



Gestão da Manutenção ou Gestão de Activos?

(custos ao longo do Ciclo de Vida)

Rui Assis

Jorge Julião

*Faculdade de Engenharia da Universidade Católica Portuguesa
Rio de Mouro, Portugal*



Objectivo da apresentação

Demonstrar exemplos de aplicação do método de custos do ciclo de vida (*Life Cycle Costs*, LCC) à gestão de activos físicos em **3** fases:

- Fase de avaliação de propostas para **selecção** de um equipamento (alternativas **investimento** e **aluguer**);
- Fase de **exploração** e de **manutenção**;
- Fase de **desactivação**.

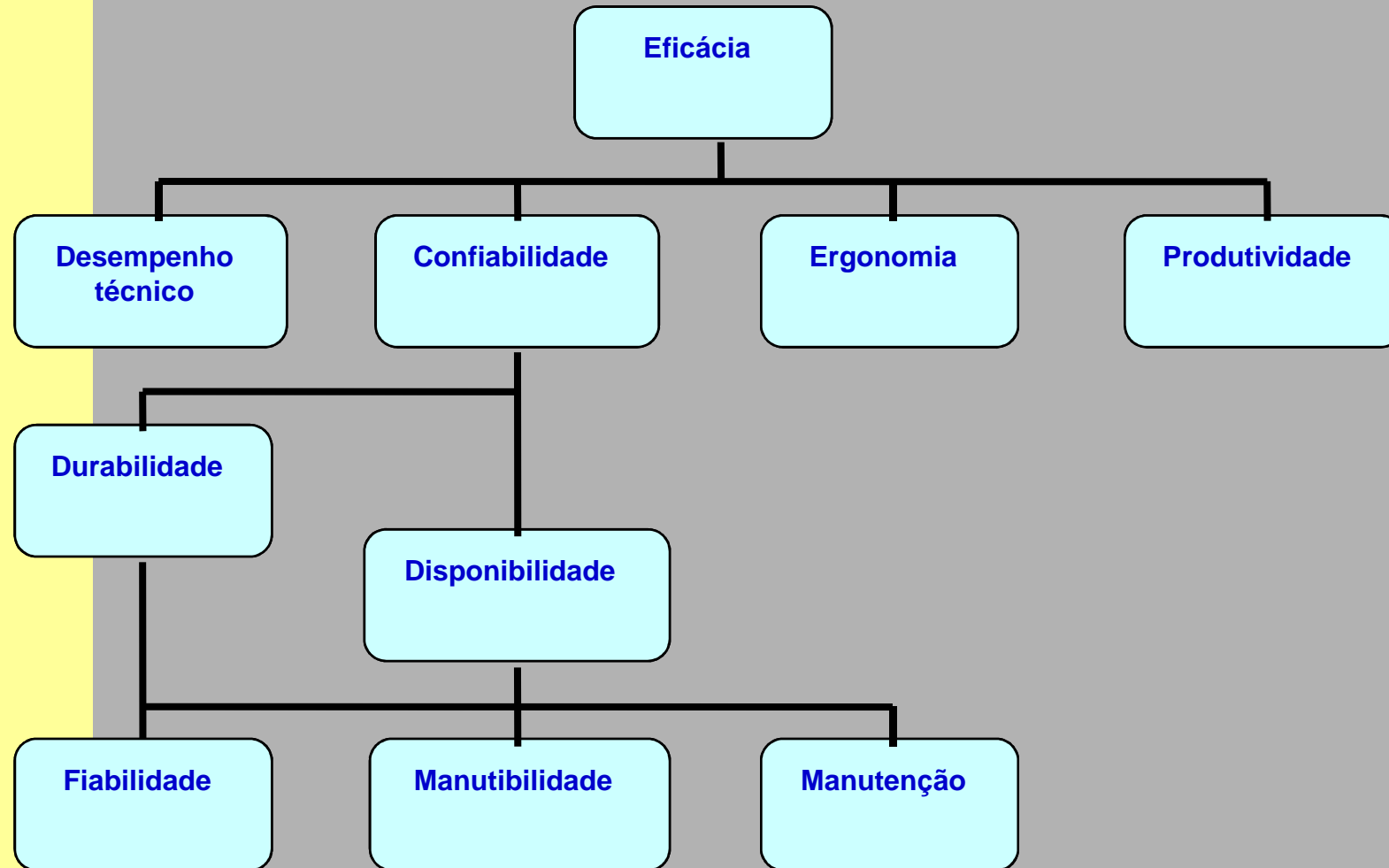


Razões da apresentação

- **Eficiência** para além da sempre necessária **eficácia**;
- Necessidade de **redimensionar recursos** ou justificar a realização de **projectos de melhoria**;
- Traduzir vantagens técnicas e operacionais em **vantagens económicas** – (€) linguagem natural dos Gestores;
- Assumir de forma competente as responsabilidades de um **Gestor de Activos Físicos**.

