692308	0,007692308			
280	0,023214286	0,023214286	0,013888889	0,013888889	0,007142857	0,007142857	0,01388889		
300	0,021666667	0,021666667	0,012962963	0,012962963	0,006666667	0,006666667			
320	0,0203125	0,0203125	0,012152778	0,012152778	0,00625	0,00625			
340	0,019117647	0,019117647	0,011437908	0,011437908	0,005882353	0,005882353			
360	0,018055556	0,018055556	0,010802469	0,010802469	0,005555556	0,005555556			
380	0,017105263	0,017105263	0,010233918	0,010233918	0,005263158	0,005263158			
400	0,01625	0,01625	0,009722222	0,009722222	0,005	0,005			
420	0,01547619	0,01547619	0,009259259	0,009259259	0,004761905	0,004761905			
440	0,014772727	0,014772727	0,008838384	0,008838384	0,004545455	0,004545455			
460	0,014130435	0,014130435	0,008454106	0,008454106	0,004347826	0,004347826			
480	0,013541667	0,013541667	0,008101852	0,008101852	0,004166667	0,004166667			
500	0,013	0,013	0,007777778	0,007777778	0,004	0,004	0,013		
Margem	RS	26,00	Margem	RS	35,00	Margem	RS	12,00	
Tempo unit.		4	Tempo unit.		9	Tempo unit.		6	



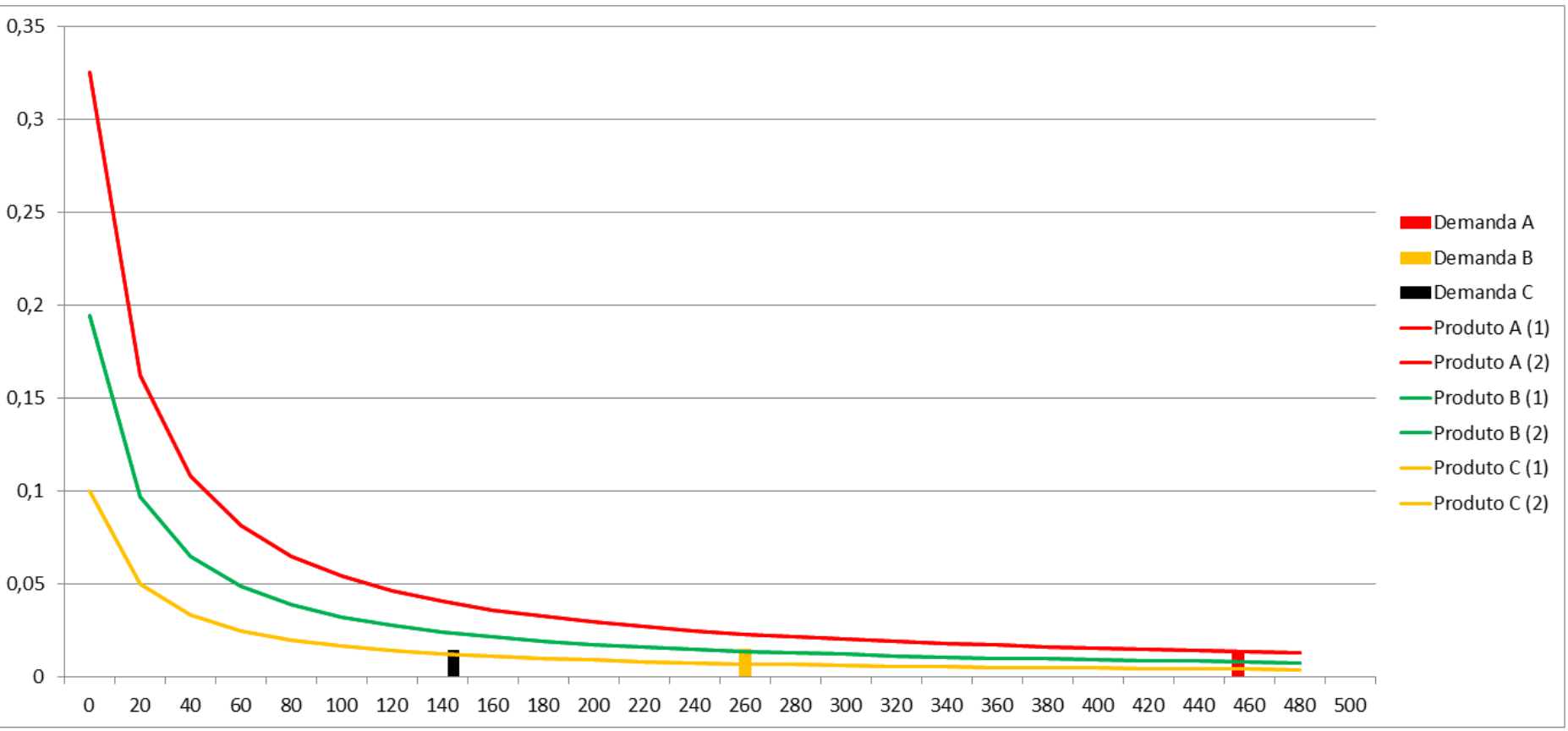
	Prod. A	Prod. B	Prod. C
Cp	0%	0%	0%
t. unit.	0%	0%	0%

Prod. A	Prod. B	Prod. C
0,013	0,01389	0,01429
500	280	140

Aumento de 30% na demanda de B e C

Com alteração de 10% de C_p e T_p

Demanda	Produtos						Produto A	Produto B	Produto C
	Produto A		Produto B		Produto C				
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)			
0	0	0	0	0	0				
20	0,325	0,325	0,194444444	0,194444444	0,1	0,1			
40	0,1625	0,1625	0,097222222	0,097222222	0,05	0,05			
60	0,108333333	0,108333333	0,064814815	0,064814815	0,033333333	0,033333333			
80	0,08125	0,08125	0,048611111	0,048611111	0,025	0,025			
100	0,065	0,065	0,038888889	0,038888889	0,02	0,02			
120	0,054166667	0,054166667	0,032407407	0,032407407	0,016666667	0,016666667			
140	0,046428571	0,046428571	0,027777778	0,027777778	0,014285714	0,014285714		0,01428571	
160	0,040625	0,040625	0,024305556	0,024305556	0,0125	0,0125			
180	0,036111111	0,036111111	0,021604938	0,021604938	0,011111111	0,011111111			
200	0,0325	0,0325	0,019444444	0,019444444	0,01	0,01			
220	0,029545455	0,029545455	0,017676768	0,017676768	0,009090909	0,009090909			
240	0,027083333	0,027083333	0,016203704	0,016203704	0,008333333	0,008333333			
260	0,025	0,025	0,014957265	0,014957265	0,007692308	0,007692308	0,01495726		
280	0,023214286	0,023214286	0,013888889	0,013888889	0,007142857	0,007142857			
300	0,021666667	0,021666667	0,012962963	0,012962963	0,006666667	0,006666667			
320	0,0203125	0,0203125	0,012152778	0,012152778	0,00625	0,00625			
340	0,019117647	0,019117647	0,011437908	0,011437908	0,005882353	0,005882353			
360	0,018055556	0,018055556	0,010802469	0,010802469	0,005555556	0,005555556			
380	0,017105263	0,017105263	0,010233918	0,010233918	0,005263158	0,005263158			
400	0,01625	0,01625	0,009722222	0,009722222	0,005	0,005			
420	0,01547619	0,01547619	0,009259259	0,009259259	0,004761905	0,004761905			
440	0,014772727	0,014772727	0,008838384	0,008838384	0,004545455	0,004545455			
460	0,014130435	0,014130435	0,008454106	0,008454106	0,004347826	0,004347826	0,01413043		
480	0,013541667	0,013541667	0,008101852	0,008101852	0,004166667	0,004166667			
500	0,013	0,013	0,007777778	0,007777778	0,004	0,004			
Margem	RS	28,60	Margem	RS	38,50	Margem	RS	13,20	
Tempo unit.		4,4	Tempo unit.		9,9	Tempo unit.		6,6	



