

**Gestão de Energia**

---

**Administração e Gerenciamento de Energia**

**Análise de Investimentos em Energia**

- **Conceitos**
- **Métodos de Avaliação**
- **Exemplo**

# Análise Econômica de Investimentos

## Conceitos

### Taxa de Desconto, Valor Presente, Valor Futuro, FRC

A *Taxa de Desconto* se refere à taxa de juros ou ao custo de oportunidade, não cabendo aqui fazer uma distinção conceitual entre esses dois termos.

A taxa de desconto é importante na avaliação de determinadas opções pois permite compará-las quantitativamente quando envolve valores gastos ou economizados em diferentes datas.

Frequentemente, nas avaliações energéticas, é utilizado uma taxa de desconto de 10% ao ano.

Quando há inflação deve-se utilizar uma taxa de desconto combinada  $j$  que leva em consideração a taxa de inflação  $f$  e a taxa de desconto real  $i$ . A equação é dada por:

$$(1 + j) = (1 + i) * (1 + f)$$

Seja uma quantia  $V_A$  aplicada a uma taxa de desconto  $i$  num determinado período. Ao final do período ter-se-á um valor  $V_F$  dado por:

$$V_F = V_A * (1 + i)$$

O valor  $V_A$  é chamado de *Valor Presente* ou atual e o valor  $V_F$  é chamado de *Valor Futuro*.

Outro conceito utilizado também é o *Fator de Recuperação de Capital ( FRC )*, que é mostrado abaixo:

Seja uma sequência de  $N$  pagamentos ( $A_1, A_2, \dots, A_N$ ), o FRC neste caso será dado por:

$$FRC(i, N) = \frac{1}{\sum_{n=1}^N (1 + i)^{-n}} = \frac{i}{\left[1 - (1 + i)^{-N}\right]}$$

# Análise Econômica de Investimentos

## Simbologia

*CC* : Custo ( investimento inicial ) da tecnologia convencional;

*CCA* : Custo do Ciclo de Vida Anualizado;

*CCV* : Custo do Ciclo de Vida;

*CE* : Custo da tecnologia eficiente;

*CEE* : Custo da Energia Economizada;

*CI* : Custo do Investimento Inicial;

*CMO* : Custo da mão de obra;

*CT* : Custo total;

*EC* : Energia anual consumida com a tecnologia convencional;

*EE* : Energia anual consumida com a tecnologia eficiente;

*FRC* : Fator de Recuperação de Capital;

*G* : Ganhos anuais (redução nos custos operacionais);

*i* : Taxa de desconto;

*N* : Número de períodos considerados (meses, anos);

*PE* : Preço da energia;

*PP* : Período de PayBack (Tempo de Retorno);

*TIR* : Taxa Interna de Retorno;

*V<sub>A</sub>* : Valor presente ou valor atual;

*V<sub>F</sub>* : Valor futuro;

# Análise Econômica de Investimentos

## Custos Envolvidos

Quando se deseja fazer uma avaliação econômica de um determinado investimento é preciso conhecer primeiramente todos os custos envolvidos nesse investimento.

Assim, no caso de investimentos em eficiência energética, pode-se identificar os seguintes custos:

$$CT = CI + CE + CMO$$

onde tem-se:

***CT*** : *CUSTO TOTAL* - é o custo final do investimento;

***CI*** : *CUSTOS DE INVESTIMENTO* - refere-se aos custos de aquisição de componentes, equipamentos e acessórios. Inclui-se aqui além dos custos iniciais de aquisição e também os custos com reposição, quando se aplicar;

***CE*** : *CUSTOS DE ENERGIA* - refere-se aos custos com consumo de energia elétrica;

***CMO*** : *CUSTOS DE MÃO-DE-OBRA* - refere-se aos custos com mão de obra empregada para a instalação, operação e manutenção.

- **Conceitos**
- **Métodos de Avaliação**
- **Exemplo**

# Análise Econômica de Investimentos

## MÉTODOS DE AVALIAÇÃO: Tempo de Retorno

Este é, talvez o método mais utilizado nos diagnósticos energéticos, isto porque trata-se do método mais simples de avaliação, apresentando poucos cálculos e um conceito fácil de ser assimilado.

