

APÊNDICE B

FUNDAMENTOS DE ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica de projetos¹ de energia compara os valores dos investimentos realizados hoje com os resultados a serem obtidos no futuro. Nessa comparação é fundamental o conceito de valor do dinheiro no tempo. Neste Apêndice são apresentados esses conceitos e alguns critérios de análise econômica de projetos.

CONCEITOS E DEFINIÇÕES

(a) Conceito de fluxo de caixa

Um fluxo de caixa pode ser representado em uma tabela contendo informações do projeto, onde são colocados a cada período os valores monetários de entradas e saídas de caixa, conforme ilustrado na Tabela B.1 a seguir:

Tabela B.1 – Exemplo de um fluxo de caixa de um projeto hipotético

Período	0	1	2	3	4
Investimento inicial	(1.000)	(200)			
Receitas			800	700	600
Custos fixos			(30)	(30)	(30)
Despesas operacionais			(60)	(60)	(70)
Receita líquida			710	610	500
Fluxo de caixa líquido	(1.000)	(200)	710	610	500

É comum representar um fluxo de caixa por meio de um gráfico chamado de *diagrama de fluxo de caixa*. Nos diversos pontos que representam os períodos ao longo do horizonte temporal são traçados segmentos verticais que podem ser considerados positivos (orientados para cima), representando receitas ou entradas de caixa, ou negativos (orientados para baixo), representando despesas, investimentos ou saídas de caixa.

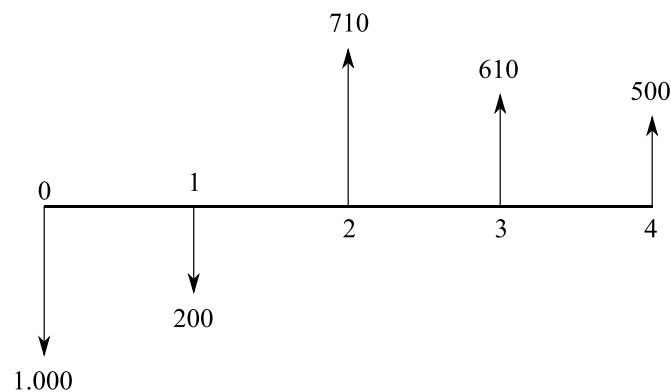


Figura B.1 – Fluxo de caixa convencional

¹ Onde não especificado, o termo projeto utilizado neste Apêndice refere-se aos programas de GLD, projetos de expansão de fornecimento de energia, projetos de novas usinas etc. Trata-se, portanto, de um termo geral.

(b) Cálculo da taxa de atualização

A taxa de atualização é uma taxa que corrige o valor do dinheiro em função do tempo.

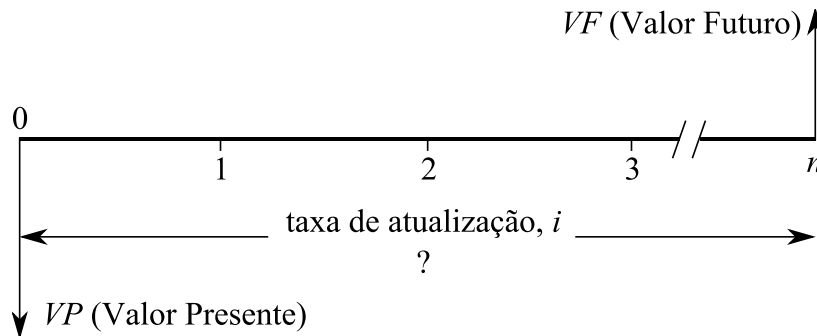


Figura B.2 – Taxa de atualização

Partindo da equação básica de juros compostos, deduz-se a taxa de atualização i . Ou seja:

$$VF = VP(1+i)^n \Leftrightarrow i = \left(\frac{VF}{VP}\right)^{1/n} - 1 \quad (\text{B.1})$$

EXEMPLO B.1 – Um investimento realizado em 2006 (valor presente) no valor de \$200,00 com uma taxa de 15% *a.a* tem um valor atualizado para 2012 (valor futuro) de:

$$VF_{2012} = VP_{2006}(1+i)^n = 200,00(1+0,15)^6 = \$462,61 \quad (\text{B.2})$$

