

PNV 3426
REVISÃO DE ENGENHARIA
ECONÔMICA

Referência: Notas de aula – PNV2450 - Prof. André B. Mendes

Introdução

Engenharia Econômica: Processo de suporte à tomada de decisão que atenda às necessidades da sociedade, fazendo o melhor uso possível de recursos escassos

- Avaliação de alternativas - Viabilidade técnica, operacional e econômica

Avaliação Econômica de Projetos

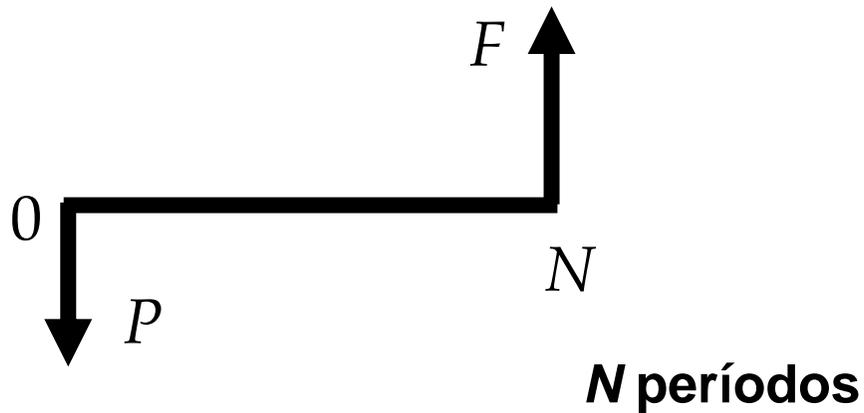
- Investimentos
- Financiamentos
 - Amortização da Dívida
 - Pagamento Juros
- Receitas
- Depreciação
- Custos Operacionais
- Custos Variáveis
- Valor Residual

Definição, mensuração e avaliação da influência destes itens no resultado econômico de uma operação

Revisão Matemática Financeira

Único Investimento; Único Pagamento

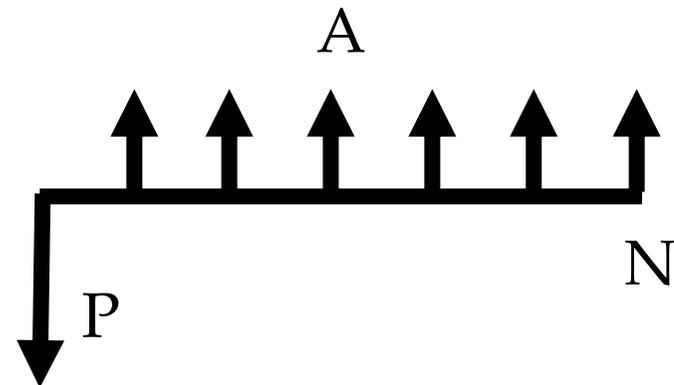
- Dado um valor **P** investido na data **0**, com taxa de atratividade **i**, qual será o valor equivalente após **N** períodos?



$$F = P(1+i)^N$$

Único Investimento, Série Anual de Pagamentos

- Dado um valor **P** investido na data **0**, com taxa de atratividade **i**, qual deve ser a receita anual **A** durante os **N** períodos, que equivale a (ou, que paga) este investimento?



$$P = A \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N}$$

Financiamento

Sistema PRICE

- **Princípio:** Parcelas **constantes**

P: valor do empréstimo; **i:** taxa de juros;
N: período; **A:** parcela do financiamento

$$A = P \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$$

Sistema SAC

- Total amortizado até o fim do período $k = kP/N$
- Total de juros pagos $= i P(N+1)/2$
- Total pago $= P [1 + i(N+1)/2]$

Exemplo

- Um armador comprou uma embarcação de apoio, pagando \$40 milhões. O valor pago à vista foi 20%; o restante foi financiado durante 10 anos a uma taxa de juros de 10% ao ano.
 - Elabore a tabela PRICE
 - Determine as parcelas do financiamento, assumindo o sistema SAC.