O período de payback ou de retorno pode ser definido como sendo o número de períodos (meses ou anos) necessários para que o desembolso correspondente ao investimento inicial seja recuperado. Outra forma de se entender é como sendo o espaço de tempo entre o início do projeto e o momento em que o fluxo de caixa acumulado torna-se positivo.

No entanto, este método apresenta algumas deficiências como, por exemplo:

- não leva em conta os fluxos de caixa que ocorrem após o final do período;
- não leva em conta o “valor do dinheiro no tempo”.

O período de payback pode ser dado pela fórmula:

$$PP = \frac{CI}{G}$$

Particularizando para os investimentos em eficiência energética, chega-se a:

$$PP = \frac{CE - CC}{PE(EC - EE)}$$

# Análise Econômica de Investimentos

## MÉTODOS DE AVALIAÇÃO: Taxa Interna de Retorno

Este é um método de fluxo de caixa descontado no qual determina-se a taxa de desconto igualando-se o valor atual líquido dos fluxos de caixa de um projeto a zero. Trata-se da taxa que faz com que o valor atual das entradas seja igual ao valor atual das saídas.

Essa taxa obtida deve ser confrontada com uma taxa que represente o custo de capital da empresa. A taxa mínima tipicamente usada é em torno de 10 a 15 %.

O processo de cálculo é por tentativa e erro até obter-se uma boa aproximação da taxa que torna o valor atual líquido igual a zero.

Para avaliar um projeto sob o ponto de vista da eficiência energética, e considerando a mesma simbologia utilizada anteriormente para um projeto com tecnologia convencional e outro com tecnologia eficiente, teremos a seguinte equação:

$$FRC(i, N) = \frac{PE * (EC - EE)}{CE - CC}$$

Para a aplicação direta dessa fórmula, os equipamentos devem ter a mesma vida útil. Para o caso em que isso não ocorrer, deve-se aplicar o conceito apresentado anteriormente, ou seja, determina-se o valor presente de cada alternativa respeitando os períodos (vida útil) de cada componente e iguala-se esses valores presentes para se obter a TIR, por iteração.



# Análise Econômica de Investimentos

## MÉTODOS DE AVALIAÇÃO: Custo da Energia Economizada

Este método é aplicado especialmente para investimentos em conservação de energia.

O *CEE* toma como dados a taxa de desconto e a vida útil do investimento. Ele é calculado dividindo-se o custo inicial extra anualizado pela economia de energia obtida pela alternativa eficiente também anualizado. A expressão é mostrada abaixo:

$$CEE = FRC(i, N) * \frac{CE - CC}{EC - EE}$$

Neste caso o preço da energia não precisa ser especificado. O custo da energia economizada calculada aqui pode ser comparado com o preço da energia. Se o *CEE* for abaixo do preço da energia, indica que o projeto com a tecnologia eficiente é interessante.

# Análise Econômica de Investimentos

## MÉTODOS DE AVALIAÇÃO: Custo do Ciclo de Vida

O Custo do Ciclo de Vida de uma alternativa de investimento é o valor presente de todos os gastos relativos à essa alternativa. É dado pela seguinte fórmula:

$$CCV = CI + \frac{PE * E}{FRC(i, N)}$$

O CCV faz uma comparação direta entre várias alternativas. O CCV de cada alternativa com a mesma vida útil é calculado e a opção que apresentar o menor custo do ciclo de vida é a mais atrativa.

- **Conceitos**
- **Métodos de Avaliação**
- **Exemplo**

# Análise Econômica de Investimentos

## Exemplo de Aplicação

Neste exemplo será analisado duas alternativas para um sistema de iluminação, a saber: sistema convencional e sistema eficiente, utilizando-se dos métodos apresentados para fazer a avaliação desse investimento. Novamente, os valores aqui apresentados são apenas ilustrativos e, portanto, visam somente a aplicação e interpretação dos métodos de avaliação.

Será considerado neste exemplo apenas o custo da lâmpada e do reator, não considerando, assim, a luminária.

