

Caso “Escada Rolante”

Rui Assis (RCM2+)¹

João Ribeiro (OMNIPRIME Solutions, Unipessoal Lda)²

¹ rassis46@gmail.com

² jprribeiro@gmail.com

Resumo

Determinamos se será economicamente viável transformar o sistema de comando e controlo de uma escada rolante que funciona actualmente em modo contínuo em modo intermitente. Este caso é fictício. Este texto em PDF, quer a aplicação EXCEL “Caso - Escada Rolante”, encontram-se residentes na Caixa 4 da folha de entrada do website <https://www.rassis.com/>

Caso

Um pequeno Centro Comercial (CC) existente há já alguns anos, dispõe de uma escada rolante (Figura 1), entre o piso de estacionamento e o piso das lojas, que funciona de modo contínuo durante o período de abertura, ou sejam, 14 horas. Surgiu, entretanto, a ideia de transformar o seu funcionamento para o modo intermitente – só na presença de clientes – e a dúvida sobre a sua viabilidade económica instalou-se.

Funcionamento contínuo ou intermitente?

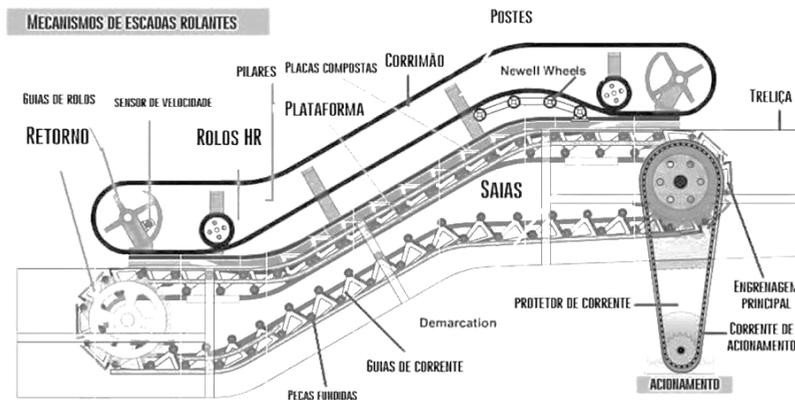


Figura 1 – Esquema geral de uma escada rolante

Para realizarmos esta análise, considerámos pertinente determinar 1) o custo do investimento para a transformação do modo de funcionamento contínuo actual para o modo de funcionamento intermitente, 2) o custo da energia em ambas as alternativas e 3) o custo da manutenção em ambas as alternativas.

A escada é actualmente movida por um único motor de indução trifásico com a potência de 22 kW que arranca com um sistema de estrela-triângulo no início de cada dia e permanece em funcionamento todo o período de 14 horas. Pensamos adaptá-lo com um variador de velocidade electrónico que

regulará simultaneamente a tensão e a frequência, permitindo dispor de um binário constante e, logo, de um arranque e eventuais regulações de velocidade suaves¹.

Com a ajuda de um *data-logger*, realizámos algumas medições que nos permitiu obter informações pertinentes:

- Corrente de pico no arranque**
1. O motor actual absorve a corrente nominal aproximada de 35 A².
 2. No modo contínuo actual, durante o arranque estrela-triângulo, o motor absorve a corrente de aproximadamente 1/3 da corrente que absorveria se arrancasse directamente em triângulo. A corrente de pico no arranque estrela é aproximadamente 3 a 5 vezes a corrente nominal (em modo estrela), e passados 5 segundos, ao comutar para triângulo, a corrente aumenta aproximadamente 6 a 8 vezes a corrente nominal (em modo triângulo), durante 3 segundos. Arbitremos então, que as duas correntes de pico sejam aproximadamente:
 - a. No arranque estrela: $1/3 \times 35 \times 5 \cong 58 \text{ A}$
 - b. Na comutação de estrela para triângulo: $8 \times 35 \cong 280 \text{ A}$
 3. Notemos, contudo, que, no modo contínuo, estes dois picos só se verificam uma vez por dia, pelo que o custo resultante será desprezado face a todos os outros custos.
 4. No modo intermitente, durante o arranque, o motor absorverá entre 1,2 e 1,5 vezes a corrente nominal, ou seja, aproximadamente $(1,2+1,5) / 2 \times 35 \cong 47 \text{ A}$, durante 2 segundos, resultante da regulação que pensamos efectuar na rampa de aceleração.