Tabela Price - Exemplo

Ano	Saldo Devedor	Prestação	Juros	Amortização
0	32.000.000,00			
1	29.992.147,36	5.207.852,64	3.200.000,00	2.007.852,64
2	27.783.509,46	5.207.852,64	2.999.214,74	2.208.637,90
3	25.354.007,77	5.207.852,64	2.778.350,95	2.429.501,69
4	22.681.555,92	5.207.852,64	2.535.400,78	2.672.451,86
5	19.741.858,87	5.207.852,64	2.268.155,59	2.939.697,04
6	16.508.192,12	5.207.852,64	1.974.185,89	3.233.666,75
7	12.951.158,70	5.207.852,64	1.650.819,21	3.557.033,42
8	9.038.421,93	5.207.852,64	1.295.115,87	3.912.736,77
9	4.734.411,49	5.207.852,64	903.842,19	4.304.010,44
10	0,00	5.207.852,64	473.441,15	4.734.411,49

Tabela SAC - Exemplo

Ano	Saldo Devedor	Amortização	Juros	Parcela
0	32.000.000,00			
1	28.800.000,00	3.200.000,00	3.200.000,00	6.400.000,00
2	25.600.000,00	3.200.000,00	2.880.000,00	6.080.000,00
3	22.400.000,00	3.200.000,00	2.560.000,00	5.760.000,00
4	19.200.000,00	3.200.000,00	2.240.000,00	5.440.000,00
5	16.000.000,00	3.200.000,00	1.920.000,00	5.120.000,00
6	12.800.000,00	3.200.000,00	1.600.000,00	4.800.000,00
7	9.600.000,00	3.200.000,00	1.280.000,00	4.480.000,00
8	6.400.000,00	3.200.000,00	960.000,00	4.160.000,00
9	3.200.000,00	3.200.000,00	640.000,00	3.840.000,00
10	0,00	3.200.000,00	320.000,00	3.520.000,00

Fonte de Financiamento: FMM

- Taxa de juros = custo financeiro + remuneração BNDES
- Custo financeiro - Taxa de juros de longo prazo (TJLP): Fixada Conselho Monetário Nacional

Evolução (% a.a.)

2007	
JANEIRO a MARÇO	6,5%

2006	
OUTUBRO a DEZEMBRO	6,85%
JULHO a SETEMBRO	7,5%
ABRIL a JUNHO	8,15%
JANEIRO a MARÇO	9%

Remuneração BNDES

Embarcações Não Registradas no REB (Registro Especial Brasileiro)

Finalidade	Prazo de Carência	Prazo de Amortização	Participação Máxima	Remuneração do BNDES (% a.a.)
Empresa Brasileira de Navegação				
Construção de embarcação	Até 4 anos	Até 20 anos	Até 90%	2,5 a 5
Jumborização, conversão ou modernização de embarcação própria	Até 4 anos	Até 15 anos	Até 90%	3 a 6
Aquisição e instalações de equipamentos	Até 2 anos	Até 5 anos	Até 90%	3 a 6 se o conteúdo nacional for maior 60% = 3 a 4
Reparo de embarcação própria	Até 1 ano	Até 2 anos	Até 90%	3 a 6

<http://www.bndes.gov.br/programas/outros/naval.asp>

Impostos & Depreciação

Impostos:

- Despesas que entram no fluxo de caixa
- 3 tipos:
 - Não dependem da produção (IPTU)
 - Dependem diretamente da produção (IPI, ICM)
 - Imposto de renda – Lucro

Imposto de Renda

- Baseado no lucro tributável no exercício (LT)
 - **Lucro tributável = Receitas – Despesas – Deduções**

Depreciação:

- Ativo fixo - Perda de valor com uso e passar do tempo;
- **Depreciação real:** perda de valor não recuperada por manutenção;
 - Causas: desgaste, obsolescência, inadequação, acidentes
- **Depreciação contábil:** de acordo com legislação e práticas aprovadas pelo Fisco

Impostos & Depreciação

- Dedução permitida:
 - Depreciação ativo imobilizado (compra de um equipamento que vai durar alguns anos é contabilizada como um investimento que será recuperado ao longo da vida útil – **depreciação contábil**)
 - **Fisco** estabelece prazos mínimos para a depreciação
 - *Brasil: Não se aceitam métodos de depreciação que levem a deduções maiores que a obtida por depreciação linear*
- Exemplos de vida útil legal admitidos no Brasil
 - *Computadores (hardware e software) – 5 anos; máquinas – 10 anos; móveis e utensílios – 10 anos; terrenos – não depreciáveis*
- Equipamentos utilizados intensivamente: Depreciação acelerada;
- Diferença entre o valor da venda de um ativo tributável e o valor contábil: lucro tributável