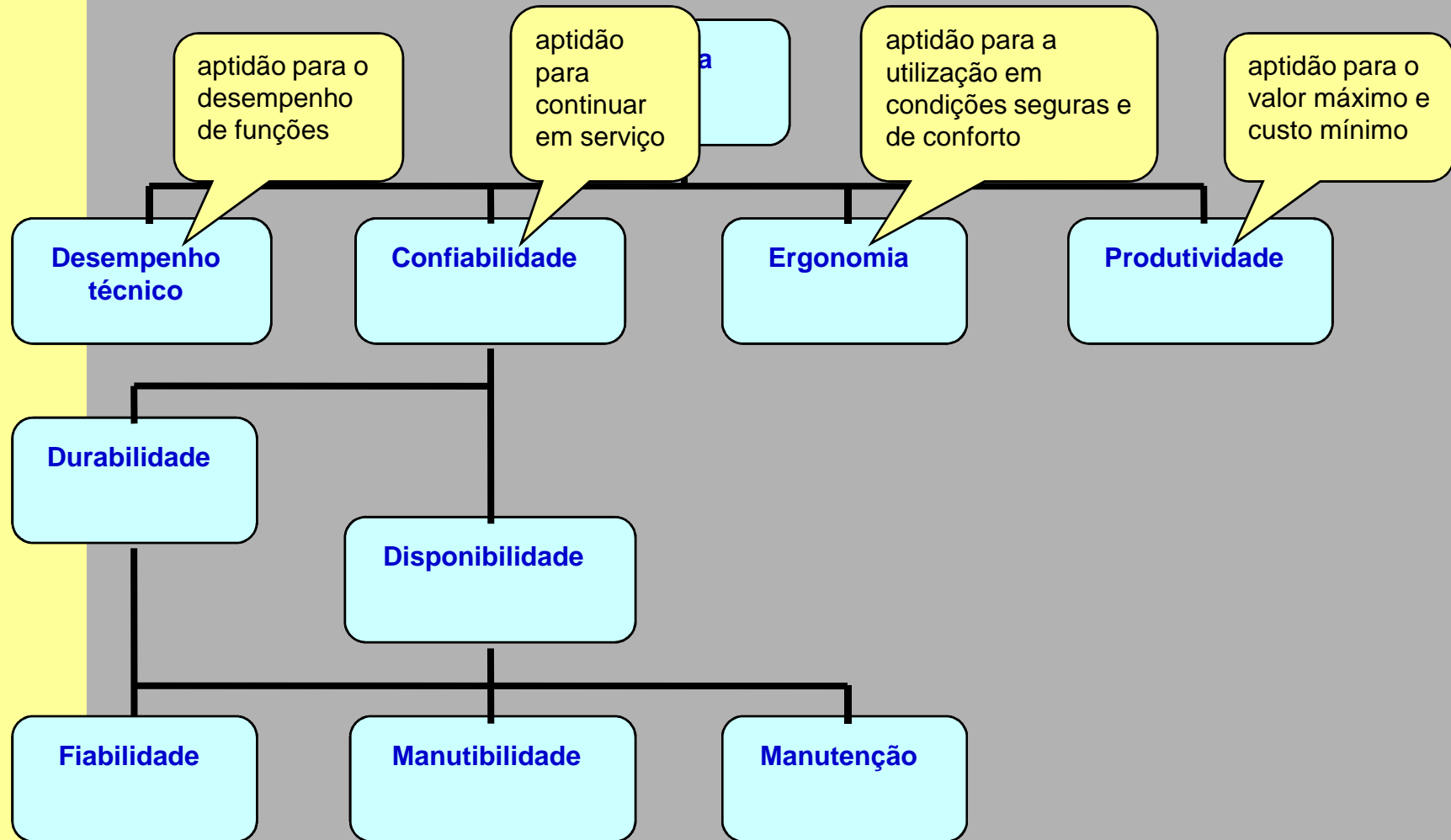


Eficácia na fase de Seleção





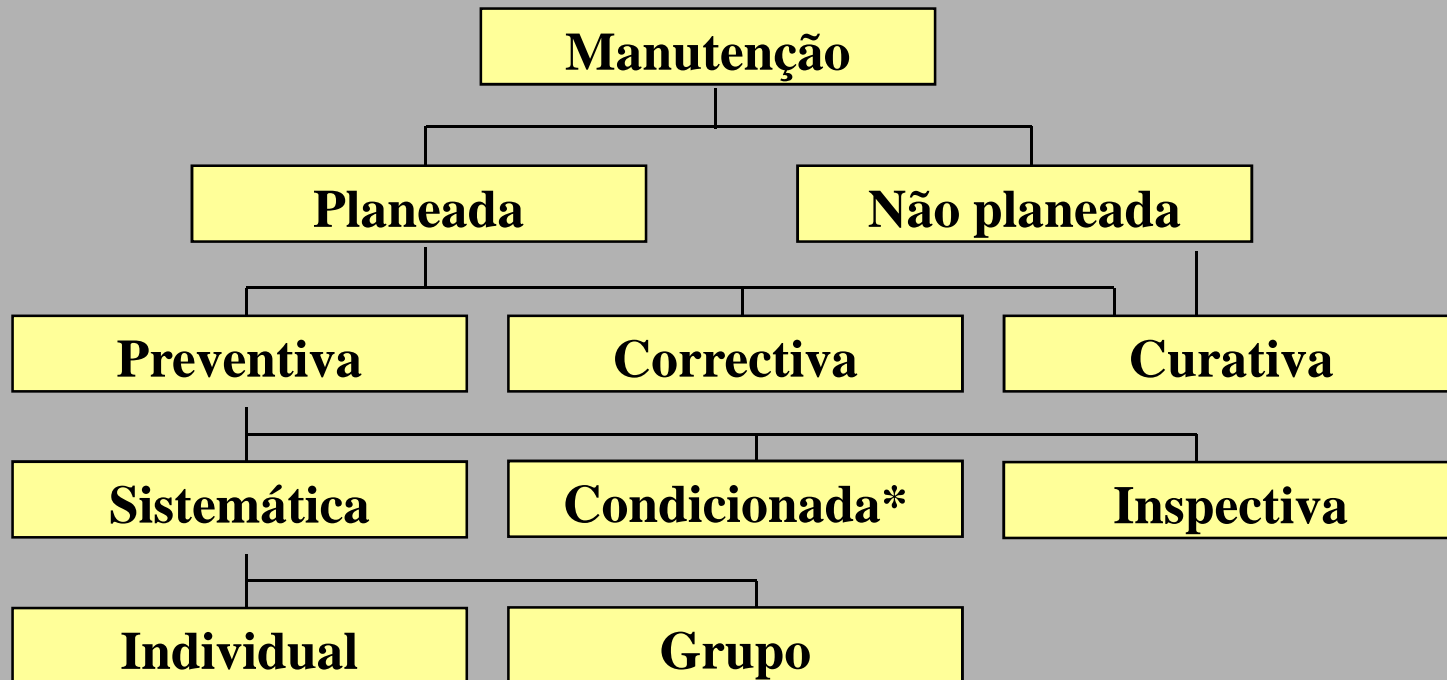
Eficácia na fase de Seleção





Eficácia e eficiência na fase de O&M

A **Eficácia e eficiência** depende das políticas de manutenção adoptadas:





Ciclo de vida

A **vida útil** de um equipamento depende:

- Se o equipamento é “**dedicado** a um produto” ou “universal”;
- Da eventual **obsolescência** tecnológica;
- Do estado de **degradação**.