Custos pertinentes Para compararmos estas duas alternativas na perspectiva económica, temos de considerar os custos pertinentes, os quais, neste caso, serão:

- Custos de curto prazo**
- Custos de médio prazo**
- Custos de longo prazo**
- 1) Os custos de energia eléctrica que se originam continuamente, enquanto a escada se encontra em funcionamento; são **custos de curto prazo** (que se originam continuamente ao longo de horas).
 - 2) Os custos de manutenção (materiais e m.d.o.), cuja estratégia vamos considerar com sendo preventiva periódica (função do tempo de funcionamento ou do número de manobras), o que não impede que, episodicamente, se verifique uma falha e a necessidade de uma intervenção correctiva; são **custos de médio prazo** que se originarão pontualmente durante as intervenções para este efeito intervaladas de semanas ou meses.
 - 3) O custo do investimento (materiais e m.d.o.) no conjunto de dispositivos electrónicos necessários à transformação; são **custos de longo prazo** que se originarão hoje e que se repercutirão ao longo dos anos da vida restante estimada da escada.

A análise, em consequência, terá de ser realizada em três fases.

¹ Poderíamos ainda considerar a alternativa de manter a escada movendo-se a uma velocidade menor e só acelerar para a velocidade de serviço aquando da chegada de um cliente.

² $I = P / (\sqrt{3} \cdot V_c \cdot \cos \phi) = 22.000 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,9) \cong 35 \text{ A}$

No respeitante ao investimento, se optarmos pela alternativa da escada com funcionamento intermitente, o circuito eléctrico será mais complexo, pois terá de incluir um sensor da presença de clientes no início da escada, um variador electrónico de velocidade (em frequência) e um autómato programável (PLC), para contar e registar a quantidade de clientes servidos em cada hora, e medir e registar os tempos entre cada dois impulsos do sensor de presença. Estimamos o valor global do investimento em 15.000 €. Para este tipo de investimentos, o período de depreciação (compromisso entre obsolescência tecnológica e usura física) bem como a taxa mínima de atratividade em vigor na empresa são, respectivamente, 6 anos³ e 12%/ano.

Valor do investimento, depreciação e taxa de referência

Outros dados pertinentes são os seguintes:

Outros dados

1. O CC abre às 08.00 h.m. e fecha às 22.00 h.m de cada dia.
2. Este período pode dividir-se em 5 intervalos, tendo em conta a frequência típica das chegadas dos clientes, iniciando às horas descritas na segunda coluna e terminando às horas descritas na terceira coluna do Quadro 1. A quarta coluna mostra a duração de cada um destes cinco intervalos.
3. A quinta coluna do Quadro 1 mostra o tempo médio entre cada duas chegadas de clientes ao início da escada.

Intervalos de tempo	Início (h.m.)	Fim (h.m.)	Duração (minutos)	Tempo médio entre chegadas (seg)
Intervalo 1	8:00	10:00	120	50
Intervalo 2	10:00	12:00	120	40
Intervalo 3	12:00	16:00	240	30
Intervalo 4	16:00	19:00	180	50
Intervalo 5	19:00	22:00	180	40

Quadro 1 – Intervalos de tempo diários conforme a frequência média típica de chegada de clientes

O tempo médio entre cada duas chegadas de clientes ao início da escada será determinado tratando em frequência as observações registadas durante alguns dias⁴, com o apoio de um *data-logger* (registador de dados) instalado no quadro geral da escada.

4. A escada, durante o seu funcionamento actual, apresenta vários modos de falha (m.f.). Consideraremos, porém, para efeito da presente análise e como exemplo da abordagem a seguir, apenas dois m.f. de natureza mecânica mais comuns: 1) Desgaste e fadiga dos elos da corrente do motor (DE), 2) Desgaste e fadiga dos eixos dos degraus (ES). Estes três m.f. podem ser representados por distribuições de probabilidade de *Weibull* com os parâmetros descritos no Quadro 2⁵.

Parâmetros	DE	ES
Localização (horas): $t_0 =$	110	0
Forma: $\alpha =$	2,8	2,4
Escala (horas): $\beta =$	1.250	1.940

Quadro 2 – Parâmetros dos m.f. comuns do motor em funcionamento (horas)

³ Esta análise é realizada apenas na perspectiva económica.

⁴ O meu livro “Excel na Simulação de Sistemas e Análise de Risco”, AMAZON, 2018, trata este tema no ponto 3.1.1 e é acompanhado do *software* em Excel que realiza estes cálculos.