Se o fluxo de caixa for do tipo série uniforme, a equação toma a seguinte forma:

$$\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = \frac{VP}{R} = \frac{1}{FRC} \quad (\text{B.3})$$

Onde FRC é chamado de fator de recuperação de capital. Note que o FRC é função da taxa e do número de períodos, $FRC(i, n)$. Se o valor presente de um empréstimo contraído de uma instituição financeira para ser aplicado em um investimento, por exemplo, for multiplicado pelo FRC resulta na anualidade a ser paga à instituição financeira, ou seja:

$$R = VP \times FRC(i, n) \quad (\text{B.4})$$

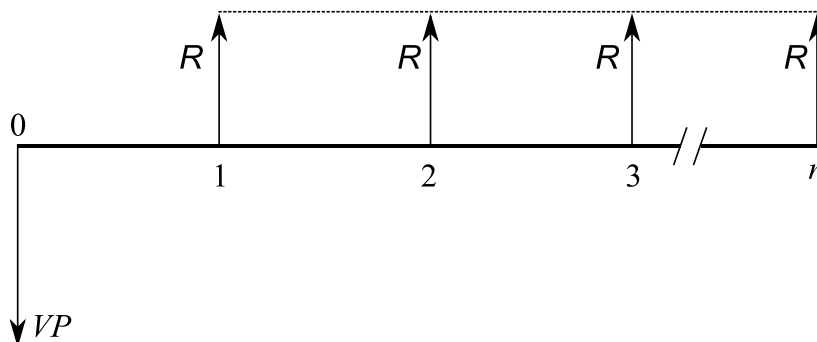


Figura B.3 – Exemplo de fluxo de caixa – série uniforme

(c) Taxa de desconto r

Da mesma forma que se corrige um investimento atual para obter seu valor no futuro, investimentos futuros podem ser corrigidos para valores atuais pela taxa de desconto. Por exemplo, um investimento que será realizado daqui a n anos terá seu valor corrigido para hoje conforme expressão de acordo com a taxa de desconto r :

$$VP = \frac{VF}{(1+r)^n} \quad (\text{B.5})$$

EXEMPLO B.2 – Para um investimento no valor de \$400,00 a ser realizado no ano de 2017 (valor futuro), seu valor atualizado para o ano de 2012 (valor presente) a uma taxa de desconto de 12% *a.a* será de:

$$VP = \frac{400,00}{(1+0,12)^5} = \$226,97 \quad (\text{B.6})$$

(d) Taxa de inflação

Tanto a taxa de atualização como a taxa de desconto têm incorporado em seus valores a taxa de inflação. Se necessário, a taxa real de desconto, ou a taxa real de atualização, pode ser calculada conforme Eq. (B.7) a seguir:

$$(1 + r_{real}) \times (1 + f) = (1 + r) \quad (\text{B.7})$$

Onde:

$$r_{real} = \frac{(r - f)}{(1 + f)} \quad (\text{B.8})$$

Em que f é a taxa de inflação e r_{real} é a taxa de desconto real.

EXEMPLO B.3 – Suponha uma taxa de desconto de 15% *a.a* e uma taxa de inflação de 8% *a.a*. Qual a taxa real de desconto?

Solução

$$r_{real} = \frac{(0,15 - 0,08)}{(1 + 0,08)} = 0,0648 \quad \text{ou} \quad 6,48\% \quad (\text{B.9})$$

(e) Taxa mínima de atratividade (TMA)

A taxa mínima de atratividade (TMA) é uma taxa de juros que expressa a lucratividade mínima pretendida pela empresa de energia ou pelo investidor e, teoricamente, está sempre disponível para aplicação de capital. No processo de avaliação de projetos, existirá sempre uma taxa de juros que sirva de comparação para permitir uma tomada de decisão, seja de aceitar ou rejeitar uma proposta. Isso significa que quando a empresa decide aplicar recursos em uma proposta de investimento abre mão de investir na taxa mínima de atratividade, sempre disponível.

A TMA é lastreada na taxa de juro que, por sua vez, é, em essência, um elemento de política económica utilizado pelos governos para manter o equilíbrio da economia de um país. A taxa de desconto depende de fatores como as incertezas (técnica, política e económica) e os riscos a que está sujeito o investimento.