Impostos & Depreciação

Depreciação linear:

- Porcentagem constante do valor inicial do ativo

D – Depreciação Linear;

P – Valor de Aquisição;

L – Valor de Revenda;

VC – Valor Contábil

$$D = \frac{(P - L)}{N}$$

$$VC_t = VC_{t-1} - D$$

$$VC_t = VC_0 - D * t$$

Exemplo: Veículo adquirido por \$20.000,00; o valor residual, após 5 anos, é de \$2.000,00.
Determine o valor contábil a cada ano.

t	Deprec.	Valor Contábil
0		20.000,00
1	3.600,00	16.400,00
2	3.600,00	12.800,00
3	3.600,00	9.200,00
4	3.600,00	5.600,00
5	3.600,00	2.000,00

Fluxo de Caixa

Fluxo de caixa depois do imposto de renda

R – Receita;

D – Despesas;

Depr – Depreciação;

I – Investimento;

FCa – Fluxo de Caixa
Antes do IR;

FCd – Fluxo de Caixa
Depois IR;

IR – Imposto de Renda;

LT – Lucro Tributável;

ρ – Taxa Marginal do
Imposto de Renda;

VR – Valor Residual ;

A – Amortização;

J – Juros Financiamento

$$FCa = R + VR - D - I \quad \text{s/Financiamento}$$

$$FCd = FCa - IR$$

$$IR = \rho \cdot LT = \rho(R + VR - D - Depr)$$

$$FCd = R + VR - D - I - \rho(R + VR - D - Depr) \\ = (1 - \rho)(R + VR - D) - I + \rho Depr$$