⁵ Segundo Normas IEC para sistemas eléctricos e ISO para sistemas mecânicos.

5. Durante o seu funcionamento intermitente, a escada apresentará os mesmos m.f. mecânicos – embora com menor frequência, pois, não funcionará tanto tempo e os arranques e as variações de velocidade serão suaves – mais três modos de falha de natureza electrónica: 1) Falha do banco rectificador (diodos) (BR), 2) Falha do banco ondulator (IGBT’s) (BO) e 3) Falha dos condensadores (*ripple*) (CD). Estes modos de falha podem ser representados por distribuições de probabilidade de *Weibull* com os parâmetros descritos no Quadro 3.

Periodicidade óptima económica

Precisamos agora de conhecer as periodicidades de manutenção preventiva bem com os custos de cada intervenção. Uma forma de o fazer é calcular a periodicidade óptima económica para cada m.f.⁶

Quadro 3 – Parâmetros dos m.f. comuns do motor nos arranques (ciclos)

Parâmetros	BR	BO	CD
Localização (arranques): $t_0 =$	0	0	0
Forma: $\alpha =$	1,1	1,3	2,1
Escala (arranques): $\beta =$	15.300	13.350	11.200

Outra forma, consiste em arbitrar uma probabilidade que consideremos aceitável de ocorrência de uma falha, indisponibilizando a escada durante algum tempo para procedermos à sua reparação.

Probabilidade aceitável de paragem da escada devida a avarias

Optemos pela segunda alternativa e fixemos a probabilidade de a escada parar, devido a uma falha, igual a 0,1. Isto é, admitimos que em cada 10 paragens para manutenção, 9 sejam para MP (planeadas) e uma seja para MC (imprevista). Nesta circunstância, calculamos o tempo de funcionamento (m.f. DE e ES) ou de arranques do motor (m.f. BR, BO e CD) até que a probabilidade de ele falhar devido a cada um destes m.f. iguale 0,1.

Usando a função *Goal Seek* do Excel, obtemos as periodicidades descritas na segunda coluna do Quadro 4.

Modos de falha	Custos de MP (€/intervenção)	Custos de MC (€/intervenção)	Periodicidades de MP exactas	Periodicidades de MP arredondadas
DE	2.200	3.700	670 (horas)	672 (horas)
ES	4.680	5.940	760 (horas)	756 (horas)
BR	1.500	1.900	1.978 (ciclos)	≅ 1.972 (ciclos)*
BO	2.500	3.200	2.370 (ciclos)	≅ 2.380 (ciclos)*
CD	600	1.400	3.840 (ciclos)	≅ 3.842 (ciclos)*

* Valores esperados obtidos no Excel na aplicação “Repetidor”, para um erro amostral ≅ 1%

Quadro 4 – Periodicidades e custos estimados de MP e MC

A segunda e terceira colunas do Quadro 4 mostram os custos estimados de cada intervenção (materiais e m.d.o.), respectivamente, de MP e de MC. A quinta coluna do Quadro 4 mostra as periodicidades de MP arredondadas para um número inteiro de dias ou número de arranque/ciclos, por conveniência do planeamento (resultando, p.ex., 48 dias para DE e 54 dias para ES).

⁶ O meu livro “Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Activos Físicos” LIDEL, 2014, mostra como calcular.

6. Em resultado das leituras colhidas pelo *data-logger*, conseguimos conhecer a fracção média da corrente nominal e a corrente média estabilizada em cada um dos cinco períodos de funcionamento da escada, no regime actual de funcionamento contínuo e estimado no regime intermitente, com a ajuda do fabricante do variador (Quadro 5).

Início período	Fim do período	Intervalos de tempo (h)	Corrente absorvida com variador		Corrente absorvida sem variador	
			Fracção média da corrente nominal	Corrente média estabilizada (A)	Fracção média da corrente nominal	Corrente média estabilizada (A)
8:00	10:00	2	0,4	14	0,8	28
10:00	12:00	2	0,3	10,5	0,6	21
12:00	16:00	4	0,25	8,75	0,5	17,5
16:00	19:00	3	0,4	14	0,8	28
19:00	22:00	3	0,3	10,5	0,6	21
Corrente média ponderada consumida =				11,25		22,5

7. Considerámos o custo da energia igual a 0,15 €/kWh.

Passemos agora ao Excel para a resolução do caso.

No Excel

Importemos a aplicação “Escada Rolante_ENEGI-2025” e entremos na folha “Simulador” (Figura 2).