	Prod. A	Prod. B	Prod. C
Cp	10%	10%	10%
t. unit.	10%	10%	10%

Prod. A	Prod. B	Prod. C
0,01413	0,01496	0,01429
460	260	140

Scheduling

Período – 1 semana

Escala de tempo – 1:200

Componente 1 – Lote = 70

Componente 2 – Lote = 70

Componente 3 – Lote = 50

Componente 4 – Lote = 50

Produto A

Produto B

Produto C



somente para o torno tamanho de lote permitido = 35

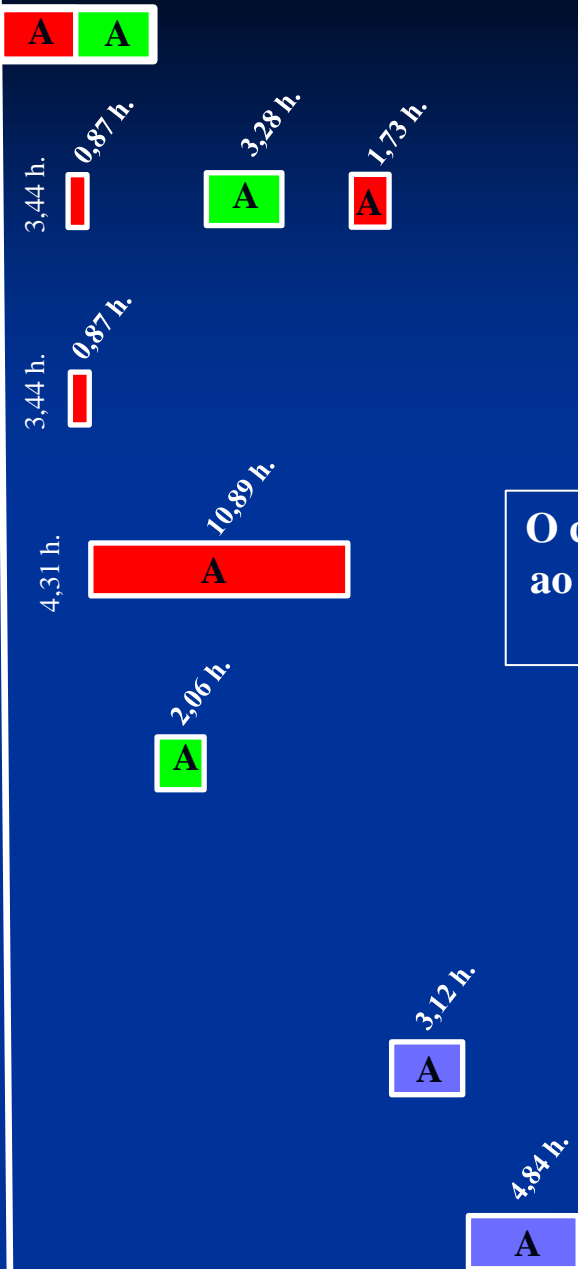
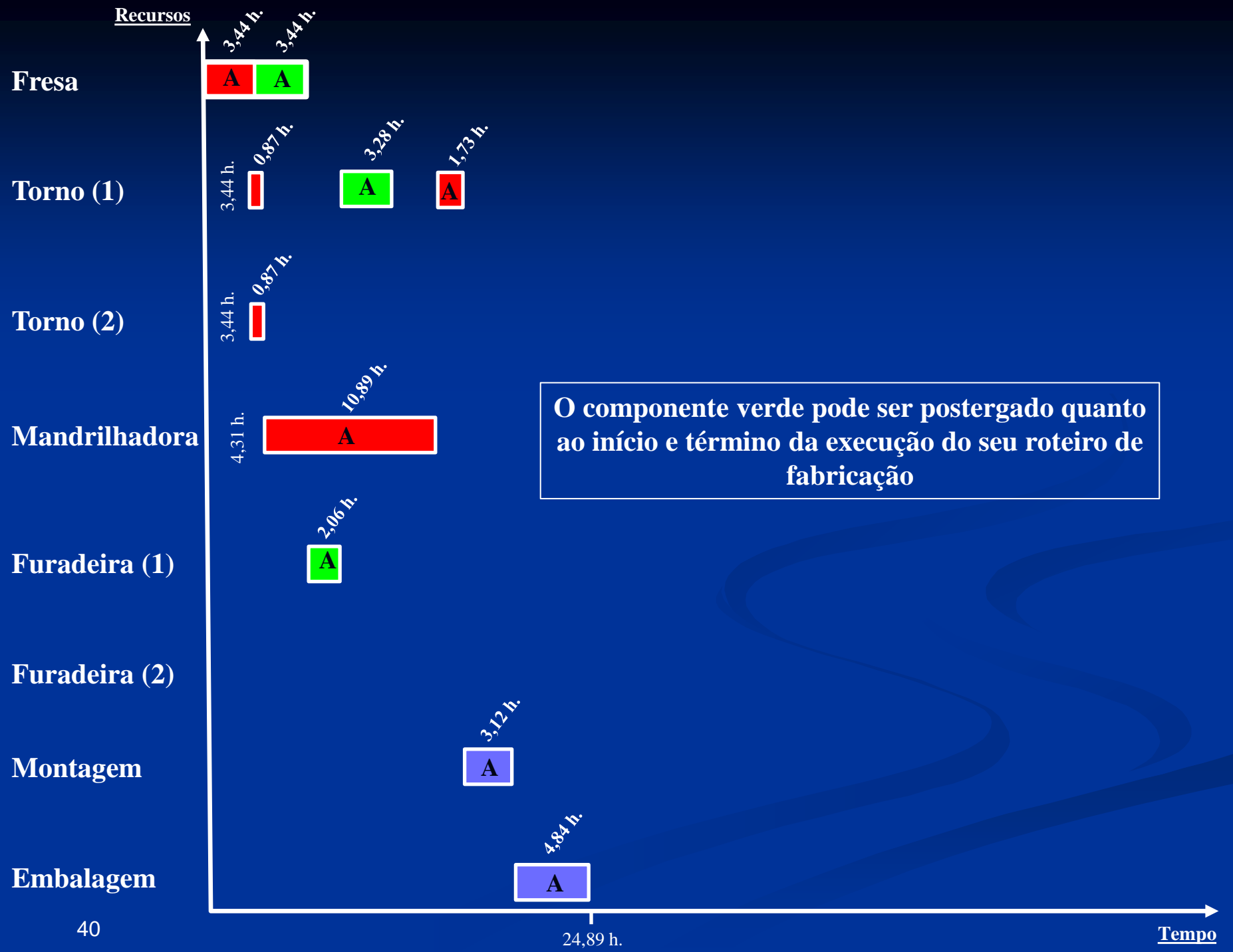
Eficiência dos processos = 75%

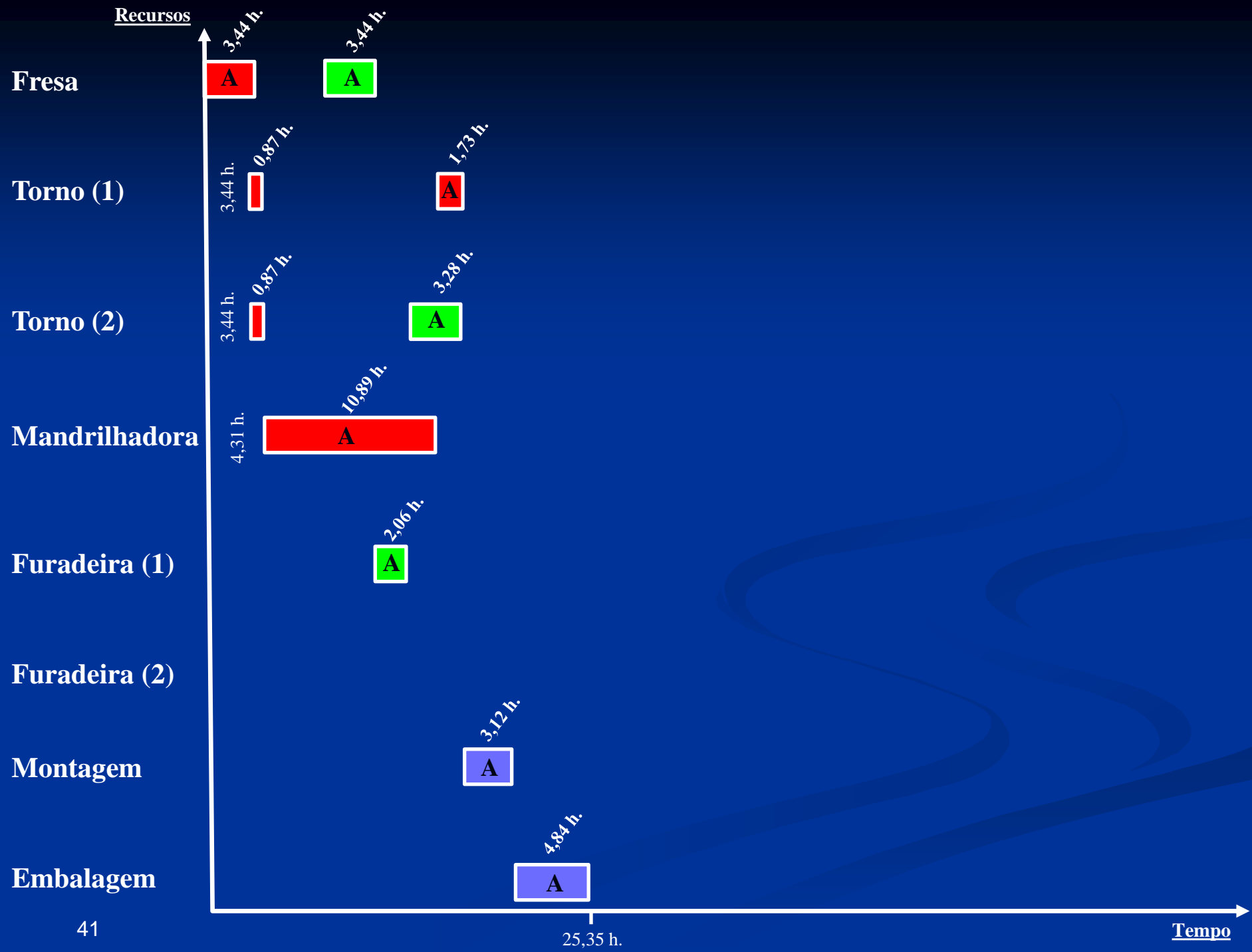
Exemplo: Componente 1 (Operação 10) – tempo de processamento = 2 minutos e tempo de *setup* = 20 minutos.

$$\Rightarrow (2 * 70) / 0,75 = 186,67 \cong 187 + 20 = 207 / 100 = 2,07 / 2 = 1,035 \cong 1$$