(f) Conceito de projeto e investimento

Uma possibilidade de investimento de capital torna-se um projeto quando há a decisão de alocar esforços com o objetivo de criar um produto, um serviço ou um resultado útil qualquer. Entende-se por investimento de capital o emprego de recursos financeiros visando obter benefícios no futuro.

O estudo de viabilidade económica de projetos de energia está sempre vinculado à duração do projeto. Os critérios de decisão apresentados neste Apêndice apresentam algumas premissas básicas, a saber:

- O objetivo dos empreendimentos é maximizar o retorno do capital investido;
- Será sempre considerado o valor do dinheiro no tempo (fluxo de caixa descontado);
- Teoricamente existirá sempre uma determinada taxa de juros no mercado, utilizada pelas empresas de energia para o financiamento;
- A análise dos projetos será determinística, isto é, não existe incerteza². Os fluxos de caixa são considerados como exatos;
- Os estudos de viabilidade económica são efetuados considerando sempre os valores monetários expressos em uma moeda estável.

A característica principal dos métodos utilizados na avaliação de projetos é a adoção do sistema de fluxo de caixa descontado, ou seja, levar em consideração o valor do dinheiro no tempo. Esse fato evidencia a necessidade de se utilizar uma taxa de desconto aplicada sobre os fluxos de caixa associados aos projetos.

(g) Custo de oportunidade

Ao aplicar um capital num determinado projeto de energia, o investidor deixa de auferir rentabilidade em outros projetos alternativos. Para que um investimento seja atrativo, este deve remunerar melhor que as oportunidades perdidas devido à sua escolha. Se o mercado financeiro estiver remunerando o capital a 10% ao ano, por exemplo, e a empresa retém recursos em caixa, o custo de oportunidade é de 10% ao ano, pela não remuneração do seu capital. O custo de oportunidade de manter o dinheiro aplicado num banco pode ser nulo, desde que a empresa não tenha alternativa com rentabilidade superior. Se, entretanto, existir a possibilidade de aplicar esse capital num investimento produtivo com rentabilidade de 30% ao ano, aí então o custo de oportunidade de manter o dinheiro no banco a 10% será de 20% ao ano.

VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS

Destacam-se dois critérios de avaliação económica de projetos de investimentos: critério de liquidez e critério de rentabilidade. O critério de liquidez diz respeito ao tempo necessário para que o investimento efetuado seja totalmente recuperado com as receitas líquidas do projeto. Este critério é adotado, principalmente, quando existe insuficiência de caixa, ou seja, quando a empresa de

² Nos modelos de previsão de energia com base em séries temporais, matriz insumo-produto, modelos econométricos etc., pode-se trabalhar com a variância de alguns parâmetros do projeto, por exemplo, o preço futuro da energia, a produção futura etc.

energia tem restrição de capital. Assim serão preferidos os projetos cujo tempo de retorno sejam menores.

(a) Tempo de retorno de capital – *payback*

Dentre os critérios de liquidez, o método mais utilizado para avaliação de projetos é o de tempo de retorno do capital, o “*payback*”. O tempo de retorno do capital é definido como o tempo necessário para que as receitas líquidas provenientes do projeto, descontadas à TMA, tenham valor presente acumulado igual aos investimentos realizados, também descontados à TMA.

EXEMPLO B.4 – Determine o tempo de retorno de um capital de \$2.000,00 investido por uma empresa de energia considerando uma taxa mínima de atratividade de 5% ao período, com receitas conforme o fluxo de caixa da Figura B.4.