- Nesta folha introduzimos os intervalos de tempo de cada um dos cinco intervalos, conforme mostra a Figura 2 no campo C5:D9.
- A duração de cada intervalo de tempo é calculada no campo E5:E9.



	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		Chegada de pessoas à escada					
3		Intervalos de tempo	Início	Fim	Duração (minutos)	Tempo médio entre chegadas (seg)	
4		Intervalo 1 =	8:00	10:00	120	50	
5		Intervalo 2 =	10:00	12:00	120	40	
6		Intervalo 3 =	12:00	16:00	240	30	
7		Intervalo 4 =	16:00	19:00	180	50	
8		Intervalo 5 =	19:00	22:00	180	40	
9							
10							
11		Momentos de chegada (minutos)					
12		Intervalo 1	Intervalo 2	Intervalo 3	Intervalo 4	Intervalo 5	
13							
14							
15	1	0,62	1,27	0,83	0,31	0,04	
16	2	1,60	2,00	2,05	1,85	1,59	
17	3	1,67	2,18	2,09	4,50	2,37	
18	4	3,15	2,19	2,65	4,56	2,59	
19	5	4,78	2,29	2,87	4,65	3,47	
20	6	8,45	3,04	2,94	5,36	4,10	
21	7	12,87	3,78	3,44	7,51	4,54	
22	8	13,07	4,22	3,46	8,00	4,57	
23	9	13,29	4,53	3,47	8,16	4,60	
24	10	13,87	5,12	3,88	8,24	5,94	
25	11	14,00	6,95	4,86	8,89	6,19	
26	12	14,09	8,03	5,09	8,89	7,16	
27	13	14,74	8,64	5,50	8,95	7,42	
28	14	19,88	10,46	5,60	9,82	7,68	
29	15	20,59	11,10	7,13	11,56	7,72	
30	16	22,02	11,63	7,16	12,40	9,18	
31	17	25,94	11,67	8,18	12,51	9,97	
32	18	25,98	11,93	8,21	12,54	11,91	
33	19	26,13	13,43	8,56	12,61	12,33	
34	20	26,88	13,92	9,40	14,35	12,49	
35	21	27,29	14,03	9,79	16,38	13,41	

Figura 2 – Dados e cálculo dos momentos de chegada de clientes ao longo de 14 horas

- No campo F5:F9 introduzimos os tempos médios entre chegadas dos clientes, os quais terão resultado do tratamento estatístico dos dados colhidos pelo *data-logger* ao longo de vários dias.
- O campo B15:F2014 simula momentos (em segundos) de chegada de clientes, segundo distribuições de probabilidade Exponenciais negativas. Notar que, em alternativa, estes momentos poderiam ter resultado das distribuições em frequência daqueles momentos observados⁷.
- O campo H16:H2014 calcula as diferenças de tempo (em segundos) entre cada duas chegadas dos clientes no intervalo 1 (entre as 08.00 e as 10.00 h.m.) (Figura 3). As colunas K, N, Q e T calculam o mesmo para os restantes quatro intervalos.
- A célula L3 mostra o tempo de ciclo em segundos, que pretendemos como limite, para que a escada funcione até parar se o sensor na entrada não detectar entretanto um novo cliente. Este dado é introduzido na célula G3 na folha “**Resultados**”. Isto é, um temporizador é accionado a partir de zero sempre que um cliente é detectado pelo sensor de presença no início da escada. Quando o temporizador acumula o número de minutos introduzido nesta célula G3, o motor de accionamento da escada pára e só volta a funcionar quando um novo cliente surge no início da escada, depois do sensor enviar sinal ao temporizador para um novo ciclo de contagem a partir de zero. Se o intervalo de tempo entre as chegadas de dois clientes for inferior àquele número, a escada continuará em movimento.

Figura 3 – Intervalos de tempo entre chegadas de clientes e tempos da escada parada

