



Avaliação económica de investimentos Energias Renováveis

Miguel Centeno Brito

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

$$\text{custo unitário médio anual} = \frac{\text{despesas anuais}}{\text{energia produzida}}$$

Despesas podem incluir:

- encargos anuais referidos ao investimento inicial
- encargos de operação e manutenção
- encargos com combustível
- encargos diversos (e.g. substituição equipamento)

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Não é indiferente

- pagar (ou receber) dinheiro hoje ou
- pagar (ou receber) a mesma quantia decorridos alguns anos.

TAXA DE ACTUALIZAÇÃO

TAXA DE ACTUALIZAÇÃO

F_0 é o valor do pagamento feito no momento actual ($n=0$).

Então ao fim de n anos o total acumulado é F' , em que a é o rendimento real anual do capital.

$$F' = F_0(1+a)^n$$

Inversamente, um pagamento feito ao fim de n anos equivale a um pagamento menor feito hoje.

$$F_0 = \frac{F'}{(1+a)^n}$$

F_0 é o **valor actualizado** do pagamento (ou recebimento) feito no prazo de n anos a é a **taxa de actualização** (%).

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Simplificações:

- As despesas efectuam-se no primeiro dia do ano durante o qual se pagam.
- As receitas entram no último dia do ano durante o qual efectivamente se recebem.
- Não se consideram juros ou amortizações porque dependem das condições de financiamento, logo iguais para todos os empreendimentos que se comparam.

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Encargos com o investimento C_{a1}

- Pagamento integral no momento inicial, $n=0$

$$C_{a1} = I_t$$

I_t (€) investimento total

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Encargos com o investimento C_{a1}

- Pagamento integral no momento inicial, $n=0$

$$C_{a1} = I_t$$

- Pagamento faseado ao longo de N anos, antes do início da exploração

$$C_{a1} = I_{ta} = \sum_{j=1}^N I_j (1+a)^j$$

I_{ta} (€) o investimento total actualizado

a (%) taxa de actualização

I_j (€) é o investimento no ano j

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Encargos com o investimento C_{a1}

- Pagamento integral no momento inicial, $n=0$

$$C_{a1} = I_t$$

- Pagamento faseado ao longo de N anos, antes do início da exploração

$$C_{a1} = I_{ta} = \sum_{j=1}^N I_j (1+a)^j$$

- Pagamento faseado ao longo de n anos, depois do início da exploração

$$C_{a1} = I_{ta} = \sum_{j=0}^{n-1} \frac{I_j}{(1+a)^j}$$

I_{ta} (€) o investimento total actualizado

a (%) taxa de actualização

I_j (€) é o investimento no ano j

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Encargos de operação e manutenção C_{a2}

$$C_{a2} = \sum_{j=1}^n \frac{I_t d_{omj}}{(1+a)^j}$$

d_{omj} (%) despesas de O&M relativas ao investimento total, no ano j

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Produção acumulada de energia E_{act}

$$E_{act} = \sum_{j=1}^n \frac{E_{aj}}{(1+a)^j} = \sum_{j=1}^n \frac{P_i h_{aj}}{(1+a)^j}$$

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Modelo simplificado

Para simplificar as contas vamos escrever:

$$k_a = \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+a)^j} \quad i = \frac{1}{k_a}$$

Que se pode provar (por indução) ser:

$$k_a = \frac{(1+a)^n - 1}{a(1+a)^n} \quad i = \frac{1}{k_a}$$

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Modelo simplificado

Vamos considerar:

- O investimento concentra-se no instante inicial.
- A utilização anual h_a da potência instalada é constante.
- Os encargos de O&M d_{om} são constantes
- Não há encargos com combustível
- Não há encargos diversos (ou podem ser incluídos nos encargos de O&M).

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Modelo simplificado

Vamos considerar:

- O investimento concentra-se no instante inicial.
- A utilização anual h_a da potência instalada é constante.
- Os encargos de O&M d_{om} são constantes
- Não há encargos com combustível
- Não há encargos diversos (ou podem ser incluídos nos encargos de O&M).

$$c_{a1} = I_t$$

$$E_{act} = E_a k_a = P_i h_a k_a$$

$$c_{a2} = d_{om} I_t k_a$$

$$c_{a3} = 0$$

$$c_{a4} = 0$$

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Modelo simplificado

Vamos considerar:

- O investimento concentra-se no instante inicial.
- A utilização anual h_a da potência instalada é constante.
- Os encargos de O&M d_{om} são constantes
- Não há encargos com combustível
- Não há encargos diversos (ou podem ser incluídos nos encargos de O&M).

$$c_{a1} = I_t$$

$$E_{act} = E_a k_a = P_i h_a k_a$$

$$c_{a2} = d_{om} I_t k_a$$

$$c_{a3} = 0$$

$$c_{a4} = 0$$

$$c_a = \frac{I_t(1 + d_{om} k_a)}{E_a k_a} = \frac{I_t(i + d_{om})}{E_a} = \frac{I_{01}(i + d_{om})}{h_a}$$

€/W

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Exemplo

Sistema fotovoltaico 3.68kW, sem baterias

Custo 4€/W, no instante inicial

O&M: 0.5% do investimento inicial

Taxa de actualização de 5%

Vida útil estimada: 25 anos

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Subida de preços!