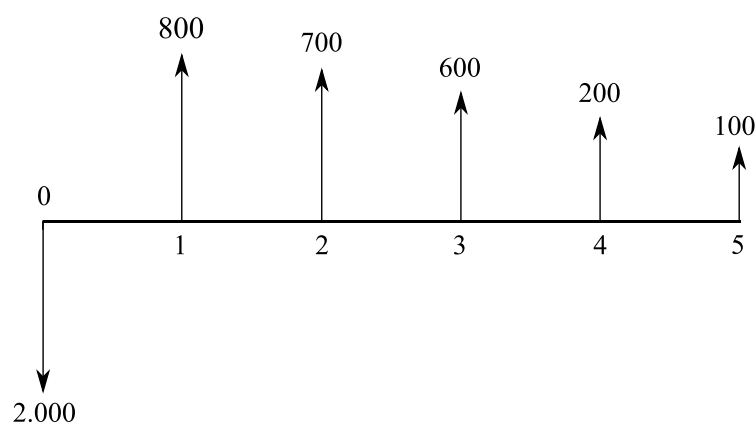


Figura B.4 – Fluxo de caixa

Solução

Para se chegar ao tempo de retorno do capital empregado, deve-se atualizar cada receita com a taxa de atratividade e verificar graficamente em qual período o capital de 2.000 é recuperado. Para isso, recomenda-se construir um diagrama valor atual acumulado *versus* período de tempo conforme indicado na Tabela B.2 a seguir.

Tabela B.2 – Períodos e valores da receita

n	Receitas	Valor atual $R_n/(1+i)^n$	Acumulado	Soma (Acumulado – \$2.000)
1	800,00	762,00	762,00	-1.238,00
2	700,00	635,00	1.397,00	-603,00
3	600,00	519,00	1.915,00	-85,00
4	200,00	165,00	2.080,00	+80,00
5	100,00	78,00	2.158,00	+158,00

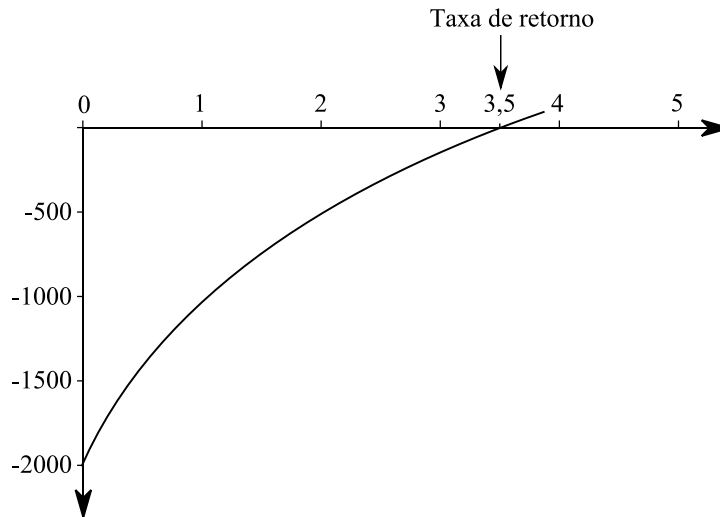


Figura B.5 – Gráfico tempo de retorno – *payback*

O gráfico da Figura B.5 mostra que o tempo de retorno é aproximadamente igual a 3,5 períodos. Se os valores monetários são considerados no final de cada período, somente no quarto período é que o capital retorna ao seu investidor.

(b) *Simple payback*

O termo *simple payback* (SPB) tem seu significado intrínseco incorporado ao termo em inglês e corresponde ao tempo necessário para a recuperação do capital investido, ou seja, é o tempo para o qual a simples soma dos benefícios anuais totais se iguala ao capital investido, não se levando em conta a taxa de desconto, nem o tempo do projeto ou outros custos. Dessa forma:

$$SPB = \frac{CC}{F_k} \quad (B.10)$$

Onde CC é o custo de capital investido e F_k são os benefícios totais. Por exemplo, se para um investimento de capital de \$200 em um programa de GLD consegue-se uma economia de 1,0 MWh/ano, sendo o custo da energia igual a \$50/MWh, tem-se:

$$SPB = \frac{200}{50} = 4 \text{ anos} \quad (B.11)$$

(c) Valor presente líquido (VPL)

Quando as empresas não têm problemas de caixa, isto é, não necessitam de um rápido retorno de capital, o critério predominante nas decisões de investimento é o critério de rentabilidade. Neste Apêndice são apresentados os dois métodos mais usuais na avaliação econômica de projetos: valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR).