	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1															
2															
3							2,5								
4															
5															
6															
7		Nº de arranques =	8		Nº de arranques =	3		Nº de arranques =	4		Nº de arranques =	15		Nº de arranques =	5
8		Tempo parada (min) =	9,25		Tempo parada (min) =	2,86		Tempo parada (min) =	1,88		Tempo parada (min) =	9,28		Tempo parada (min) =	6,97
9															
10															
11		Intervalo 1			Intervalo 2			Intervalo 3			Intervalo 4			Intervalo 5	
12		Tempos entre cada	Tempos da escada		Tempos entre cada	Tempos da escada		Tempos entre cada	Tempos da escada		Tempos entre cada	Tempos da escada		Tempos entre cada	Tempos da escada
13		duas pessoas	parada (min)		duas pessoas	parada (min)		duas pessoas	parada (min)		duas pessoas	parada (min)		duas pessoas	parada (min)
14		(minutos)			(minutos)			(minutos)			(minutos)			(minutos)	
15															
16		0,31			0,49			0,30			0,26			0,45	
17		0,52			0,43			0,34			0,24			0,05	
18		0,77			0,08			0,15			1,34			2,54	0,04
19		0,92			0,24			0,83			0,50			1,44	
20		1,33			0,27			0,99			0,12			0,62	
21		0,78			0,40			0,71			2,00			0,28	
22		1,62			0,87			0,69			1,44			0,48	
23		1,45			0,60			0,57			0,48			0,65	
24		0,35			0,06			0,07			1,12			0,10	
25		0,64			1,26			0,73			0,32			0,91	
26		0,45			0,75			0,61			0,61			0,51	
27		1,05			0,01			0,02			0,61			0,42	
28		2,55	0,05		0,27			2,65	0,15		1,79			0,81	
29		1,16			0,06			0,51			1,33			1,12	
30		0,26			1,22			0,13			2,93	0,43		0,30	
31		0,91			0,58			2,60			0,55			0,71	
32		0,13			0,25			0,03	0,10		0,01			0,83	
33		1,11			0,19			0,30			0,39			0,18	
34		1,20			0,14			0,27			3,16	0,56		1,21	
35		0,22			0,25			0,15			1,99			1,98	
36		0,10			0,51			0,30			0,83			0,85	
37		2,87		0,37	0,85			1,28			0,61			3,18	0,68

- O campo I16:I2014 calcula os intervalos de tempo durante os quais a escada permanece parada. As colunas L, O, R e U calculam o mesmo para os restantes quatro intervalos.
- A célula W7 soma o número total de arranques da escada num dia de 14 horas, a célula W8 soma o tempo durante o qual a escada esteve

⁷ A aplicação Excel “Simulador_distrib_empirica” do meu livro “Excel na Simulação de de Sistemas e Análise de Risco”, Amazon, 2018, mostra como.

parada durante estas 14 horas e a célula W10 calcula o tempo durante o qual a escada esteve a funcionar.

Passemos agora para a folha “Energia” (Figura 4).

Folha “Energia”

- No campo H6:H11 introduzimos os dados característicos do motor eléctrico.
- Na célula H23 introduzimos o custo da energia paga ao fornecedor.
- No campo F16:F20 introduzimos a fracção média estimada da corrente nominal consumida pelo motor eléctrico, na alternativa de funcionamento intermitente e o campo H16:H20 calcula a intensidade da corrente média estabilizada resultante.
- A célula H21 calcula a intensidade da corrente média ponderada consumida.
- No campo J16:J20 introduzimos a fracção média – deduzida a partir dos dados recolhidos pelo *data-logger* – da corrente nominal consumida pelo motor eléctrico, na alternativa de funcionamento contínuo e o campo L16:L20 calcula a intensidade da corrente média estabilizada resultante.
- A célula L21 calcula a intensidade da corrente média ponderada consumida.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
3																					
4																					
5					Dados do motor eléctrico									Funcionamento intermitente com variador							
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					
22																					
23																					
24																					

Notemos que todos os valores da coluna S, calculados nesta folha, são aleatórios (excepto a célula S17) pois operam com valores também aleatórios gerados na folha “Simulador”.

Figura 4 – Consumos energéticos das duas alternativas

Passemos agora para a folha “Manutenção” (Figura 5).

- Esta folha mostra os dados e os cálculos das alternativas, “Funcionamento contínuo sem variador” do lado esquerdo e “Funcionamento intermitente com variador” do lado direito.

Funcionamento contínuo sem variador

- Nos campos D8:D10 e D16:D18, introduzimos os parâmetros das distribuições de probabilidade de *Weibull* representativas dos modos de falha identificados no Quadro 2.
- Nos campos D12:D13 e D20:D21 introduzimos os custos das conseqüentes intervenções de MP e de MC (Quadro 4).

- Na célula H9 convertemos a taxa de referência anual em referência diária⁸ já que temos de converter todos os custos numa base diária.