Produto A

Componentes Vermelho e Verde

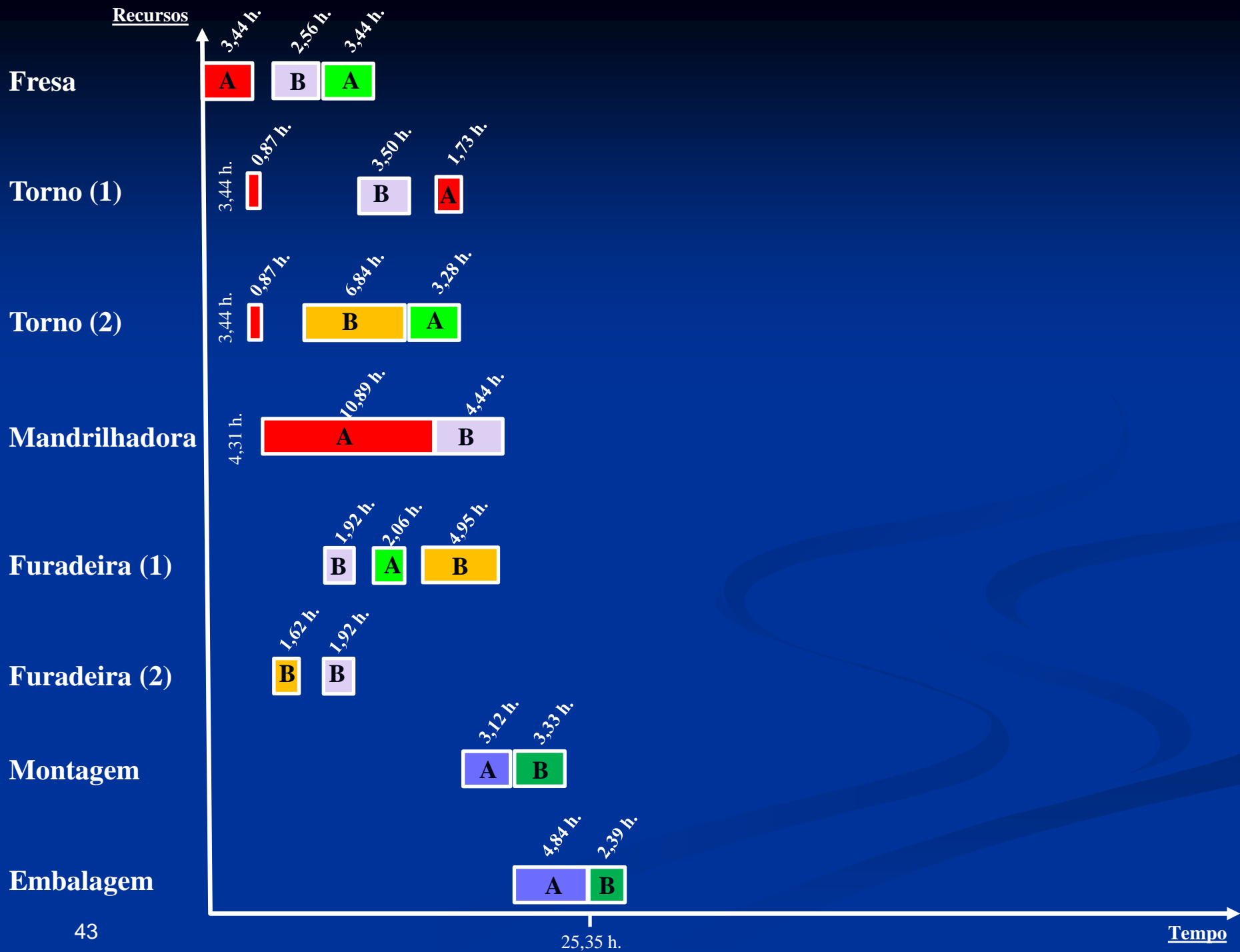




Produto A e B

A – Componentes Vermelho e Verde

B – Componentes Lilás e Laranja



Produto A, B e C

A – Componentes Vermelho e Verde

B – Componentes Lilás e Laranja

C – Componente Laranja C (o outro item é comprado)



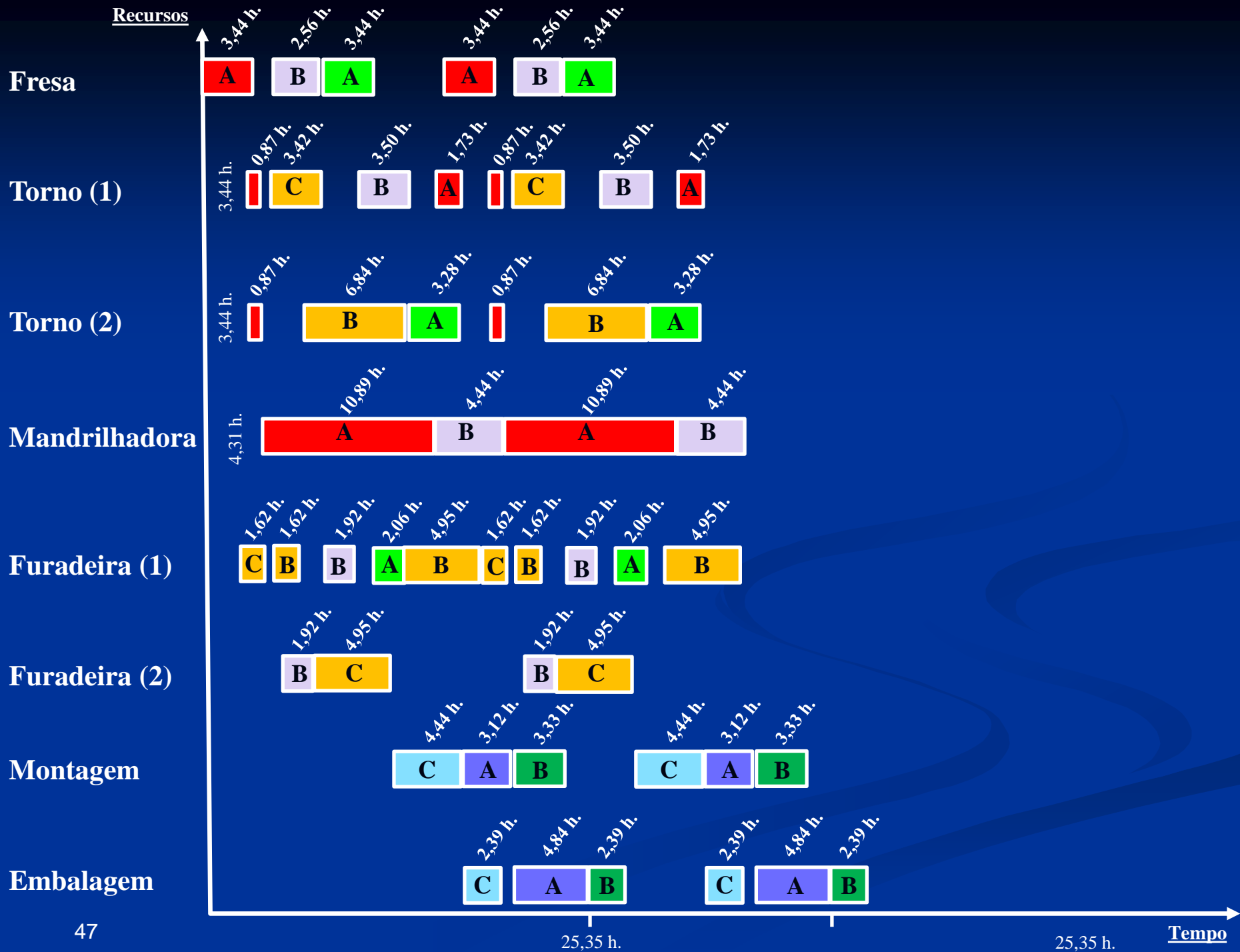
Produto A, B e C

2º Lote

A – Componentes Vermelho e Verde

B – Componentes Lilás e Laranja

C – Componente Laranja C (o outro item é comprado)