O método do valor presente líquido, também conhecido como método do valor atual, caracteriza-se pela transferência de todos os valores monetários do fluxo de caixa para o instante zero, descontados à taxa mínima de atratividade. O valor presente líquido de um projeto de investimento tem a seguinte expressão:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{V_j}{(1 + TMA)^j} \quad (B.12)$$

Onde V_j é o valor monetário líquido ocorrido ao final do período j (as entradas são valores positivos e as saídas são valores negativos); TMA é a taxa mínima de atratividade; $j=0,1,2...n$; onde n é o número de períodos. A regra para a utilização do valor presente líquido na análise de investimentos é:

Tabela B.3 – Critério de aceitação pelo método do VPL

VPL	Decisão
VPL>0	aceitar – viável
VPL=0	indiferente
VPL<0	rejeitar – inviável

De uma maneira bem simples, o VPL, se positivo, pode ser encarado como sendo o benefício obtido acima do produzido pela TMA. Para melhor entendimento do significado do VPL, veja um exemplo numérico simples. Seja o fluxo indicado na Tabela B.4 a seguir:

Tabela B.4 – Fluxo de caixa – significado do VPL

ANO	0	1	2	3
Valor (\$)	1.000	500	500	500

Para uma taxa mínima de atratividade de 6% ao ano, o valor presente líquido é:

$$\text{VPL} = \sum_{j=0}^n \frac{V_j}{(1+TMA)^j} = \frac{-1.000}{(1+0,06)^0} + \frac{500}{(1+0,06)^1} + \frac{500}{(1+0,06)^2} + \frac{500}{(1+0,06)^3} = \$337,00 \quad (\text{B.13})$$

Portanto, se for aplicado no projeto \$1.000 hoje, obter-se-á \$337,00 a mais do que se forem deixados \$1.000,00 aplicados na TMA.

(d) Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno de um projeto de investimento é definida como a taxa de desconto que torna o valor presente líquido do seu fluxo de caixa igual a zero. O critério de decisão para avaliação de um projeto de investimento se baseia na comparação da TIR com a taxa mínima de atratividade TMA, de tal sorte que:

Tabela B.5 – Critério de aceitação pelo método TIR

TIR	Decisão
TIR>TMA	aceitar – viável
TIR=TMA	indiferente
TIR<TMA	rejeitar – inviável

Por exemplo, para um projeto de expansão de energia, a taxa interna de retorno (TIR) é o valor da taxa de desconto para a qual o fluxo de caixa descontado para o valor atual à taxa TMA (VPL) é igual a zero, ou seja:

$$\text{VPL} = \sum_{j=0}^n \left[\frac{V_j}{(1+TIR)^j} \right] = 0 \quad (\text{B.14})$$

O valor da TIR é determinado por uma solução iterativa. Toda vez que a TIR de um programa ou projeto for maior que a TMA, pode-se interpretar que o valor do investimento inicial pode ser tomado por empréstimo à uma taxa de juros de no máximo igual à TIR, de modo que os rendimentos do programa sejam suficientes para pagar o valor do empréstimo mais os respectivos juros. Se o fluxo de caixa possui várias TIR reais e positivas, ou não possui TIR real, não se deve utilizar a taxa interna de retorno como critério de decisão. Neste caso, é melhor considerar que o fluxo de caixa não possui TIR.

EXEMPLO B.5 – Determine a TIR de um projeto hipotético de energia que apresente o seguinte fluxo de caixa:

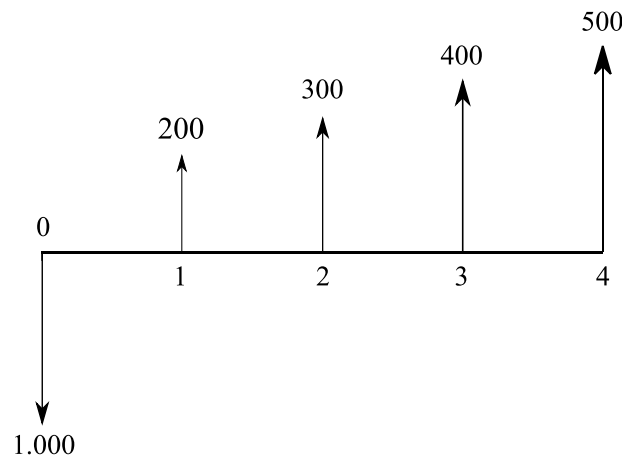


Figura B.6 – Fluxo de caixa

Solução

A TIR é a taxa i que satisfaz a seguinte igualdade:

$$\text{VPL} = \frac{-1.000}{(1+i)^0} + \frac{200}{(1+i)^1} + \frac{300}{(1+i)^2} + \frac{400}{(1+i)^3} + \frac{500}{(1+i)^4} = 0 \quad (\text{B.15})$$