	E	F	G	H	I	J	K
6							
7							
8		Taxa de referência anual =	12%	ano			
9		Taxa de referência diária =	0,03%	dia		$i_p = (1+i)^{1/f} - 1$	
10							
11		Investimento (variador) =	15 000	€			
12		Período de depreciação =	6	anos			
13		Período de depreciação =	2 190	dias			
14							
15		Depreciação diária =	9,44	€/dia		$A=P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$	
16							
17							

Figura 6 – Dados para o cálculo da depreciação diária do investimento

- Na célula H11 introduzimos o valor do investimento nos dispositivos necessários à conversão da escada do modo de funcionamento contínuo para intermitente.
- Na célula H12 introduzimos o período de depreciação (compromisso entre obsolescência tecnológica e usura física), conforme critérios usados na empresa.
- A célula H13 converte em dias os anos introduzidos na célula H12.
- Finalmente a célula H15 calcula o valor da depreciação diária⁹.

Passamos finalmente para a folha “**Resultados**” (Figura 7).

Folha “**Resultados**”

- A folha mostra dois quadros – um intitulado “Funcionamento intermitente com variador” e o outro “Funcionamento contínuo sem variador”. Na célula G3 introduzimos o intervalo de tempo máximo, durante o qual pretendemos que a escada se deve mantenha em funcionamento (sem utilizadores).
- No quadro “Funcionamento intermitente com variador”, temos:
 - Na célula G7 o custo diário da energia eléctrica consumida (lida na folha “**Energia**”).
 - Na célula G8 o custo diário da manutenção (lida na folha “**Manutenção**”).
 - Na célula G9 o custo da depreciação do investimento.
 - A célula G10 soma estas três naturezas de custo, fornecendo o custo diário desta alternativa.
- No quadro “Funcionamento contínuo sem variador”, os cálculos são semelhantes à alternativa anterior, com excepção do custo da depreciação que nesta alternativa não existe.

⁸ A folha “Taxa nominal-efectiva” da aplicação “Factores conversão.XLSX” no meu website <https://www.rassis.com/economia.html> permite realizar esta transformação.

⁹ A folha “Conversões” da mesma aplicação na nota anterior, permite realizar este cálculo.

Arbitremos um intervalo de tempo máximo de 2,5 minutos de funcionamento da escada em vazio (célula G3).

- Como os valores obtidos nas células G7, G8 e G15 são aleatórios, os valores obtidos nas células G10 e G17 (custos globais) também o são. Para obtermos os valores esperados, temos de os repetir.
- A célula I20 calcula quanto uma das duas alternativas é mais económica do que a outra (em %). O resultado esperado obtido na aplicação “Repetidor”, para um erro amostral <1%, devolve $\cong 16\%$.
- A célula I21 permite calcular a probabilidade da alternativa mais económica se tornar, afinal, a pior (de a decisão se inverter). O resultado esperado obtido na aplicação “Repetidor”, para um erro amostral <1%, devolve $\cong 0$.

Figura 7 – Custos dos dois modos de funcionamento

	C	D	E	F	G	H	I	
1								
2								
3		Intervalo de tempo máximo fixado de funcionamento em vazio =				2,5	minutos	
4								
5			Funcionamento intermitente com variador					
6								
7					Custo da energia =	14,49	€/dia	
8					Custo da manutenção =	126,25	€/dia	
9					Depreciação do investimento =	9,44	€/dia	
10					Custo global =	150,18	€/dia	
11								
12								
13			Funcionamento contínuo sem variador					
14								
15					Custo da energia =	28,81	€/dia	
16					Custo da manutenção =	143,76	€/dia	
17					Custo global =	172,57	€/dia	
18								
19								
20					Conclusão: O funcionamento intermitente é mais económico:		12,98 %	
21					Probabilidade de esta decisão se inverter =		0	
22								

Conclusões

Perante estes resultados, podemos concluir que:

- 1) Na perspectiva económica, a poupança esperada de energia de aproximadamente 25 €/dia (para um erro amostral < 1%), é muito reduzida pelo que, a exemplo de muitas outras situações, o critério “economia” poderá não ser o único a ter em conta para a tomada de decisão, circunstância na qual teríamos de recorrer a um método multicritério como, p. ex., o AHP, o ANP¹⁰, o MACBETH, o PROMETHEE, etc.
- 2) Interessante notar que, para intervalos de tempo de funcionamento da escada em vazio inferiores a 2 minutos (célula G3 da folha “**Resultados**”), a conclusão inverter-se-ia.

¹⁰ O ANP é uma generalização do AHP