Encargos combustível c_{a3}

$$c_{a3} = \sum_{j=1}^n \frac{C_{fuel} P_i h_{aj}}{(1+a)^j}$$

C_{fuel} (€/kWh)

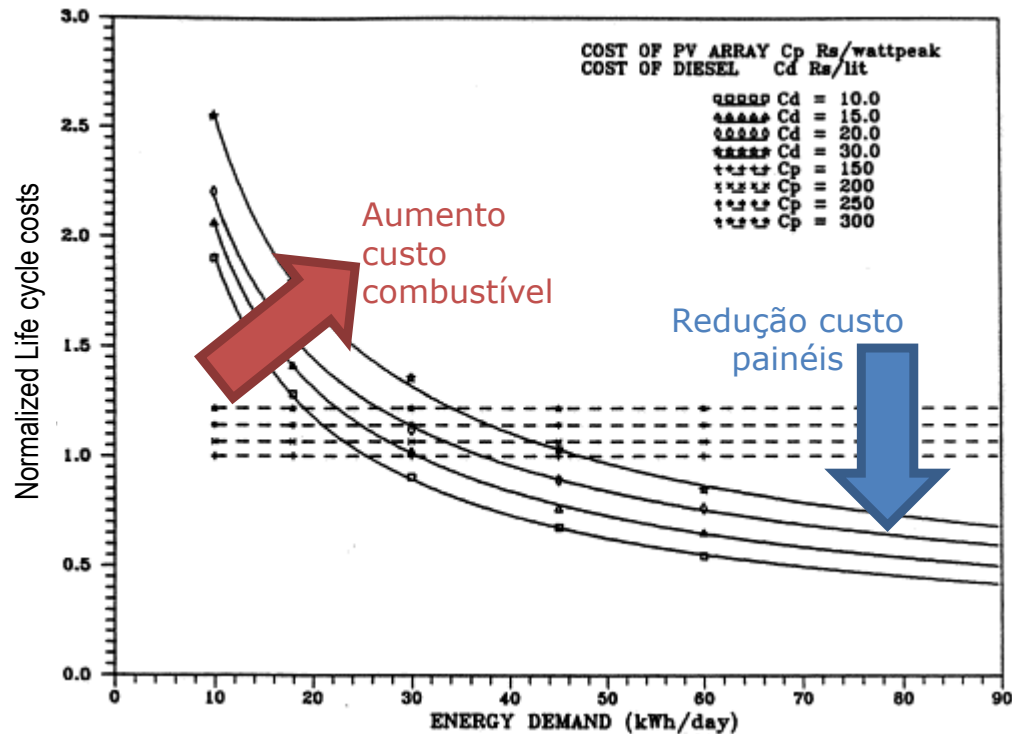
P_i (kW) potência instalada

h_{aj} (h) utilização anual da potência inst

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

Análise de sensibilidade

M. Kolhe, S. Kolhe, J. C. Joshi, *Economic viability of stand-alone solar photovoltaic system in comparison with diesel-powered system for India*, Energy Economics, **24**:2 (2002)155-165



CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

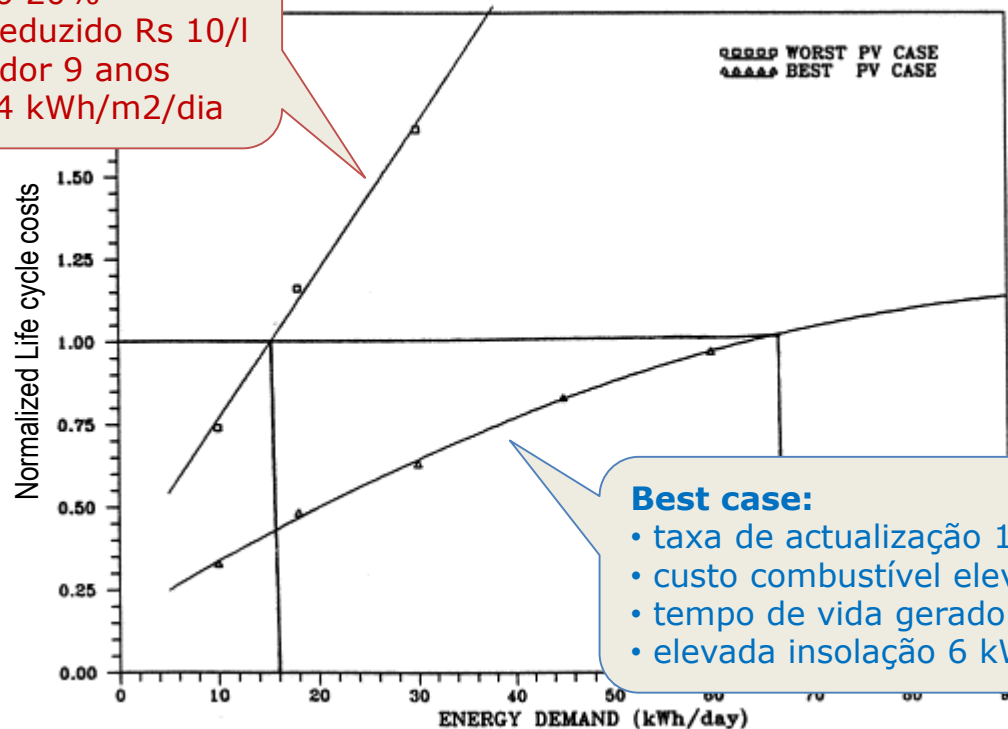
Análise de sensibilidade

M. Kolhe, S. Kolhe, J. C. Joshi, *Economic viability of stand-alone solar photovoltaic system in comparison with diesel-powered system*

Economics, **24:2** (2002)155-165

Worst case:

- taxa de actualização 20%
- custo combustível reduzido Rs 10/l
- tempo de vida gerador 9 anos
- reduzida insolação 4 kWh/m²/dia



Best case:

- taxa de actualização 10%
- custo combustível elevado Rs 30/l
- tempo de vida gerador 3 anos
- elevada insolação 6 kWh/m²/dia

INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

VAL – valor actual líquido (NPV – net present value)

Diferença entre entradas e saídas de dinheiro (*cash flow*):

$$VAL = \sum_{j=1}^n \frac{R_{Lj}}{(1+a)^j} - \sum_{j=0}^{n-1} \frac{I_j}{(1+a)^j} + \frac{V_R}{(1+a)^n}$$

$R_{Lj}(\text{€})$ receita líquida no ano j
 $V_R(\text{€})$ valor residual no fim de vida

INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

VAL – valor actual líquido (NPV – net present value)

Diferença entre entradas e saídas de dinheiro (*cash flow*):

$$VAL = \sum_{j=1}^n \frac{R_{Lj}}{(1+a)^j} - \sum_{j=0}^{n-1} \frac{I_j}{(1+a)^j} + \frac{V_R}{(1+a)^n}$$

$$R_{Lj} = R_j - d_{omj} I_t$$

$R_{Lj}(\text{€})$ receita líquida no ano j
 $V_R(\text{€})$ valor residual no fim de vida

INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

VAL – valor actual líquido (NPV – net present value)

No nosso modelo simplificado:

$$VAL = R_L \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+a)^j} - I_t = R_L k_a - I_t$$

Se assumirmos que a tarifa de electricidade aumenta

$$\begin{aligned} VAL &= \sum_{j=1}^n \frac{R_{Lj}}{(1+a)^j} - I_t = \sum_{j=1}^n \frac{R_{L0}(1+e)^j}{(1+a)^j} - I_t \\ &= R_{L0} \left(\frac{1+e}{a-e} \right) \left(1 - \left(\frac{1+e}{1+a} \right)^n \right) - I_t \end{aligned}$$

INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

TIR - Taxa interna de rentabilidade

Taxa de actualização que anula o VAL

$$\sum_{j=1}^n \frac{R_{Lj}}{(1 + TIR)^j} - \sum_{j=0}^{n-1} \frac{I_j}{(1 + TIR)^j} = 0$$

Nota: Não se pode resolver explicitamente, requer meios iterativos (ou em Excel, usando as funções IRR, ou GOALSEEK).

INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

Período de recuperação (payback)

Investimento total dividido por receitas menos despesas anuais

$$T_r = \frac{\sum_{j=0}^{n-1} \frac{I_j}{(1+a)^j}}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{R_{Lj}}{(1+a)^j}}$$

INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

ROI – Retorno do investimento

Quantas unidades recebo por unidade investida?

$$ROI = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{R_{Lj}}{(1+a)^j}}{\sum_{j=0}^{n-1} \frac{I_j}{(1+a)^j}}$$

ROI = 1 quando VAL = 0

	I	J	K	L	M
e	VAL (€)	TIR	Tr (anos)	ROI	
0	-5591.63	0.75%	40.31	0.62	
6	3638.19	6.79%	20.05	1.25	

Conceitos que importa reter...

CUSTO UNITÁRIO MÉDIO DA ENERGIA

- Taxa de actualização
- Encargos
- Produção
- Subida de preços
- Análise de sensibilidade

INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

- VAL – Valor actual líquido
- TIR - Taxa interna de rentabilidade
- Payback - Período de recuperação
- ROI – Retorno do investimento