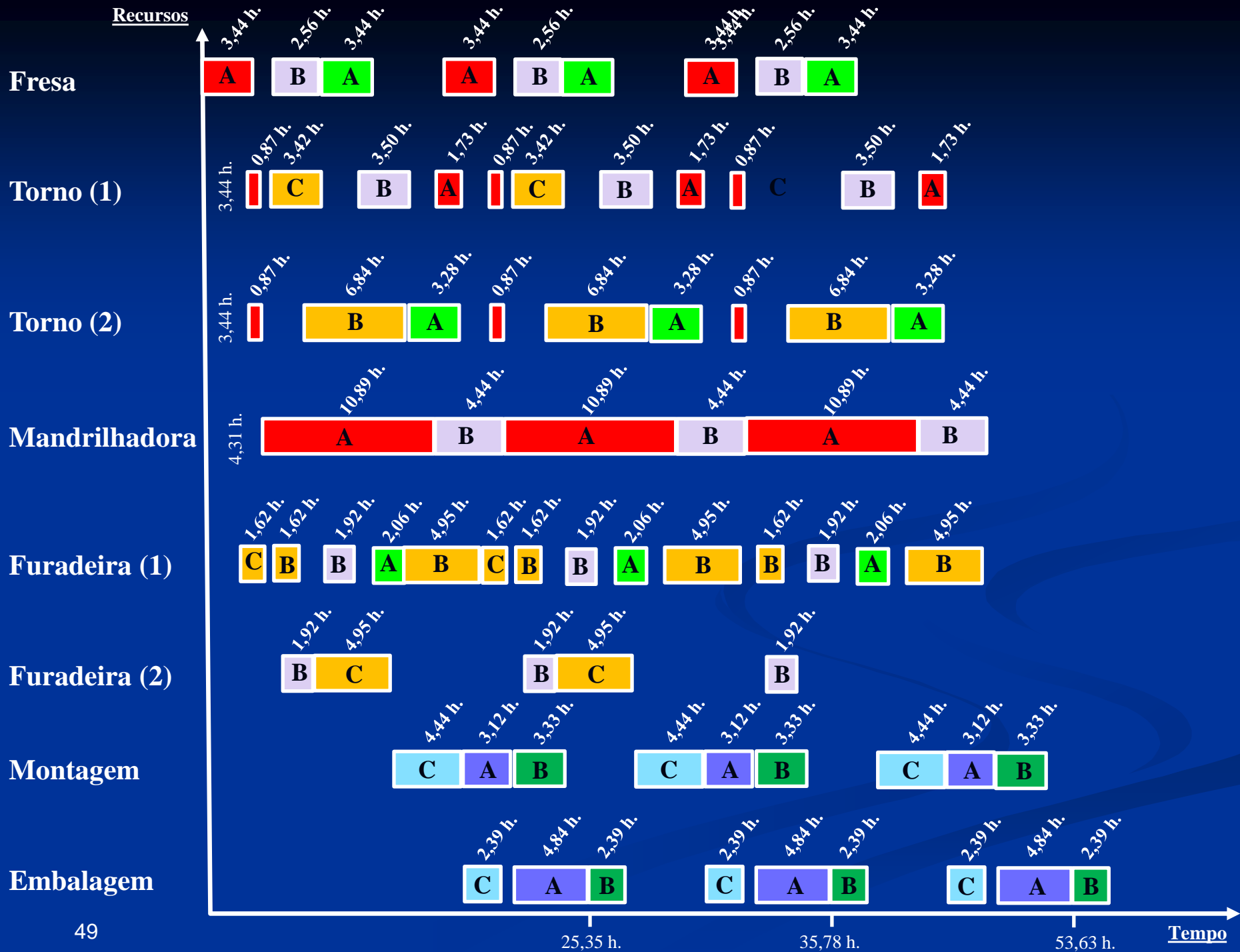
Produto A, B e C

3º Lote

A – Componentes Vermelho e Verde

B – Componentes Lilás e Laranja

C – Componente Laranja C (o outro item é comprado)



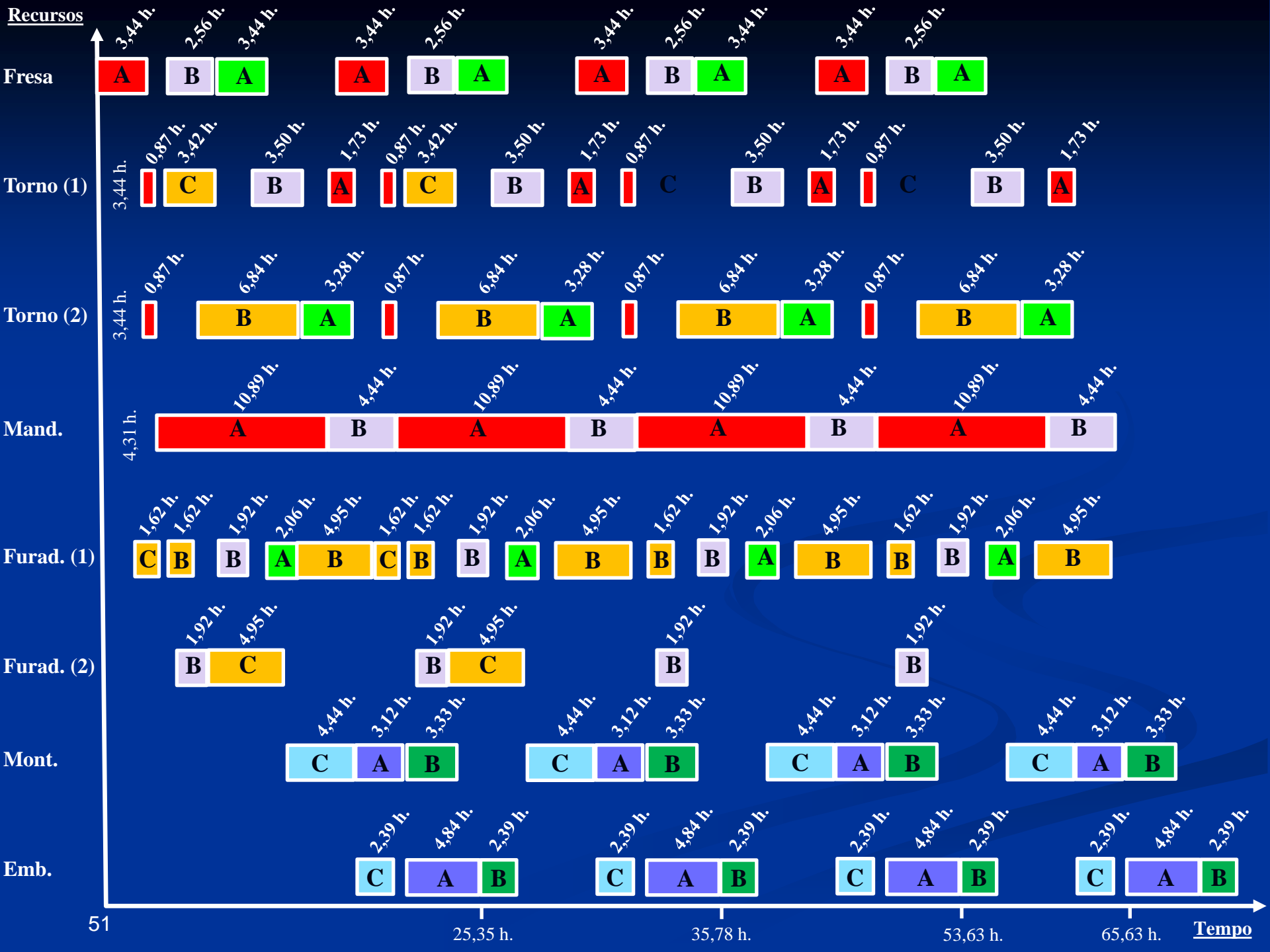
Produto A, B e C

4º Lote

A – Componentes Vermelho e Verde

B – Componentes Lilás e Laranja

C – Componente Laranja C (o outro item é comprado)