$$FCa = R + VR - D - I - A - J \quad \text{c/Financiamento}$$

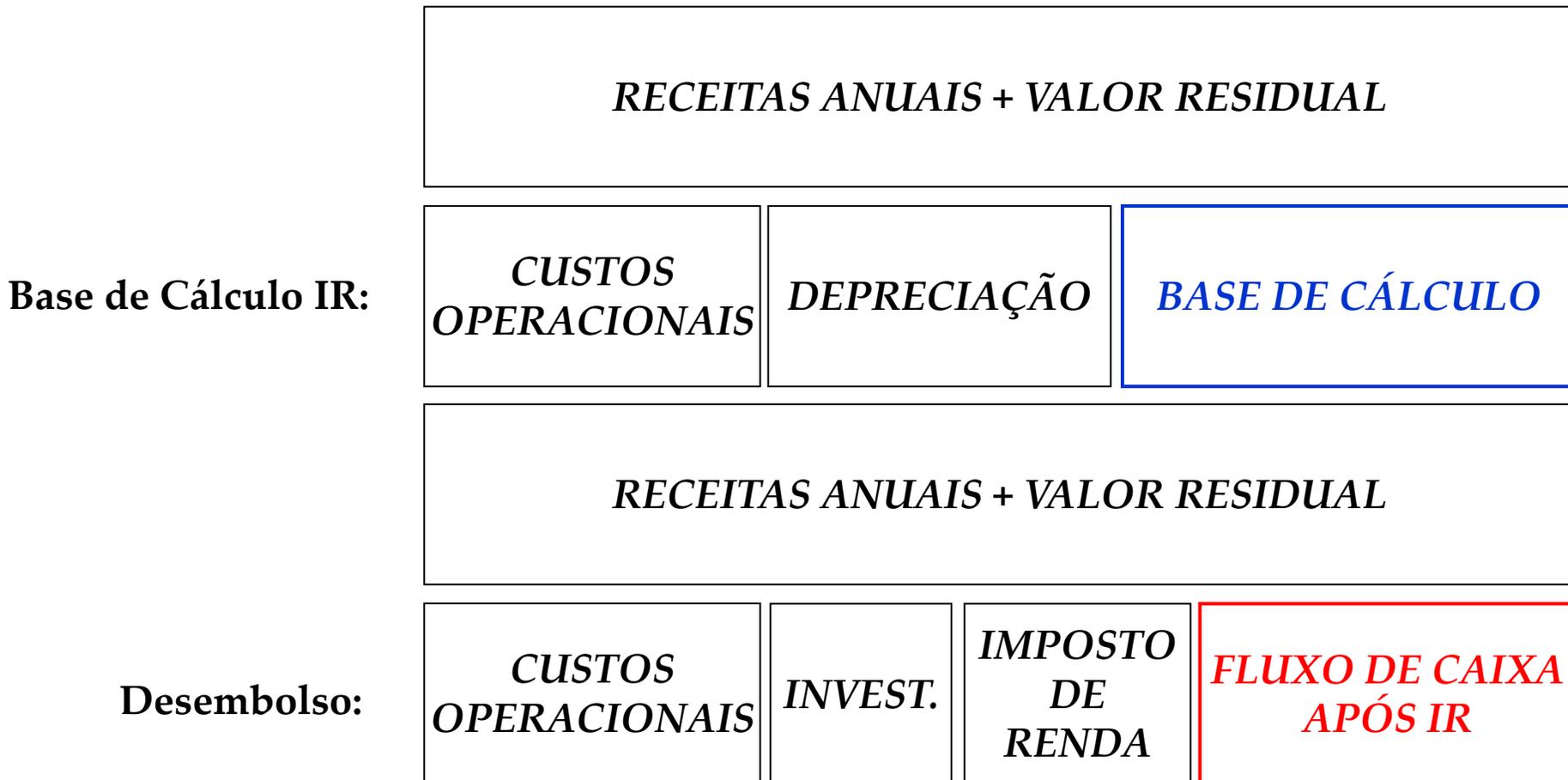
$$FCd = FCa - IR$$

$$IR = \rho \cdot LT = \rho(R + VR - D - J - Depr)$$

$$FCd = R + VR - D - I - A - J - \rho(R + VR - D - J - Depr) \\ = (1 - \rho)(R + VR - D - J) - I - A + \rho \cdot Depr$$

Fluxo de Caixa

Fluxo de caixa sem financiamento



Fluxo de Caixa

Fluxo de caixa com financiamento

	<i>RECEITAS ANUAIS + VALOR RESIDUAL</i>				
Base de Cálculo:	<i>CUSTOS OPERAC.</i>	<i>FINANC. JUROS</i>	<i>DEPRECIAÇÃO</i>		<i>BASE DE CÁLCULO</i>
	<i>RECEITAS ANUAIS + VALOR RESIDUAL</i>				
Desembolso:	<i>CUSTOS OPERAC.</i>	<i>FINANC. JUROS</i>	<i>FINANC. AMORT</i>	<i>INVEST.</i>	<i>IR</i>
	<i>FLUXO DE CAIXA APÓS IR</i>				

Fluxo de Caixa – Exemplo

Um armador adquiriu uma embarcação por **\$23.000.000,00** financiando: **40%** deste valor através do **sistema SAC**, a uma taxa de financiamento de **6%** ao ano, por **7** anos, tendo **2 anos de carência**; **40%** através do **sistema PRICE**, a uma taxa de financiamento de **7%** ao ano, por **10** anos.

Valor Aquisição	23.000.000,00	\$
Valor Residual	2.300.000,00	\$
Vida Útil	20	[anos]
Taxa Desconto	12%	ao ano
Financiamento	40%	PRICE
Taxa Price	7%	ao ano
Período Price	10	anos
Financiamento	40%	SAC
Taxa SAC	6%	ao ano
Período SAC	7	anos
Carência - SAC	2	anos

Fluxo de Caixa – Exemplo

Distância	7000	[milhas]
Velocidade	22	[nós]
Capacidade	60.000	[t]
Taxa Origem	2.000	[t/h]
Taxa Destino	1.500	[t/h]

- **NVR** = Ano operacional / Tempo ciclo
- Tempo ciclo = Tempo (viagem + porto)
- Tempo viagem

$$\frac{2 * dist}{24 * vel}$$

- Tempo porto

$$\frac{Q * Ocup}{24 * TxOrigem} + \frac{Q * Ocup}{24 * TxDestino}$$

Custo operacional		
Tripulação	600.000,00	US\$/ano
Seguro	2%	do preço de aquisição
Administração	30%	do custo da tripulação
Manutenção e Reparos	4%	do preço de aquisição
Custos por Viagem		
Combustível	240.000,00	\$
Lubrificante	18.000,00	\$
Custos Portuários	40.000,00	\$
Frete	13	[\$/t]
Alíquota IR	25%	
Ano Operacional	360	dias
Rota Ida = Rota Volta		
Sem Carga de Retorno		
Ocupação média	90,75	