No caso de fluxo de caixa genérico, existe uma função no Excel que permite determinar a taxa interna de retorno, ou seja:

$$\text{TAXA}(\text{valor}_1; \text{valor}_2; \dots; \text{valor}_n; \text{estimativa}) \quad (\text{B.16})$$

Onde: valor_1 ; valor_2 , ...; valor_n são os valores monetários do fluxo de caixa e estimativa é a estimativa inicial da taxa. Aplicando os dados desse exemplo na função do Excel resulta uma TIR=12,8% a.p.

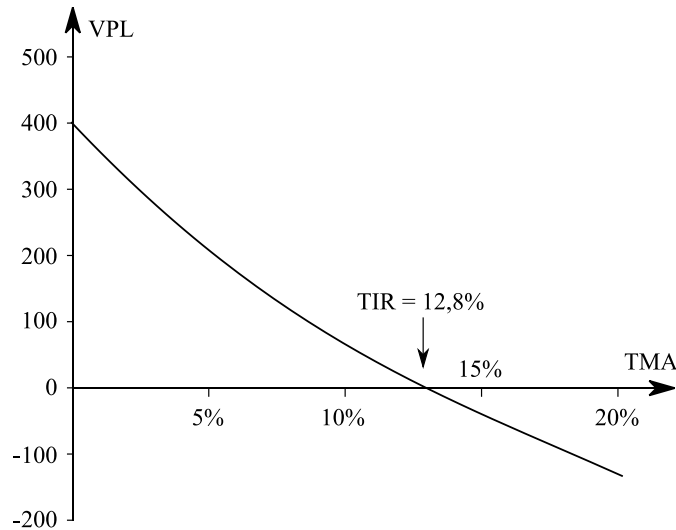


Figura B.7 – VPL em função da TMA e TIR (TMA onde VPL = 0)

PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

a) Custo total do programa (CTP)

O custo total do programa (CTP) é o valor presente do fluxo de caixa feito para o período da vida econômica do programa, que inclui o custo do capital investido e os custos operacionais previstos subtraídos dos benefícios obtidos com o programa, ou seja:

$$CTP = CC + \sum_{n=1}^t \frac{C_n - B_n}{(1+r)^n} \quad (B.17)$$

Em que CC é o custo do capital investido; C_n é o custo de operação no ano n e B_n são os benefícios obtidos com o programa³ no ano n . Para valores uniformes de custo de operação ($C_n=C_k=cte$) e de benefícios ($B_n=B_k=cte$), tem-se:

$$CTP = CC + \frac{C_k}{FRC_{t,r}} - \frac{B_k}{FRC_{t,r}} \quad (B.18)$$

Onde FRC é o fator de recuperação de capital – ver Eq. (B.3). Há programas em que o intervalo de tempo ideal não é de um ano. São programas em que há necessidade de investimentos uniformes em períodos diferentes de um ano. Nesses casos, pode-se especificar um intervalo de tempo otimizado (n_0) e os fatores para o cálculo do valor presente passam a ser:

$$t_0 = \frac{t}{n_0} = \text{tempo de vida do projeto, em intervalo otimizado} \quad (B.19)$$

E:

$$r_0 = (1+r)^{n_0} - 1 = \text{taxa de desconto equivalente para o intervalo de tempo } n_0 \quad (B.20)$$

Por exemplo, se o intervalo de tempo otimizado para uniformizar custos for de dois anos, para um programa de vida econômica de 10 anos, e a taxa de retorno for de 10% *a.a.*, tem-se que:

³ Aqui os benefícios são quaisquer benefícios relacionados ao programa: custos evitados em substituições de equipamentos, energia conservada etc.

$$t_0 = \frac{10}{2} = 5 \quad (\text{B.21})$$

E:

$$r_0 = (1 + 0,10)^2 - 1 = 0,21 \quad (\text{B.22})$$

Onde:

$$\text{FRC} = \left[\frac{r_0(1+r_0)^{t_0}}{(1+r_0)^{t_0} - 1} \right] = \frac{0,21(1+0,21)^5}{(1+0,21)^5 - 1} = 0,3417 \quad (\text{B.23})$$

b) Custo anual equivalente (CAE)