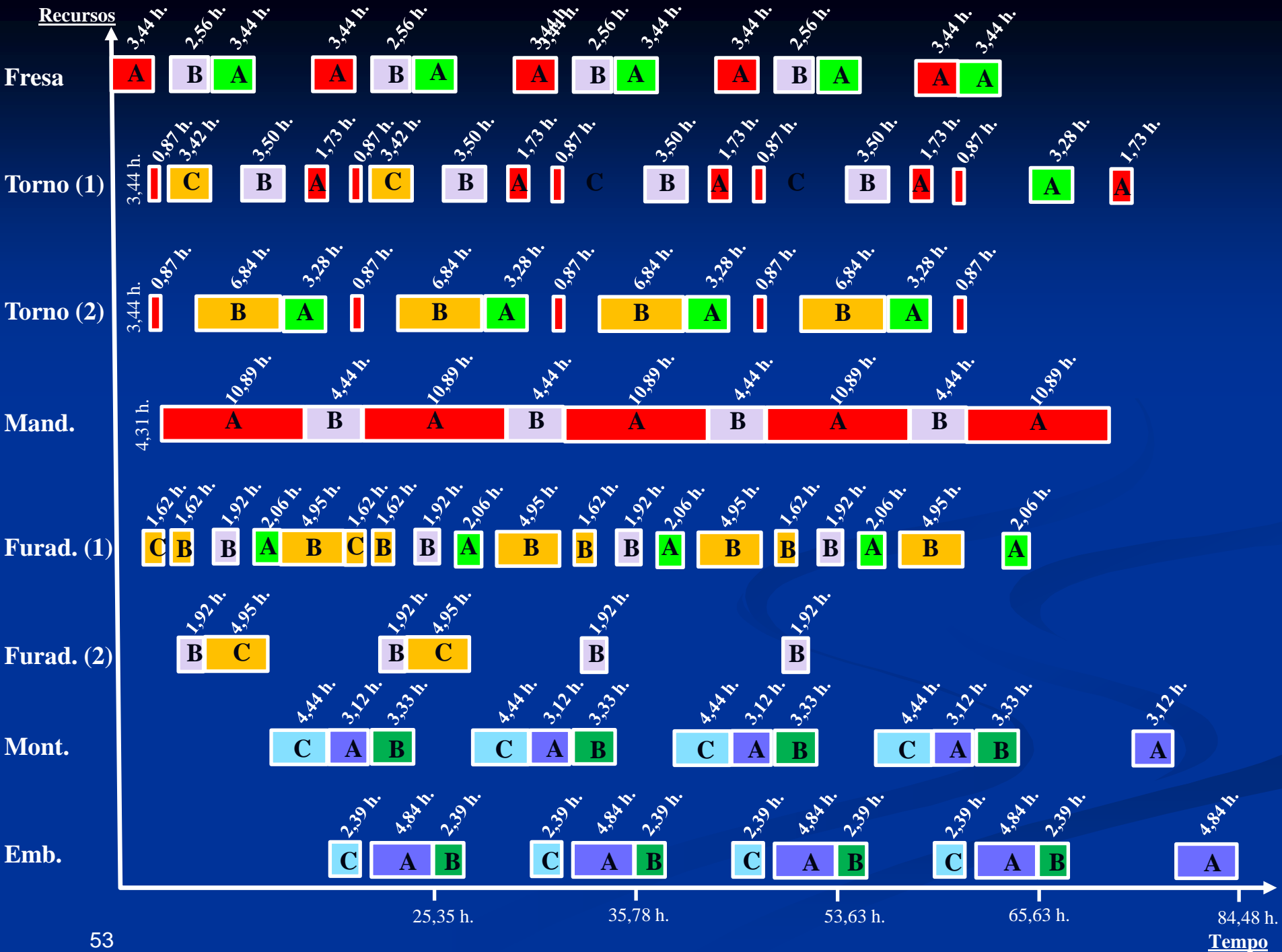
Produto A, B e C

5º Lote

A – Componentes Vermelho e Verde

B – Componentes Lilás e Laranja

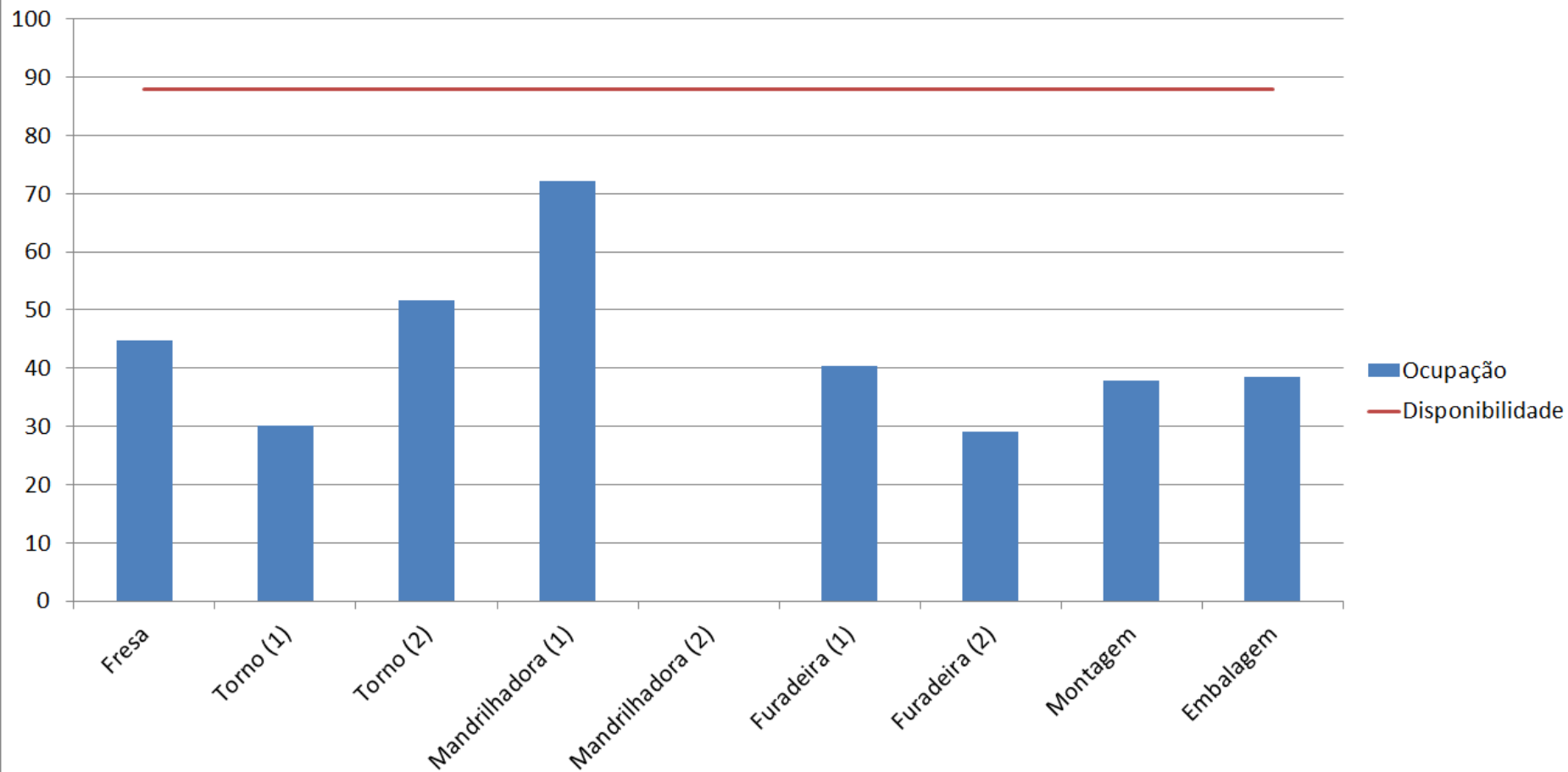
C – Componente Laranja C (o outro item é comprado)



Cenário 1

Makespan = 84,48 horas

Recursos	Ocupação	Ocupação / <i>makespan</i> (84,48 horas)
Fresa	44,64	52,84%
Torno (1)	30,04	35,56%
Torno (3)	51,69	61,19%
Mandrilhadora	72,21	85,48%
Furadeira (1)	40,314	47,72%
Furadeira (2)	29,01	34,34%
Montagem	37,8	44,74%
Embalagem	38,54	45,62%
<i>Makespan</i> ideal	44 horas	
Produção	A = 350 / B = 200 / C = 100	

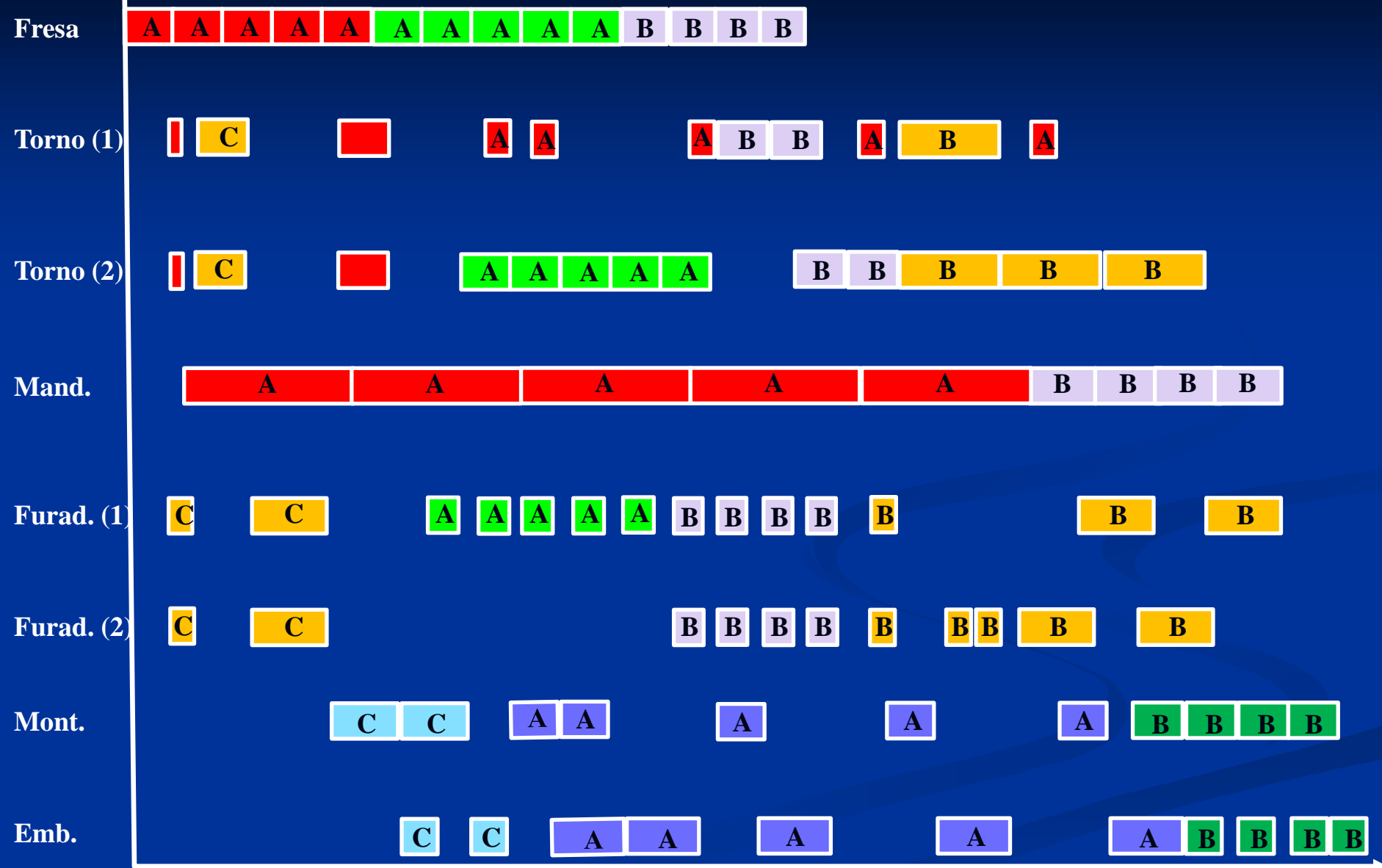


Ao invés de finalizar a execução das ordens com o produto A, finalizar com o produto B