Fluxo de Caixa – Exemplo

- **Depreciação (10 anos):**
 - $(\$23.000.000,00 - \$2.300.000,00) / 10 = \$2.070.000,00$
- **Custos Operacionais = Custos Fixo & Variável**
 - $\text{Custo Fixo} = \$600.000 * (1 + 30\%) + (2\% + 4\%) * \$23.000.000,00$
 $= \$2.160.000,00$
 - $\text{Custo Variável} = (\$240.000,00 + \$18.000,00 + \$40.000,00) * \mathbf{NVR}$
 $= \$298.000,00 * \mathbf{NVR}$
- **Investimento:**
 - $\$23.000.000,00 * 20\% = \$4.600.000,00$
- **Valor Residual:**
 - $(10\% I) = \$2.300.000,00$
- **Receita:**
 $= \$13,00 * Q * Ocup * \mathbf{NVR}$

Fluxo de Caixa – Exemplo

- **Base Cálculo** = Receita – Custos Operacionais (Fixo + Variável) +
– Depreciação – Juros + Valor Residual

$$\text{(ANO 1)} = 13 * 60.000,00 * \text{Ocup} * \text{NVR} - 2.160.000,00 - 298.000,00 * \text{NVR} + \\ - 2.070.000,00 - (644.000,00 + 0,00)$$

$$= 780.000,00 * \text{Ocup} * \text{NVR} - 298.000,00 * \text{NVR} - 4.874.000,00$$

$$\text{IR} = \text{Base Cálculo} * \text{Alíquota (25\%)}$$

$$= 195.000,00 * \text{Ocup} * \text{NVR} - 74.500,00 * \text{NVR} - 1.218.500,00$$

- **Saldo Anual (Fluxo de caixa após IR)** = Receita – Custos Operacionais – Juros – Amortização – IR + Valor Residual

$$\text{(ANO 1)} = 13 * 60.000,00 * \text{Ocup} * \text{NVR} - 2.160.000,00 - 298.000,00 * \text{NVR} + \\ - 644.000,00 - 665.873,03 - (195.000,00 * \text{Ocup} * \text{NVR} + \\ - 74.500,00 * \text{NVR} - 1.218.500)$$

$$= 585.000,00 * \text{Ocup} * \text{NVR} - 223.500,00 * \text{NVR} - 2.251.373,03$$

Avaliação de um Fluxo de Caixa

- **Valor Presente Líquido (VPL)**

- Cada parcela V_k (saldo anual do período k) é trazida a valor presente, descontando-se pela taxa de atratividade do empreendimento.