# Análise Econômica de Investimentos

## Exemplo de Aplicação

### Especificação dos Sistemas:

|                           | ALTERNATIVA 1          | ALTERNATIVA 2    |
|---------------------------|------------------------|------------------|
| <i>TIPO DA LÂMPADA</i>    | Fluorescente           | Fluorescente     |
| <i>Potência [W]</i>       | 40                     | 32               |
| <i>Nº de lâmpadas</i>     | 2                      | 2                |
| <i>Preço [R\$]</i>        | 2,50                   | 4,50             |
| <i>Vida útil [horas]</i>  | 8000                   | 8000             |
| <i>TIPO DO REATOR</i>     | Convencional-<br>duplo | Eletrônico-duplo |
| <i>Potência [W]</i>       | 16                     | 0                |
| <i>Nº de reatores</i>     | 1                      | 1                |
| <i>Preço [R\$]</i>        | 11,00                  | 35,00            |
| <i>Vida útil [horas]</i>  | 25.000                 | 50.000           |
| <i>Potência Total [W]</i> | 96                     | 64               |

### Dados Adicionais:

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| <i>Tarifa [R\$/kWh]</i>             | 0,13267 |
| <i>Horas Utilização [horas/ano]</i> | 3696    |

# Análise Econômica de Investimentos

## Exemplo de Aplicação

### *Tempo de Retorno (Payback)*

Considerando a fórmula  $PP = (CE-CC)/PE*(EC-EE)$  e os seguintes valores:

$$CE = (2*4,50) + (1*35,00) = \text{R\$ } 44,00$$

$$CC = (2*2,50) + (1*11,00) = \text{R\$ } 16,00$$

$$PE = 0,13267 \text{ R\$/kWh}$$

$$EE = 0.064*3696 = 236,54 \text{ kWh/ano}$$

$$EC = 0.096*3696 = 354,82 \text{ kWh/ano}$$

chega-se então ao resultado:  $PP = 1,78$  anos

Isso significa que daqui a aproximadamente 2 anos você já terá amortizado o investimento adicional que faria hoje se adquirisse o sistema mais eficiente.

# Análise Econômica de Investimentos

## Exemplo de Aplicação

### *Taxa Interna de Retorno*

Neste caso temos componentes com vida úteis diferentes, como o reator. Para usarmos o método do TIR devemos aplicá-lo num intervalo que seja o mínimo múltiplo comum das vidas úteis dos componentes.

Seja o período de utilização de 3696 h/ano, tem-se então a vida útil dos reatores, em anos:

Reator convencional =  $25.000/3696 \sim 7$  anos;

Reator eletrônico =  $50.000/3696 \sim 14$  anos;

Lâmpada =  $8000/3696 \sim 2$  anos.

O período de análise será então de 14 anos já que as lâmpadas não influem por possuírem a mesma vida útil.

Iterativamente ou por meio computacional, chega-se à:

$$i = 51,33\%$$

Se considerarmos o custo de oportunidade como sendo de 10% a.a., então esse investimento mostra-se bastante atrativo uma vez que a taxa de retorno do capital é maior que o custo de oportunidade.

# Análise Econômica de Investimentos

## Exemplo de Aplicação

### *Custo da Energia Economizada*

Considerando a fórmula  $CEE = FRC(i,N)*(CE-CC)/(EC-EE)$ , temos novamente, na utilização desse método, o problema de equipamentos com vida útil diferente. O procedimento para definir o período de análise é o mesmo que no método anterior e, portanto, será de 14 anos.

Para calcularmos o numerador da relação acima é preciso primeiro encontrar os valores presentes de cada alternativa, subtraí-los e depois anualizá-los dentro do período de análise. Dessa forma, considerando uma taxa de desconto de 10%, chega-se à expressão abaixo:

$$CEE = \frac{frc(10\%,14) * [(44 + 9 / frc(21\%,6)) - (16 + 11 / (1 + 0,1)^7 + 5 / frc(21\%,6))]}{354,82 - 236,54}$$

Tem-se então aos seguintes resultados:

$$FRC(10\%,14) = 0,1357$$

$$FRC(21\%,6) = 0,3082$$

$$CEE = 0,04055 \text{ R\$/kWh}$$

Se considerarmos o preço da energia de 0,13267 R\$/kWh, notamos que o custo da energia economizada é bem menor que o preço da energia, o que indica que é mais viável investir no sistema eficiente.