Redução do *makespan*:

$$84,48 - 82,24 = 2,24 \text{ horas} \cong 2,65\%$$

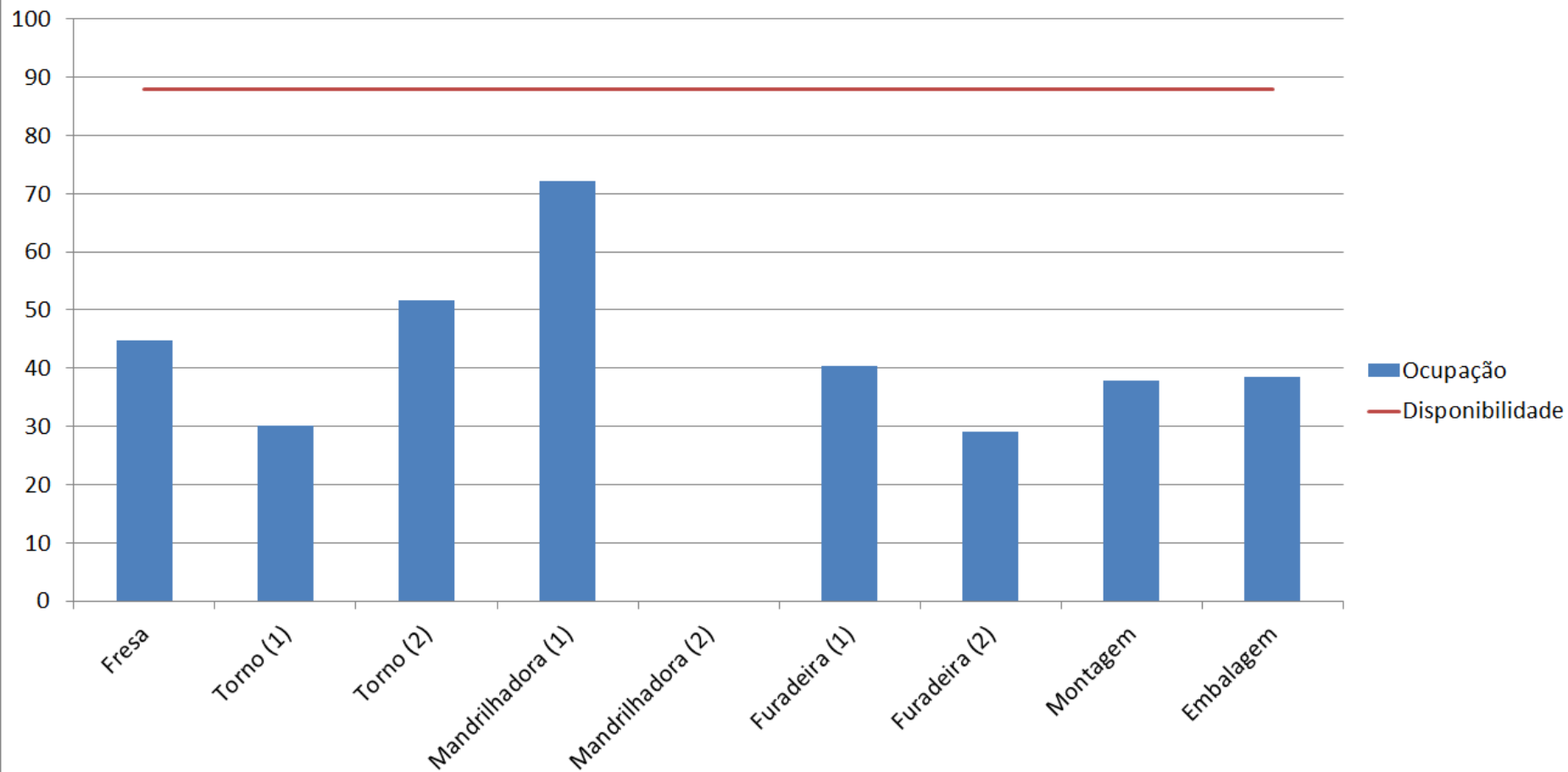
Recursos



Cenário 2

Makespan = 82,24 horas

Recursos	Ocupação	Ocupação / <i>makespan</i> (82,24 horas)
Fresa	44,64	54,28%
Torno (1)	30,04	36,53%
Torno (3)	51,69	62,85%
Mandrilhadora	72,21	87,80%
Furadeira (1)	40,314	49,02%
Furadeira (2)	29,01	35,3%
Montagem	37,8	45,96%
Embalagem	38,54	46,86%
<i>Makespan</i> ideal	44 horas	
Produção	A = 350 / B = 200 / C = 100	



Scheduling

Período – 1 semana

Escala de tempo – 1:200

Componente 1 – Lote = 100

Componente 2 – Lote = 100

Componente 3 – Lote = 100

Componente 4 – Lote = 100

Produto A

Produto B

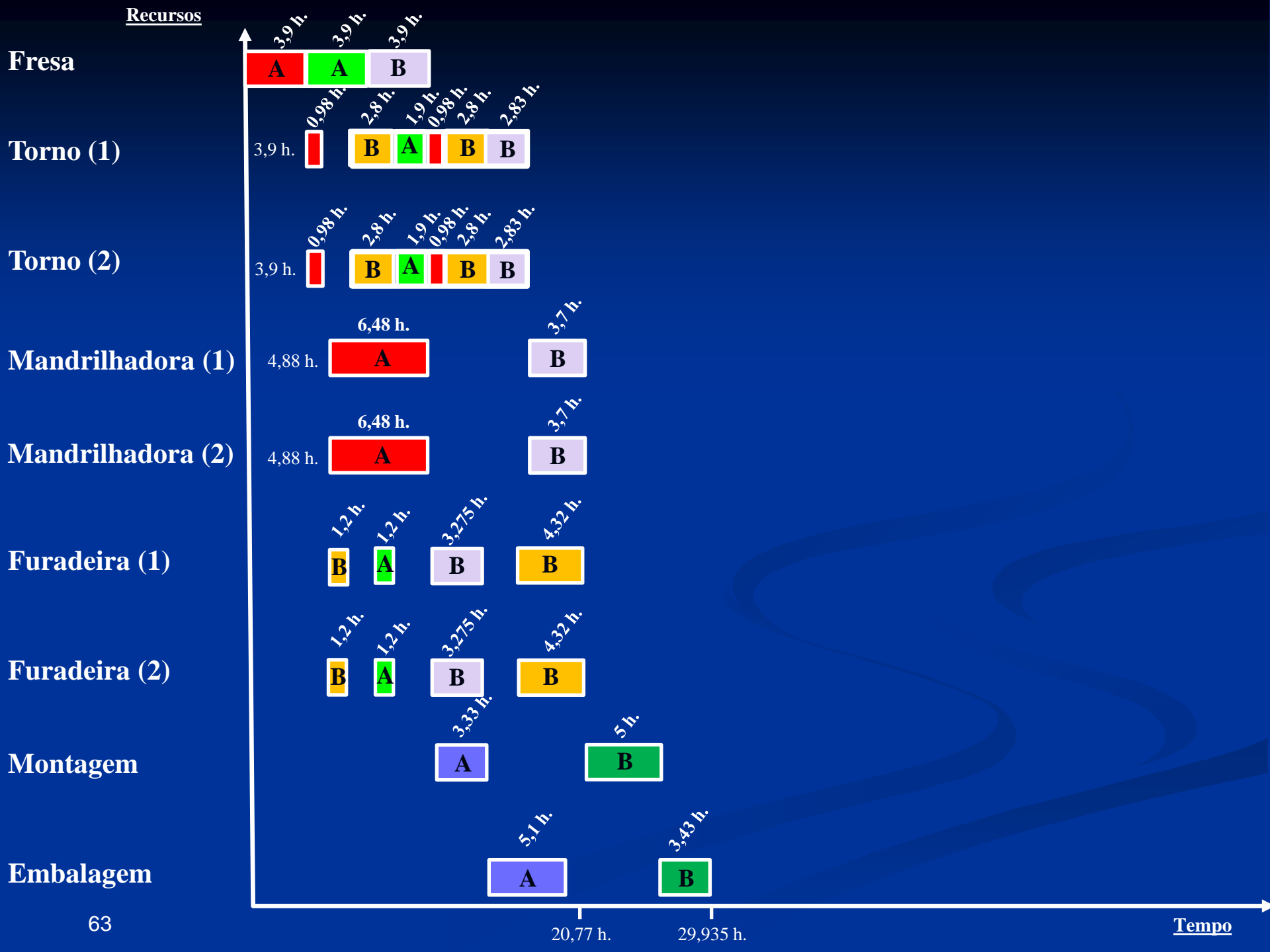
Produto C



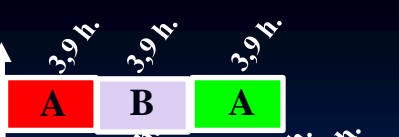
Eficiência dos processos = 90% (Fresa, Torno e Mandrilhadora) / 80% Furadeira / 100% (Embalagem e Montagem)

Exemplo: Componente 1 (Operação 10) – tempo de processamento = 2 minutos e tempo de *setup* = 12 minutos.

$$\Rightarrow (2 * 100) / 0,90 = 222,22 \cong 223 + 12 = 235 / 100 = 2,35 / 2 = 1,175 \cong 1,2$$



Fresa



Torno (1)



Torno (2)



Mandrilhadora (1)



Mandrilhadora (2)



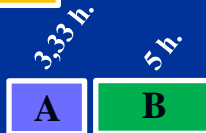
Furadeira (1)



Furadeira (2)