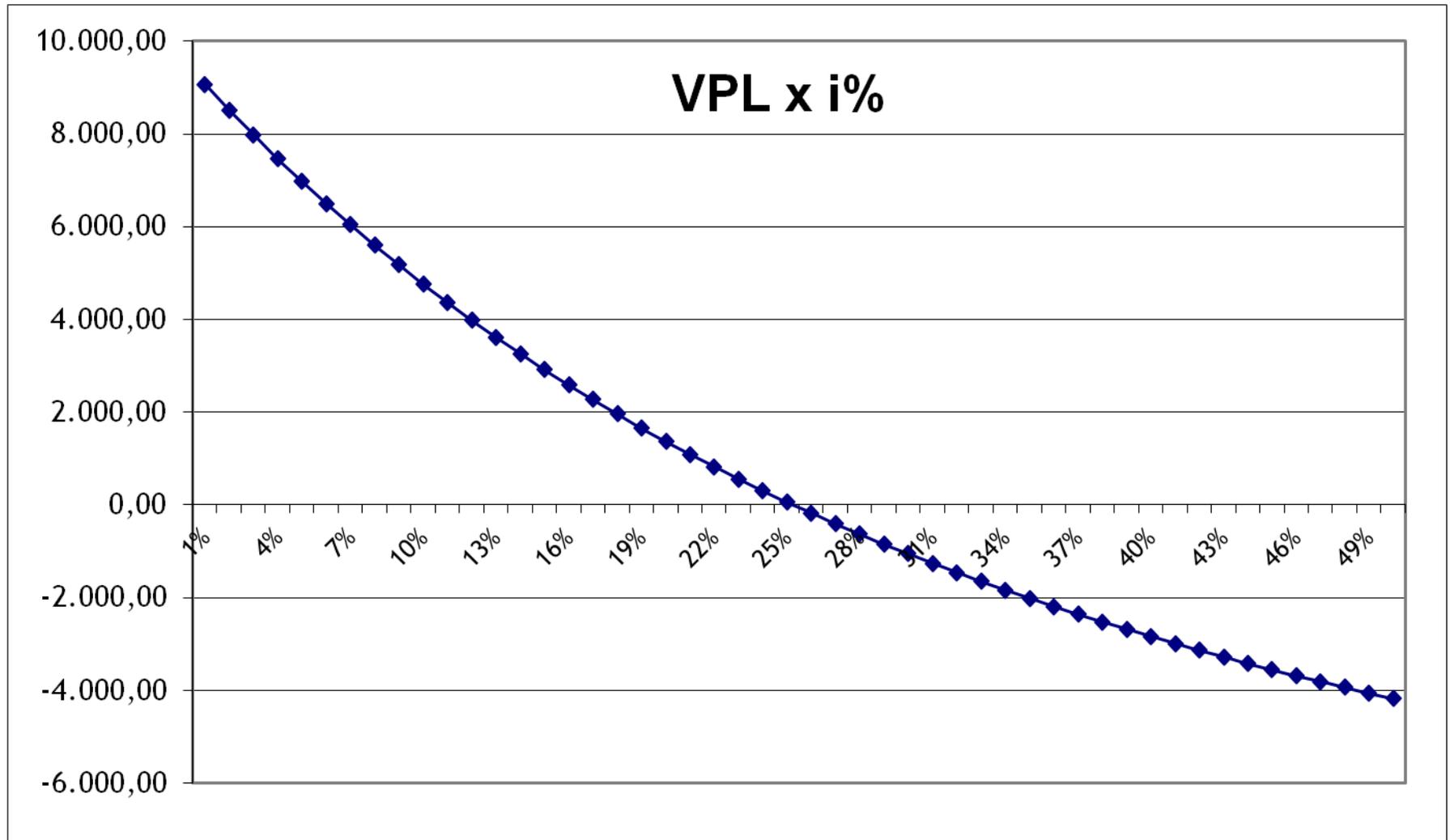
$$VPL(i) = \sum_{k=0}^{k=N} \frac{V_k}{(1+i)^k}$$

- $VPL(i) \geq 0$, então o projeto é economicamente viável

- **Taxa Interna de Retorno (TIR)**

- Cada empreendimento é avaliado segundo a taxa de atratividade fixada pelo investidor
- O método TIR permite determinar a **taxa de desconto i^* que zera o fluxo de caixa**, ou seja, é a taxa que iguala o VPL dos investimentos com o VPL do restante do fluxo de caixa: $VPL(i^*)=0$
- Interpretação econômica: Taxa de remuneração do capital aplicado