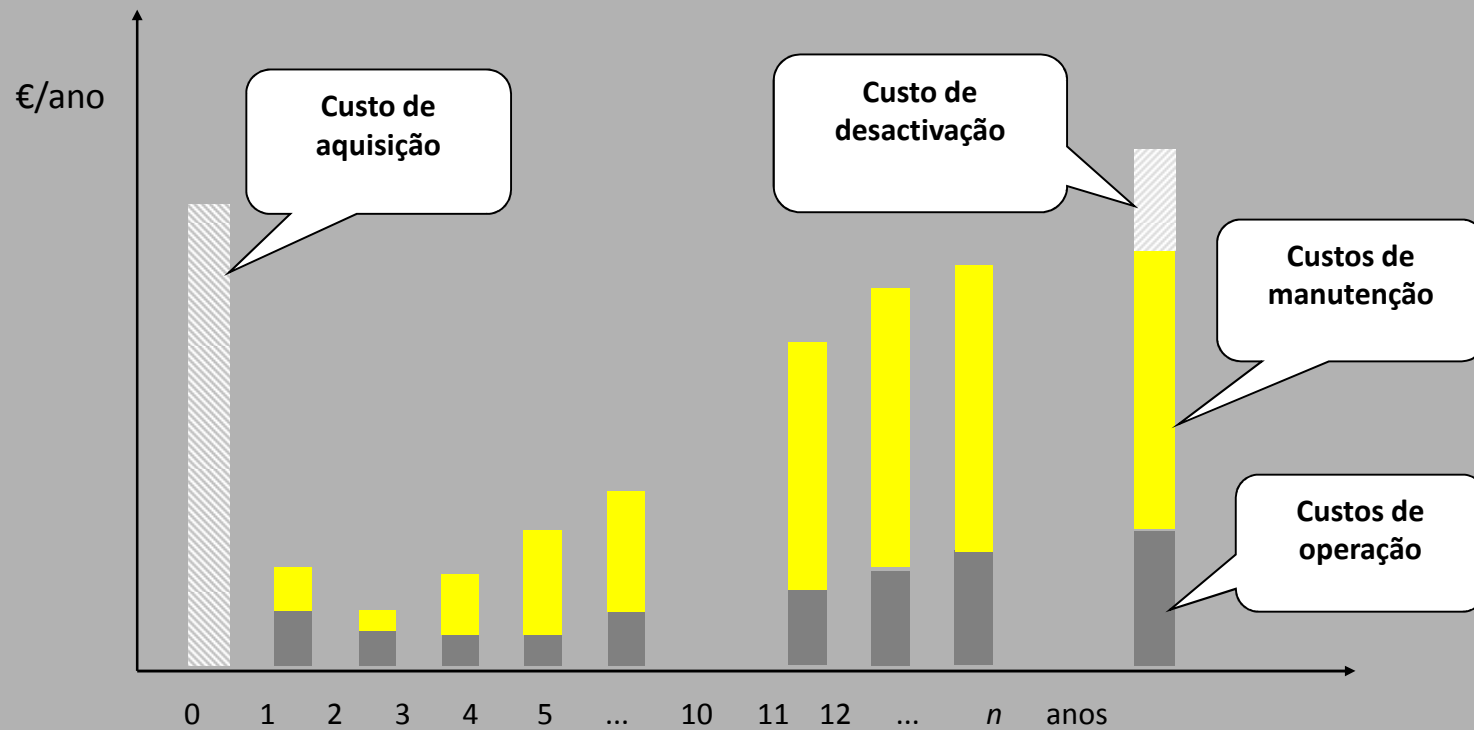
Eficácia e eficiência

A análise destas três fases (**selecção; O&M; desactivação**) devem:

- Obedecer a princípios de **racionalidade económica**;
- Ser fundamentadas em métodos quantitativos comprovados que tenham em conta a **incerteza** e o **valor temporal do (\$)**;
- Ser alvo de **objectivos** claros de eficiência operacional adaptáveis ao longo do tempo;
- Ser monitorizadas através de **indicadores** que meçam o grau de prossecução dos objectivos.