Montagem



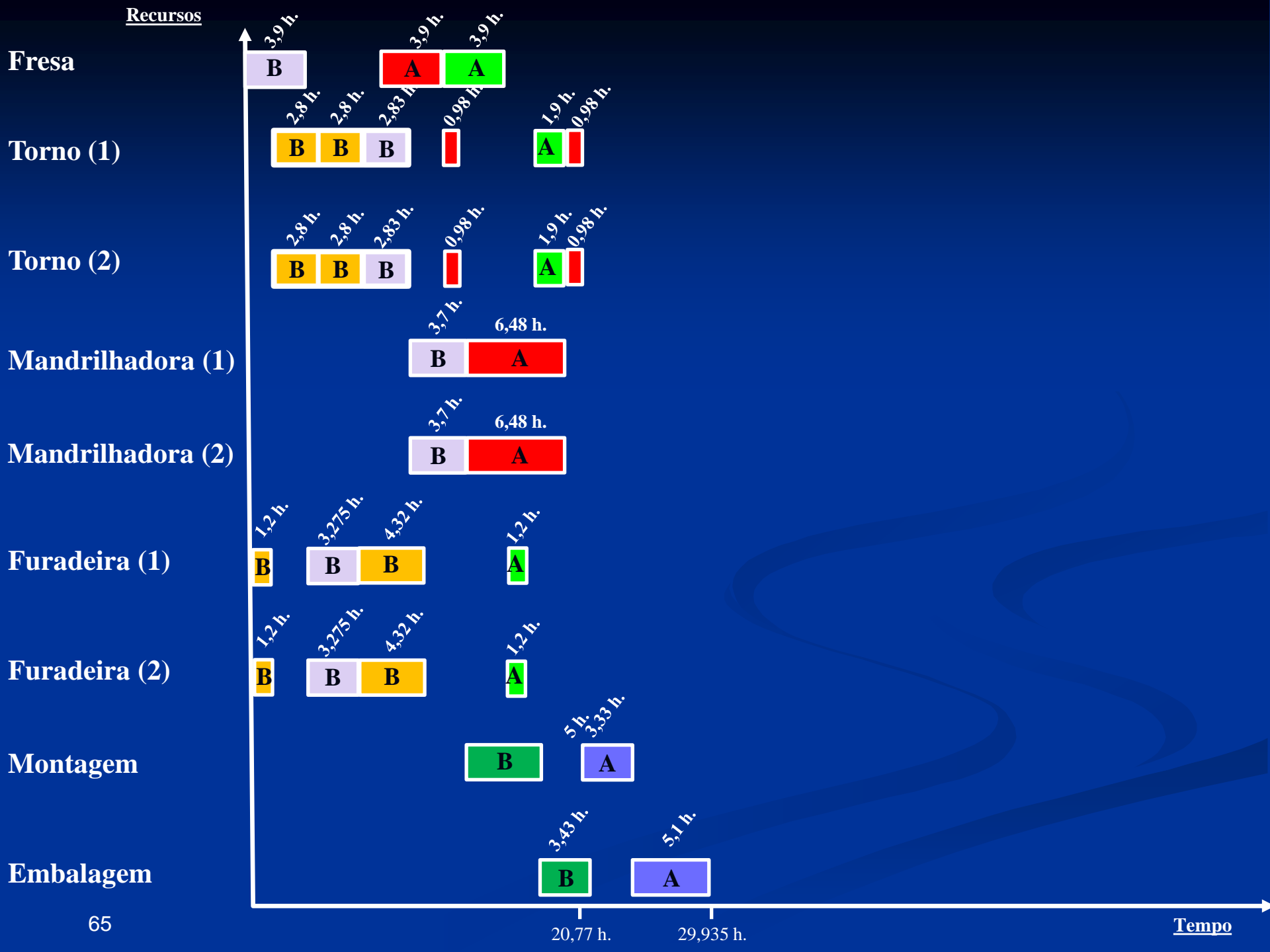
Embalagem



Observação: para o componente vermelho do produtos A, de acordo com o roteiro de fabricação, o tempo em minutos por unidade é de 1 minuto enquanto que no próximo processo o tempo por unidade é de 7 minutos. Desse modo considerando que a mandrilhadora não tem tempo de *setup*, $t_s = 0$ minutos a operação pode ser iniciada após em torno de 6 peças usinadas no torno, ou seja, $(6 \text{ peças} * 1 \text{ minuto}) / 0,9 = 6,67 \text{ minutos} \cong 0,12 \text{ horas}$. O início do processo na mandrilhadora se dá em: $3,9 + 0,12 = 4,02 \text{ horas}$. Comparando:

Processo Tornos (1 e 2) $\Rightarrow 0,98 + 2,8 + 2,8 = 6,58 \text{ horas}$

Processo Mandrilhadora $\Rightarrow 0,12 + 6,48 = 6,60 \text{ horas}$, ou seja, 2 centesimos a mais. Praticamente a transferência do lote da mandrilhadora para o Torno ocorre ao mesmo tempo sem haver tempo de espera.