O custo anual equivalente é o valor que, distribuído uniformemente ao longo do fluxo de caixa, resulta num valor presente líquido igual ao custo total do programa, ou seja,

$$\text{CAE} = \text{CTP} \times \text{FRC} \quad (\text{B.24})$$

O custo total do programa (CTP) e o custo anual equivalente (CAE) são critérios eventuais de análises de projeto de investimentos das empresas de energia, porém dependem fortemente da magnitude do investimento, não levando em consideração a eficácia global do programa. O mais indicado é utilizar os critérios de VPL, TIR, *payback* conforme indicado neste Apêndice. Recomenda-se, dentro do possível, considerar as incertezas nos fluxos de caixa dos programas.

c) Custo de conservação de energia (CCE)

O custo de conservação de energia (CCE) é, talvez, o mais útil critério para avaliar economicamente os programas de eficiência energética. O CCE informa o custo de um programa de eficiência energética em termos de \$/MWh (ou \$/GJ), unidade que é normalmente utilizada pelos fornecedores de energia. O CCE é definido como o custo anual equivalente dividido pela energia conservada, ou seja:

$$\text{CCE} = \frac{\text{CAE}}{EE} \quad (\text{B.25})$$

Onde *EE* é a energia evitada (ou conservada). Note que o CCE, conforme calculado na Eq. (B.25), é válido para programas de eficiência energética que implicam na substituição de equipamentos quando o valor residual destes equipamentos é nulo.

EXEMPLO B.6 – Suponha um programa de substituição de lâmpadas incandescentes de 75W por lâmpadas fluorescentes de 15W com as seguintes hipóteses:

Taxa de desconto (TMA)	8%	
Vida econômica do programa	5 anos	
Tarifa elétrica	\$0,05/kWh	
	Incandescente	Fluorescente
Custo (\$/unidade)	2,00	25,00
Vida útil (horas)	1.000	1.000
Utilização (h/ano)	2.000	2.000

Então:

$$FRC = \left[\frac{0,08}{1 - (1 + 0,08)^{-5}} \right] = 0,25 \quad (\text{B.26})$$

E:

$$EE = 2000(75 - 15) = 120 \text{ kWh/ano} \quad (\text{B.27})$$

O benefício total economizado anualmente é:

$$B_n = 2 \times 2,0 + 120 \times 0,05 = 10 \$ / \text{ano} \quad (\text{B.28})$$

Logo:

$$SPB = \frac{50,00}{10} = 5 \text{ anos} \quad (\text{B.29})$$

E:

$$CAE = 0,25(50,00) - 10 = 2,5 \$ / \text{ano} \quad (\text{B.30})$$

Portanto:

$$CCE = \frac{2,5}{120} = 0,021 \$ / \text{kWh evitado} \quad (\text{B.31})$$

d) Custo de demanda evitada (CDE)

Outro critério utilizado, particularmente para programas de gerenciamento de carga que têm por objetivo retardar a necessidade de expansão da capacidade de oferta de energia por meio da diminuição da demanda de pico, e não da diminuição do consumo, é a determinação do custo de demanda evitada (CDE). Seu valor é calculado com a seguinte equação:

$$CDE = \frac{CTP}{EE} \times H \times LF \quad (\text{B.32})$$

Onde $H=8.760$ hora/ano e:

$$LF = \frac{\text{consumo (MWh/ano)}}{\text{demanda de pico (MWh)}} = \frac{\text{demanda média}}{\text{demanda de pico}} \quad (\text{B.33})$$

Nota-se que o benefício da demanda de pico, ou seja, o benefício da redução da capacidade pode ser ajustado de acordo com a fração da carga durante o horário de pico.

REFERÊNCIAS E LEITURAS SUGERIDAS

DERNBURG, T. F., MCDOUGALL, D. M., 1971. "Macroeconomia". Editora Mestre Jon, São Paulo, Brasil.

MORAN, M. J., 1982. "Availability Analysis". Prentice-Hall, New Jersey.

ELETROBRAS (Comitê de Distribuição), 1982. "Planejamento de Sistemas de Distribuição". Volume I, Editora Campus/Eletrabras. Rio de Janeiro.