Custos do ciclo de vida

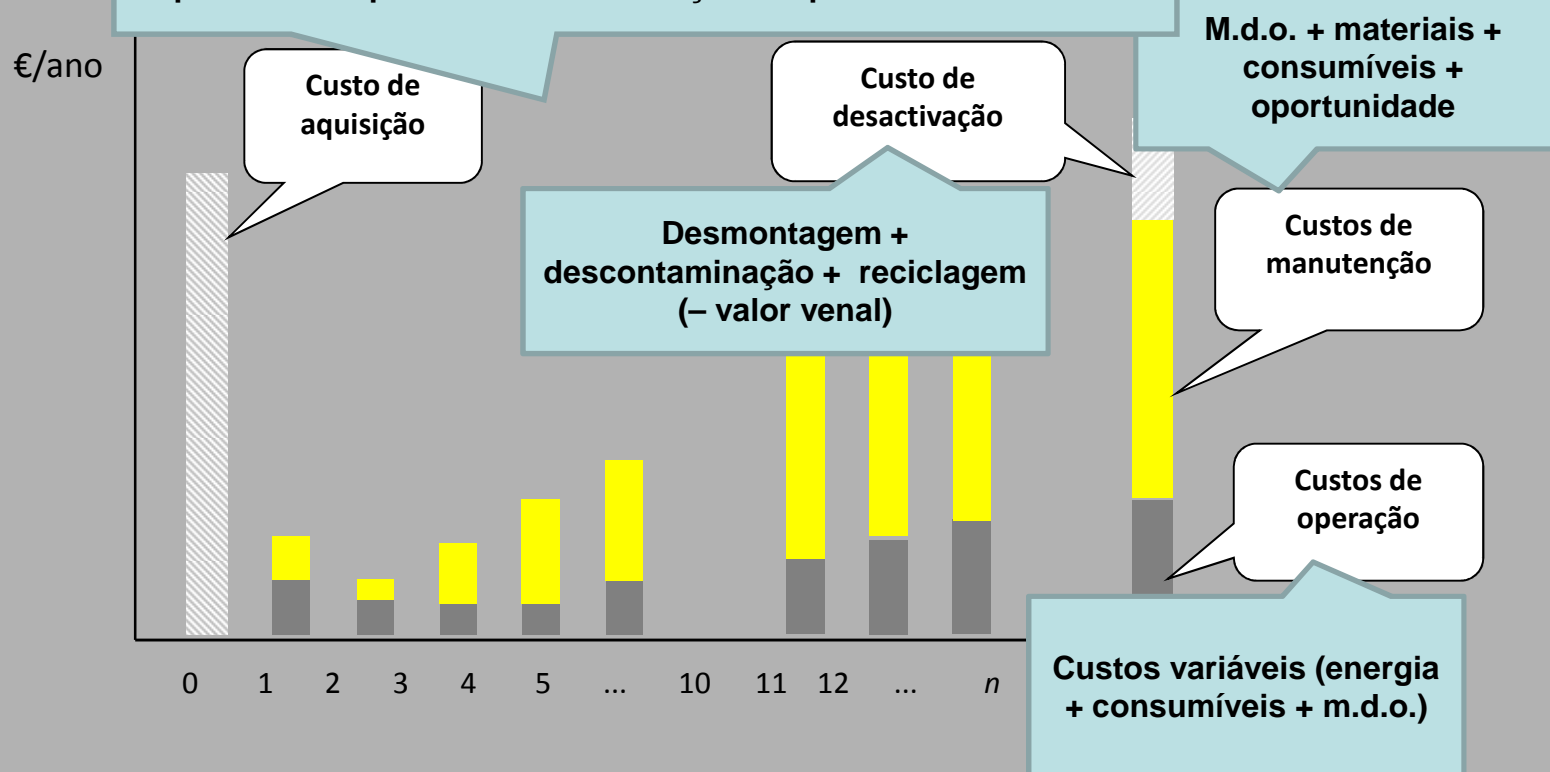




Custos do ciclo de vida

Custos anuais de O&M:

Evolução temporal em forma de S;
Crescimento de gradiente positivo moderado, nos primeiros anos;
Inflexão seguida de um crescimento de gradiente negativo com
tendência para entrar em patamar;
Dependem das políticas de manutenção adoptadas.





Exemplo 1 – Fase selecção

Uma empresa de construção civil possui **3** propostas para o fornecimento de uma máquina de perfuração de solos e prepara-se para seleccionar uma delas.

- Alternativa **mais económica**;
- **Custos pertinentes** geráveis ao longo dos **ciclos de vida**;
- Uma proposta é de **aquisição**; as outras duas são de **aluguer** com manutenção incluída e opção de compra;
- Para investimentos desta natureza, a empresa considera uma **taxa mínima de rentabilidade real** igual a 15%;
- Análise a preços constantes.