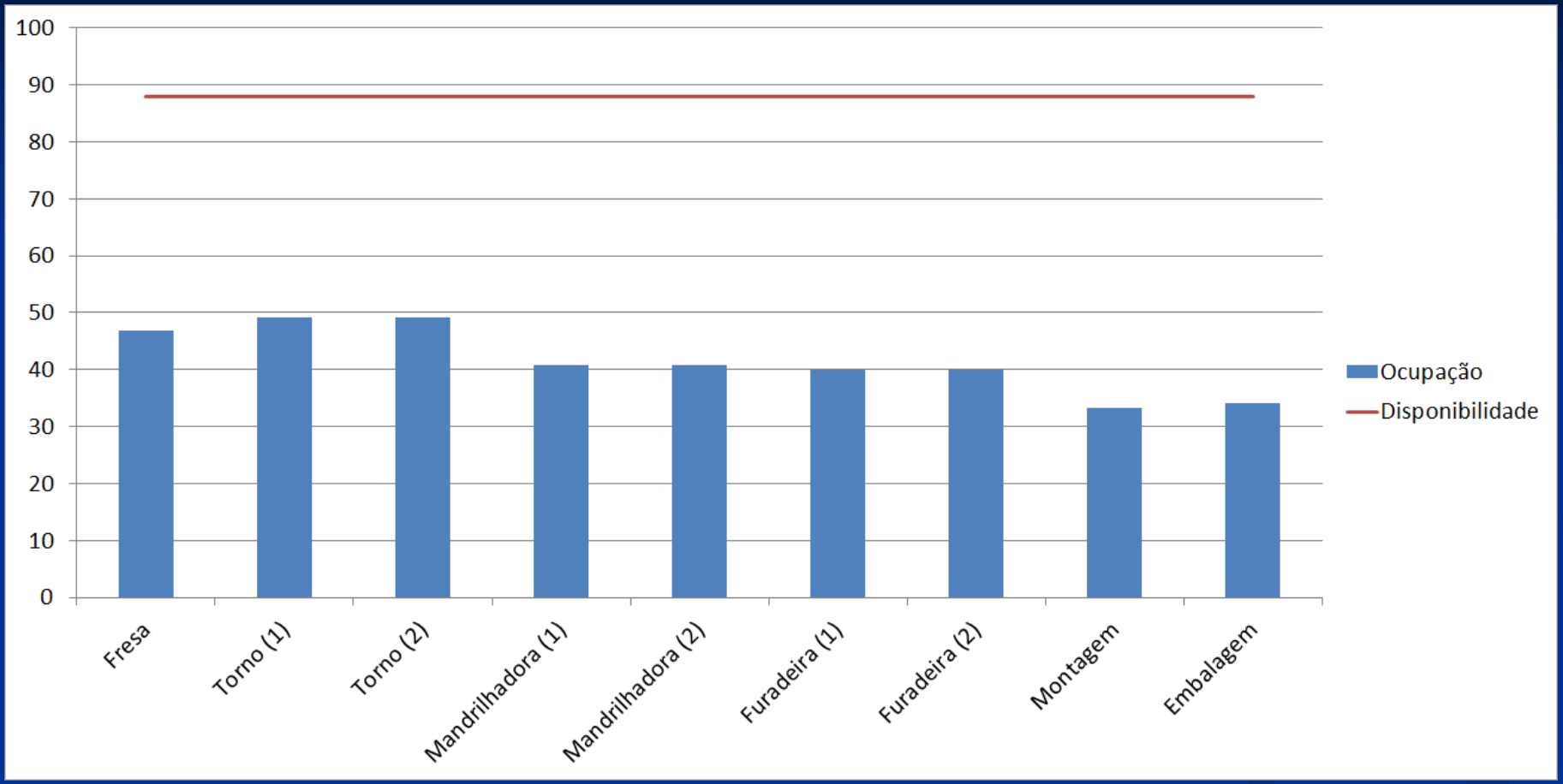


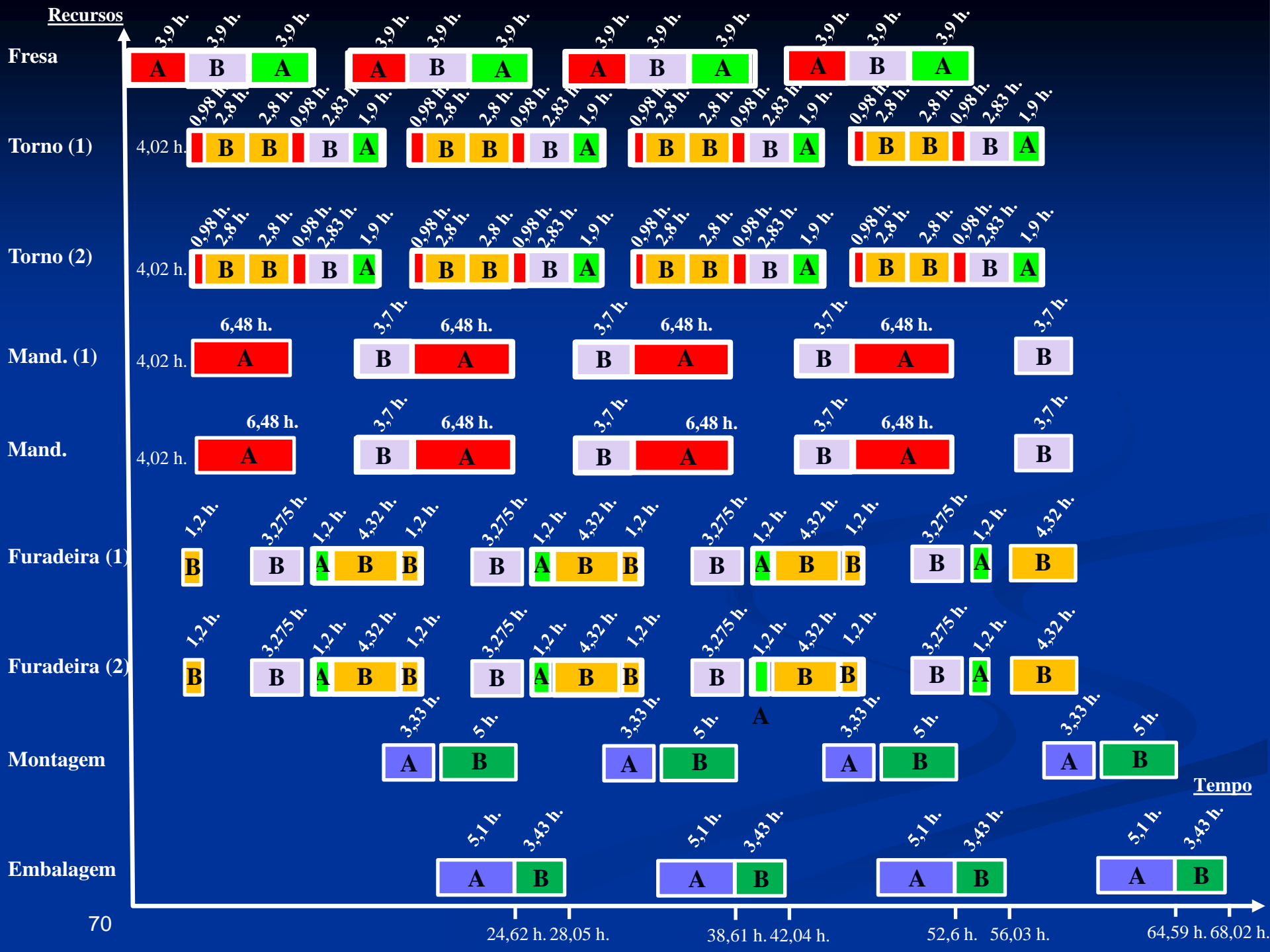


Cenário 3

Makespan = 71,97 horas

Recursos	Ocupação	Ocupação / <i>makespan</i> (71,97 horas)
Fresa	46,80	65,03%
Torno (1)	49,16	68,31%
Torno (2)	49,16	68,31%
Mandrilhadora (1)	40,72	56,58%
Mandrilhadora (2)	40,72	56,58%
Furadeira (1)	39,98	55,55%
Furadeira (2)	39,98	55,55%
Montagem	33,32	46,30%
Embalagem	34,12	47,41%
<i>Makespan</i> ideal	44 horas	
Produção	A = 400 / B = 400	

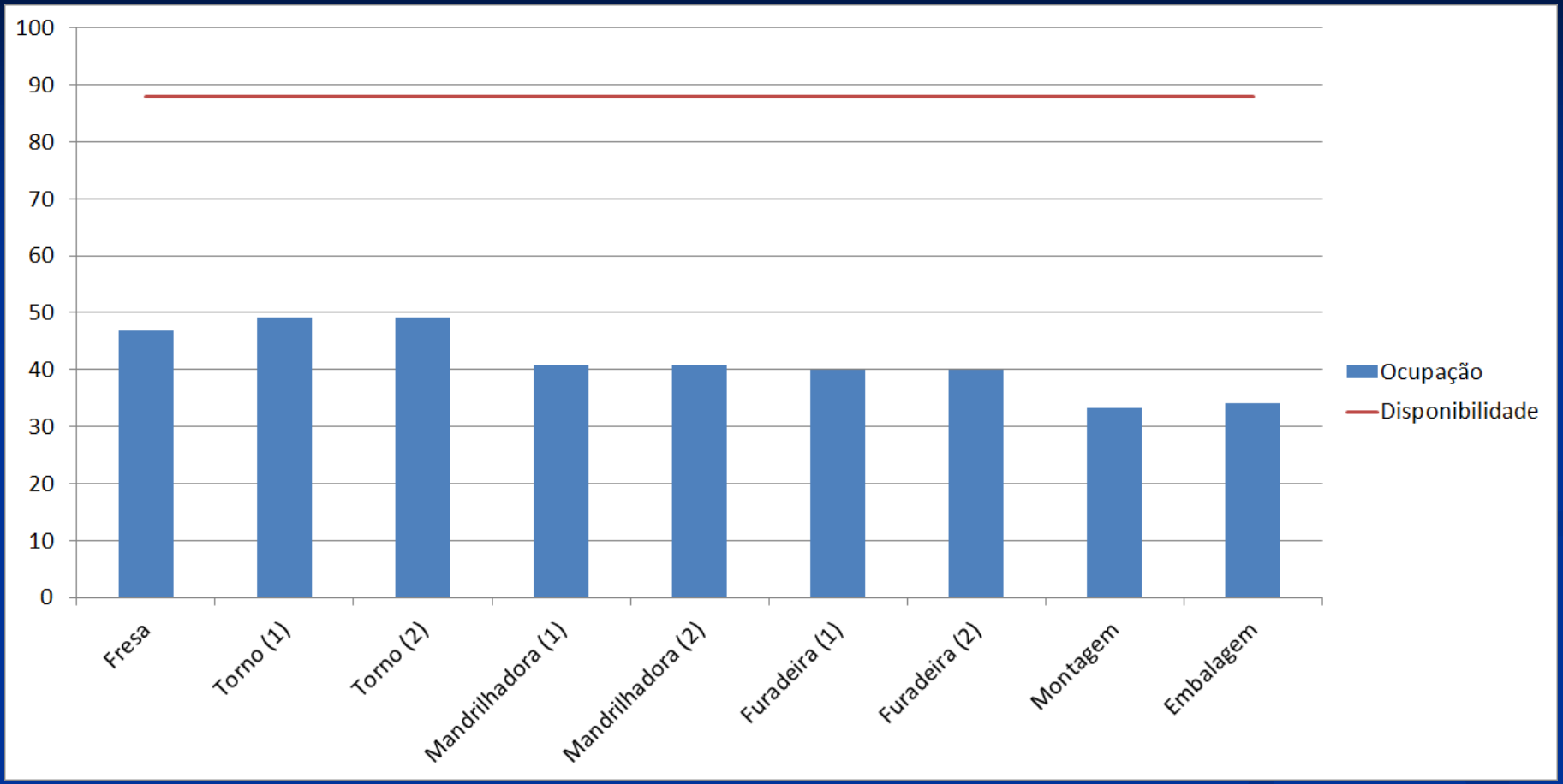




Cenário 4

Makespan = 68,02 horas

Recursos	Ocupação	Ocupação / <i>makespan</i> (68,02 horas)
Fresa	46,80	68,80%
Torno (1)	49,16	72,27%
Torno (2)	49,16	72,27%
Mandrilhadora (1)	40,72	59,86%
Mandrilhadora (2)	40,72	59,86%
Furadeira (1)	39,98	58,78%
Furadeira (2)	39,98	58,78%
Montagem	33,32	48,99%
Embalagem	34,12	50,16%
<i>Makespan</i> ideal	44 horas	
Produção	A = 400 / B = 400	



Resumo Geral

4 cenários

Recursos	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4	
	Produção Total = 650 unidades		Produção Total = 650 unidades		Produção Total = 800 unidades		Produção Total = 800 unidades	
	Faturamento		Faturamento		Faturamento		Faturamento	
	R\$ 28.000,00		R\$ 28.000,00		R\$ 36.000,00		R\$ 36.000,00	
	P.V. – M.P.		P.V. – M.P.		P.V. – M.P.		P.V. – M.P.	
	R\$ 17.300,00		R\$ 17.300,00		R\$ 24.400,00		R\$ 24.400,00	
	<i>Makespan</i> = 84,48		<i>Makespan</i> = 82,24		<i>Makespan</i> = 71,97		<i>Makespan</i> = 68,02	
	Resultado	%	Resultado	%	Resultado	%	Resultado	%
Fresa	44,64	52,84%	44,64	54,28%	46,80	65,03%	46,80	68,80%
Torno (1)	30,04	35,56%	30,04	36,53%	49,16	68,31%	49,16	72,27%
Torno (2)	51,69	61,19%	51,69	62,85%	49,16	68,31%	49,16	72,27%
Mandrilhadora (1)	72,21	85,48%	72,21	87,80%	40,72	56,58%	40,72	59,86%
Mandrilhadora (2)	-----	-----	-----	-----	40,72	56,58%	40,72	59,86%
Furadeira (1)	29,01	34,34%	29,01	35,3%	39,98	55,55%	39,98	58,78%
Furadeira (2)	37,8	44,74%	37,8	45,96%	39,98	55,55%	39,98	58,78%
Montagem	38,54	45,62%	38,54	46,86%	33,32	46,30%	33,32	48,99%
Embalagem	44,64	52,84%	44,64	54,28%	34,12	47,41%	34,12	50,16%