Exemplo 1 – Fase selecção

Vida estimada: **6** anos

Investimento: **500** K€

Empréstimo: **300** K€

Montante do empréstimo:	300 K€
Período de reembolso:	3 anos
Período de carência:	1 anos
Taxa de juro contratada:	7%

Anos	1	2	3	4	5	6
Capital em dívida no início do ano	300	300	200	100	0	0
Reembolso de capital	0	100	100	100	0	0
Reembolso acumulado de capital	0	100	200	300	0	0
Juros devidos	21	21	14	7	0	0



Exemplo 1 – Fase selecção

Quadro II.3 – Condições de amortização – “PC-240”

Valor do investimento	500K€
Período de amortização	5anos
Valor residual	0K€
Taxa anual de actualização	30%

Quadro II.4 – Depreciação fiscal – “PC-240”

Anos	1	2	3	4	5	6
Valor contabilístico	500	445	373	279	158	0
Depreciação	55	72	93	121	158	0

Quadro II.5 – Inputs para cálculo do cash-flow da Alternativa 1 – “PC-240”(K€)

Anos	0	1	2	3	4	5	6
Investimentos	500						
Valor residual							53
Custos de operação		4	4	5	5	7	9
Custos de manutenção		20	20	23	29	35	48
Custos de oportunidade				3	6	9	12
Amortizações		55	72	93	121	158	
Encargos financeiros		21	21	14	7		



Exemplo 1 – Fase selecção

Quadro II.6 – Inputs para cálculo do cash-flow da Alternativa 2 – “322-C”(K€)

Anos	0	1	2	3	4	5	6
Investimentos				270			
Valor residual							32
Custos de aluguer		105	105	105			
Custos de operação		6	6	9	10	14	18
Custos de manutenção					27	34	42
Custos de oportunidade				6	9	14	19
Amortizações					90	90	90

Quadro II.7 – Inputs para cálculo do cash-flow da Alternativa 3 – “EC-240”(K€)

Anos	0	1	2	3	4	5	6	7
Investimentos					330			
Valor residual								52
Custos de aluguer		130	130	130	130			
Custos de operação		4	4	5	5	7	9	12
Custos de manutenção						25	32	40
Custos de oportunidade					3	6	9	12
Amortizações						110	110	110



Exemplo 1 – Fase selecção

Quadro II.8 – Cash-flow da Alternativa 1 – “PC-240” (em K€)

Anos	0	1	2	3	4	5	6
+ Custos de aluguer	0	0	0	0	0	0	0
+ Custos de operação	0	4	4	5	5	7	9
+ Custos de manutenção	0	20	20	23	29	35	48
+ Custos de oportunidade	0	0	0	3	6	9	12
+ Amortizações	0	55	72	93	121	158	0
+ Encargos financeiros	0	21	21	14	7	0	0
= Resultado bruto de exploração	0	100	117	138	168	209	69
- Imposto (IRC)	0	40	47	55	67	84	28
= Resultado líquido de exploração	0	60	70	83	101	125	41
- Amortizações	0	55	72	93	121	158	0
- Encargos financeiros	0	21	21	14	7	0	0
= Cash-flow de exploração	0	-16	-23	-24	-27	-33	41
+ Cash-flow de investimento	500	0	0	0	0	0	-53
= Cash-flow líquido	500	-16	-23	-24	-27	-33	-12
x Factor de actualização	1	1	1	1	1	0	0
= Cash-flow líquido actualizado	500	-14	-17	-16	-16	-16	-5
Cash-flow líquido actualizado e acumulado	500	486	469	453*	437	421	416



Exemplo 1 – Fase selecção

<i>Quadro II.9 – Cash-flow da Alternativa 2 – “322-C” (em K€)</i>							
Anos	0	1	2	3	4	5	6
+ Custos de aluguer	0	105	105	105	0	0	0
+ Custos de operação	0	6	6	9	10	14	18
+ Custos de manutenção	0	0	0	0	27	34	42
+ Custos de oportunidade	0	0	0	6	9	14	19
+ Amortizações	0	0	0	0	90	90	90
+ Encargos financeiros	0	0	0	0	0	0	0
= Resultado bruto de exploração	0	111	111	120	136	152	169
- Imposto (IRC)	0	44	44	48	54	61	68
= Resultado líquido de exploração	0	67	67	72	82	91	101
- Amortizações	0	0	0	0	90	90	90
- Encargos financeiros	0	0	0	0	0	0	0
= <i>Cash-flow</i> de exploração	0	67	67	72	-8	1	11
+ <i>Cash-flow</i> de investimento	0	0	0	270	0	0	-32
= <i>Cash-flow</i> líquido	0	67	67	342	-8	1	-21
x Factor de actualização	1	1	1	1	1	0	0
= <i>Cash-flow</i> líquido actualizado	0	58	50	225	-5	1	-9
<i>Cash-flow</i> líquido actualizado e acumulado	0	58	108	333	328	329	320



Exemplo 1 – Fase selecção

Quadro II.10 – Cash-flow da Alternativa 3 – “EC-240” (em K€)

Anos	0	1	2	3	4	5	6	7
+ Custos de aluguer	0	130	130	130	130	0	0	0
+ Custos de operação	0	4	4	5	5	7	9	12
+ Custos de manutenção	0	0	0	0	0	25	32	40
+ Custos de oportunidade	0	0	0	0	3	6	9	12
+ Amortizações	0	0	0	0	0	110	110	110
+ Encargos financeiros	0	0	0	0	0	0	0	0
= Resultado bruto de exploração	0	134	134	135	138	148	160	174
- Imposto (IRC)	0	54	54	54	55	59	64	70
= Resultado líquido de exploração	0	80	80	81	83	89	96	104
- Amortizações	0	0	0	0	0	110	110	110
- Encargos financeiros	0	0	0	0	0	0	0	0
= <i>Cash-flow</i> de exploração	0	80	80	81	83	-21	-14	-6
+ <i>Cash-flow</i> de investimento	0	0	0	0	330	0	0	-52
= <i>Cash-flow</i> líquido	0	80	80	81	413	-21	-14	-58
x Factor de actualização	1	1	1	1	1	0	0	0
= <i>Cash-flow</i> líquido actualizado	0	70	61	53	236	-11	-6	-22
<i>Cash-flow</i> líquido actualizado e acumulado	0	70	131	184	420	409	403	382



Exemplo 1 – Fase selecção

Conclusões:

- $A_1 = 320 \times (A/P; 15\%; 6) = 110 \text{ K€}/\text{ano}$
- $A_2 = 320 \times (A/P; 15\%; 6) = 85 \text{ K€}/\text{ano}$
- $A_3 = 382 \times (A/P; 15\%; 7) = 92 \text{ K€}/\text{ano}$

Alternativa 2 é mais económica $| (85 - 110) | / 110 \times 100 \cong 23\%$ do que a Alternativa 1

Alternativa 2 é mais económica $| (85 - 92) | / 92 \times 100 \cong 8\%$ do que a Alternativa 3



Exemplo 1 – Fase selecção

Análise de sensibilidade:

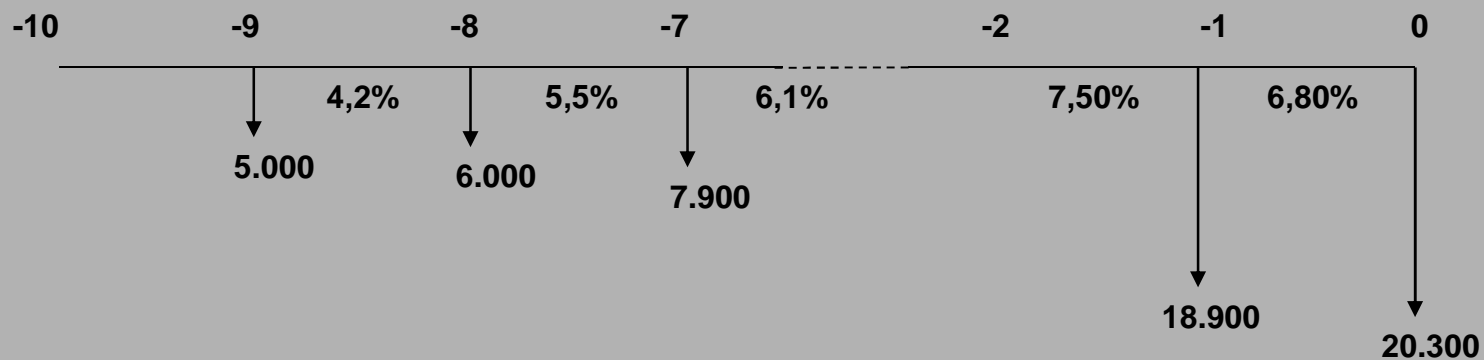
- O **valor do investimento** no equipamento PC 240 que torna esta alternativa e a alternativa de aluguer do equipamento 322 C **indiferentes** é 405 K€ em lugar de 500 K€;
- O **valor do investimento** no equipamento PC 240 que torna esta alternativa e a alternativa de aluguer do equipamento EC 240 **indiferentes** é 434 K€ em lugar de 500 K€;
- O **valor da TMR** que faz com que a alternativa de investimento no equipamento PC 240 e a alternativa de aluguer do equipamento EC 240 sejam **indiferentes** é 8,79% em lugar de 15%;
- O **valor da opção de compra** da alternativa de aluguer do equipamento EC 240 que faz com que esta alternativa e a alternativa de aluguer do equipamento 322 C sejam **indiferentes** é 280 K€ em lugar de 330 K€.



Exemplo 2 – Fase selecção

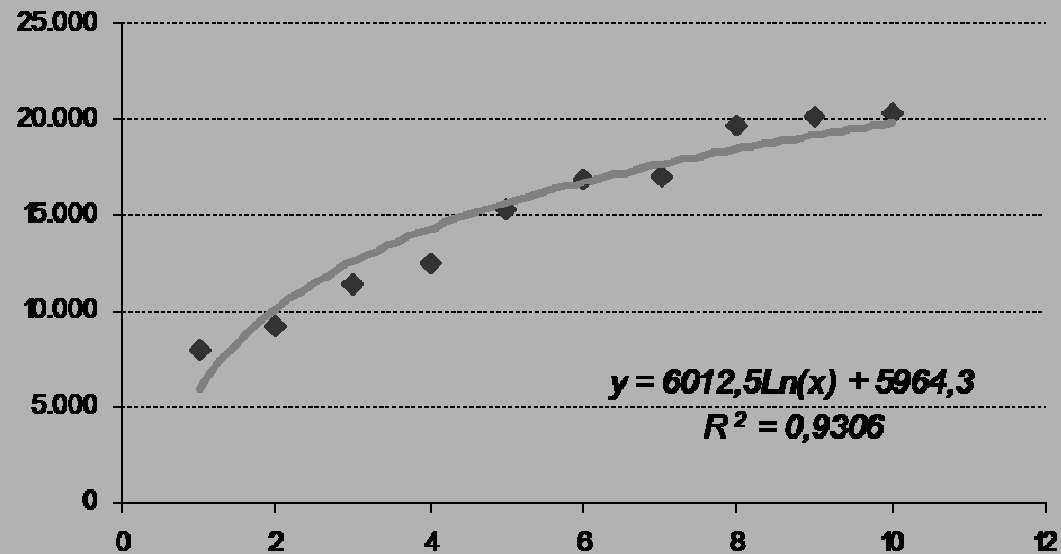
Quadro II.12 – Custos ajustados da inflação

Anos (1)	Anos (2)	Custos de manutenção (€/ano) (3)	Custos ajustados de manutenção (€/ano) (4)
-10	1	5.000	7.967
-9	2	6.000	9.175
-8	3	7.900	11.451
-7	4	9.100	12.432
-6	5	11.700	15.281
-5	6	13.300	16.832
-4	7	14.000	17.086
-3	8	17.200	19.747
-2	9	18.900	20.185
-1	10	20.300	20.300
+1	11	-	?
+2	12	-	?
+3	13	-	?





Exemplo 2 – Fase selecção

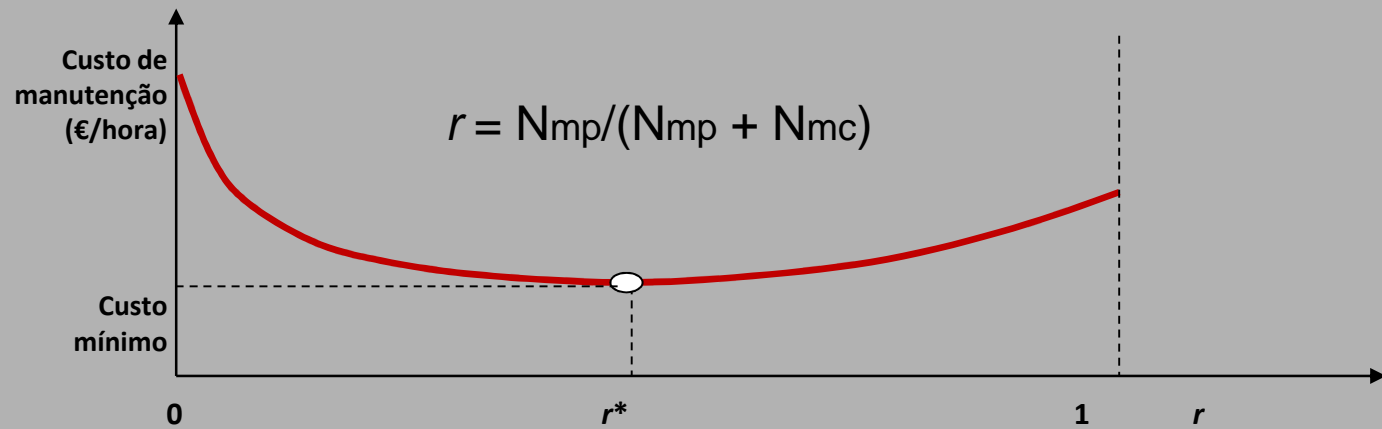


Quadro II.13 – Custos anuais previstos

Anos	Anos	Custos previstos de manutenção (€/ano)
+1	11	20.400
+2	12	20.900
+3	13	21.400



Exemplo 3 – Fase exploração





Exemplo 3 – Fase exploração

Quadro II.14 – Resultados dos modelos de manutenção do compressor

Modelos	Custo (€/hora)	Disponibilidade
Curativa	22,85	96,71%
Preventiva sistemática (custo mínimo)	12,59	97,00%
Preventiva sistemática (disponibilidade máx.)	14,80	97,41%
Preditiva	5,45 / 2,51*	98,70% / 99,06%*
Preventiva sistemática em bloco	8,08	98,87%



Exemplo 4 – Fase desactivação

Razões para desactivação:

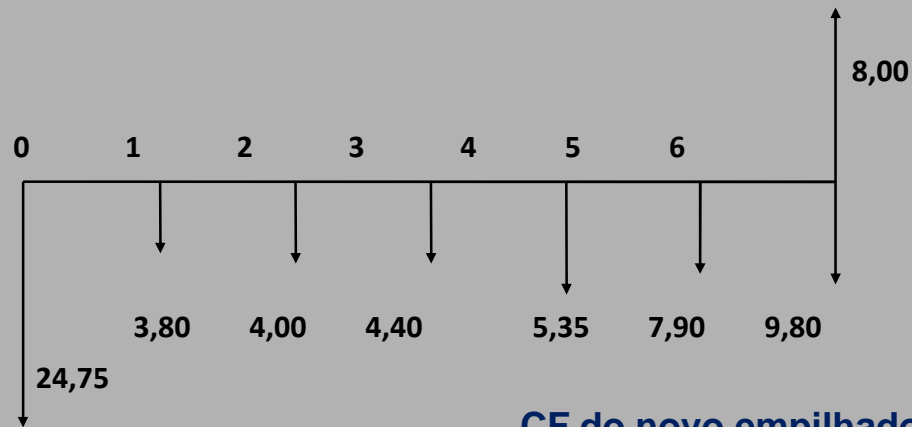
- Vida do produto à produção do qual se destina (equipamentos **dedicados**);
- **Obsolescência** tecnológica;
- Estado de **degradação** progressiva.

Quadro II.15 – Dados previsionais de exploração

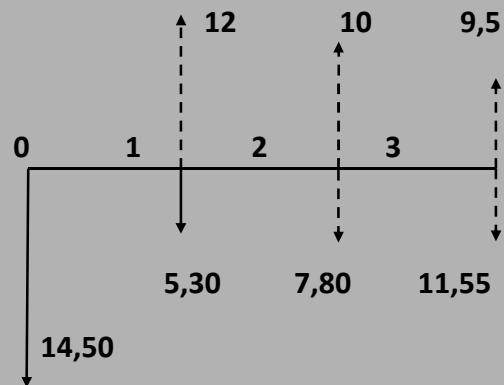
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	
Actual	Investimento	-	-	-	-	-	-	
	Valor residual	14.500	12.000	10.000	9.500	-	-	
	Manutenção	-	1.750	3.000	4.700	-	-	
	Consumos	-	3.050	4.300	6.350	-	-	
	Seguro	-	500	500	500	-	-	
		5.300	7.800	11.550				
Candidato	Investimento	24.750	-	-	-	-	-	
	Valor residual	-	19.750	17.500	14.500	12.000	10.000	8.000
	Manutenção	-	550	900	1.300	1.750	3.200	3.700
	Consumos	-	2.000	2.100	2.350	2.850	4.200	5.600
	Seguro	-	1.250	1.000	750	750	500	500
		3.800	4.000	4.400	5.350	7.900	9.800	



Exemplo 4 – Fase desactivação



CF do novo empilhador no caso da vida útil = 6 anos



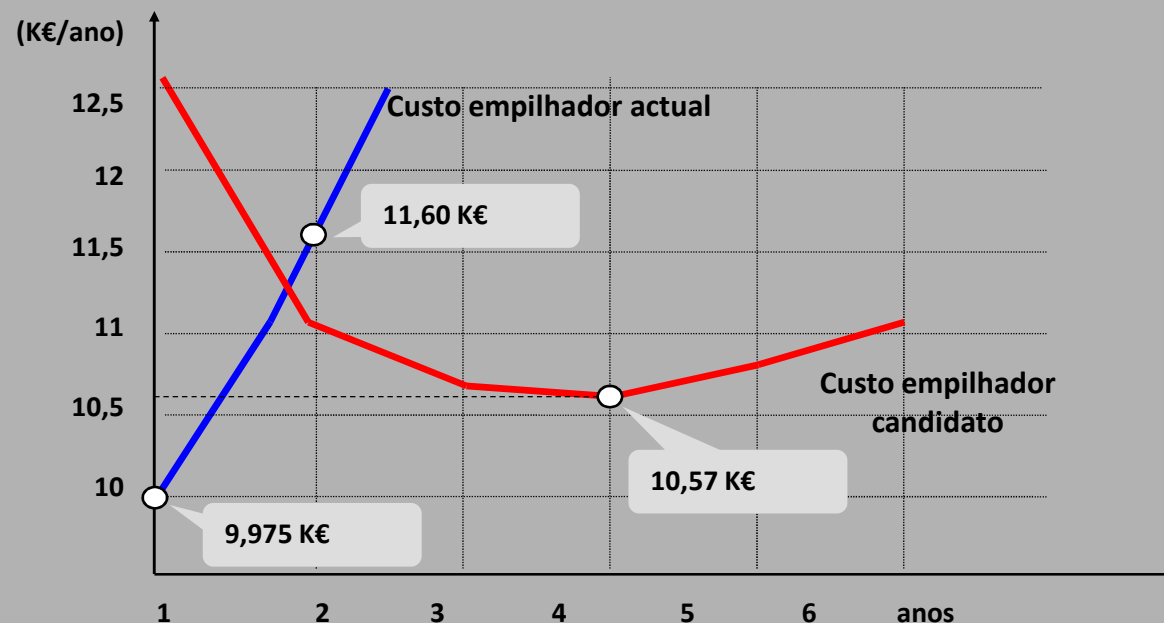
CF do empilhador actual (caso da vida útil restante por mais n anos; até 3



Exemplo 4 – Fase desactivação

Quadro II.16 – Custo do empilhador candidato					
1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano	6º ano
12,51	10,98	10,70	10,57 (mín.)	10,74	11,03

Quadro II.16 – Custo do empilhador actual		
Mais 1 ano	Mais 2 anos	Mais 3 anos
9,98 (mínimo)	10,73	11,54





Conclusões

Outras situações típicas se podem apresentar ao Gestor de Activos Físicos, como por exemplo:

- Previsão de consumo de um determinado componente caro para integrar o orçamento do próximo trimestre?
- Parâmetros de gestão mais adequados para gerir um componente montado em vários equipamentos e que pode falhar por diferentes modos?
- Um sobressalente caro, justificar-se-á economicamente adquiri-lo e mantê-lo em *stock*?
- Um órgão complexo e caro, justificar-se-á economicamente manter algumas unidades em *stock* como rotáveis?
- Com ajustar a periodicidade de MPS ou o calendário de inspecções em MPC à medida que mais informação sobre intervenções se vai acumulando?
- É economicamente viável montar um sensor para detecção da proximidade do estado de falhado de um componente?
- É economicamente viável realizar uma grande reparação num equipamento em alternativa à sua substituição?



Conclusões

A **Gestão de Activos** necessita de novas competências:

• **Linguagem** compreensível pela Gestão de topo:

- Razoabilidade dos **custos operacionais** decorrentes da adopção das políticas de manutenção mais adequadas;
- **Investimentos** visando melhorias de fiabilidade e de disponibilidade.

• **Métodos científicos** comprovados:

- **Estatística**,
- **Probabilidades** (risco);
- Técnicas de **simulação** em computador;
- Contabilidade de **custos**;
- Cálculo **financeiro**.



Obrigado

Rui Assis

rassis@rassis.com

Jorge Julião

juliao@fe.lisboa.ucp.pt