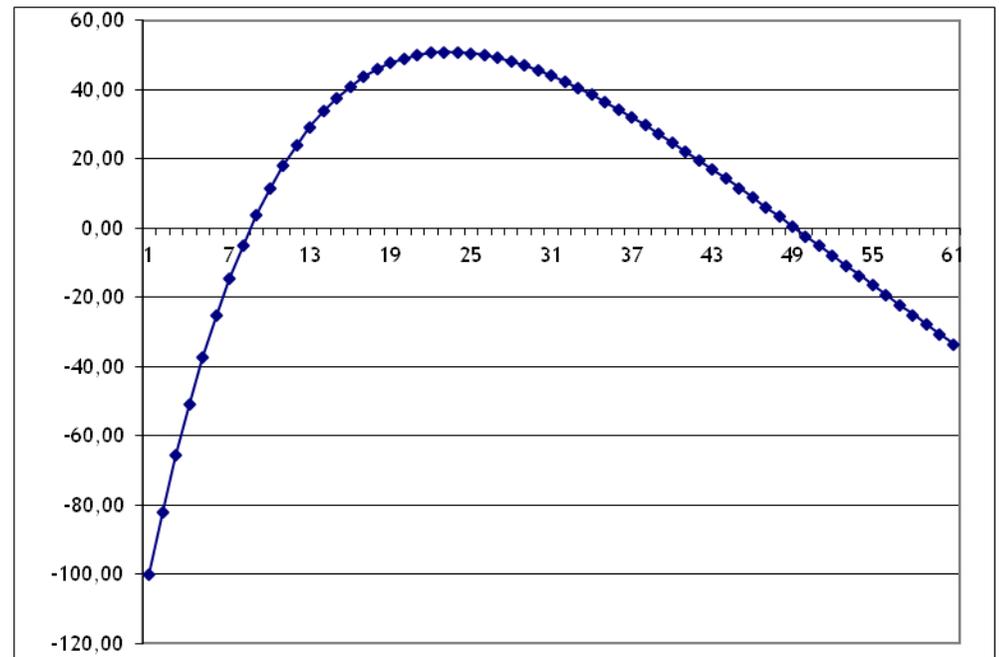
Avaliação de um Fluxo de Caixa



Avaliação de um Fluxo de Caixa

- **Taxa Interna de Retorno (TIR)**
 - Número de raízes reais positivas de uma equação com coeficientes reais é no máximo igual ao número de variações de sinal dos coeficientes
 - Identificar faixa de viabilidade na curva $VPL(i) \times i$

Período	Fluxo Caixa
0	-350,00
1	100,00
2	500,00
3	600,00
4	50,00
5	-1.000,00



Avaliação de um Fluxo de Caixa

- **Custo Médio Anual (AAC – Average Annual Cost)**

- Aplica-se a projetos que não são esperados retorno econômico.
 - Exemplo: **embarcações militares, embarcações de pesquisa,**
- O custo médio é calculado somando-se aos custos operacionais e variáveis a parcela de investimento, diluída na vida útil do projeto

$$AAC = P(CR - i - N) + (CF + CV)$$

- **Benefício Uniforme Equivalente**

- $BUE(i) \geq 0$, então o projeto é economicamente viável

$$BUE(i) = \frac{i}{(1+i)^n - 1} VF(i)$$

Avaliação de um Fluxo de Caixa

- **Taxa de Frete Requerida (RFR – *Required Freight Rate*)**

- É a taxa de frete que, multiplicada pelo valor médio transportado em um período (C), se iguala ao custo anual médio (AAC)

$$RFR = AAC / C = [P(CR - i - N) + (CF + CV)] / C$$

- Incorporando o financiamento e o imposto de renda, RFR será a receita que anula FCd
- Validade.. todos valores anualizados

$$FCd = R + VR - D - I - A - J - \rho(R + VR - D - J - Depr) = 0$$

$$R = \frac{I + A - \rho Depr}{(1 - \rho)} - VR + CF + CV + J$$

Comparação de Alternativas

- **Mutuamente excludentes:** Visam o mesmo objetivo técnico
- Podemos desconsiderar valores comuns entre as alternativas
 - Cuidado: não permite avaliar a viabilidade

Modelo I – Atividade Permanente

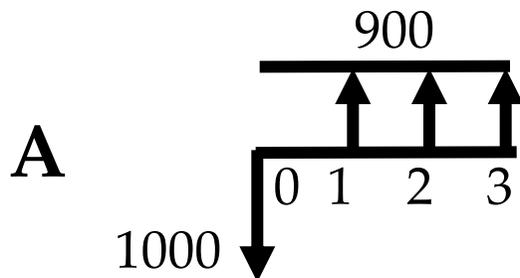
Modelo II – Atividade Cessante

Modelo III – Prazo final

Comparação de Alternativas

Necessidade de Mesmo Horizonte

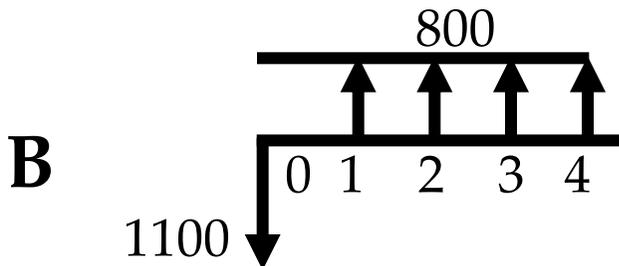
$i=15\%$



$$\text{VPL A}(i) = 1.054,90$$

$$\text{VF A}(i) = 1.604,38$$

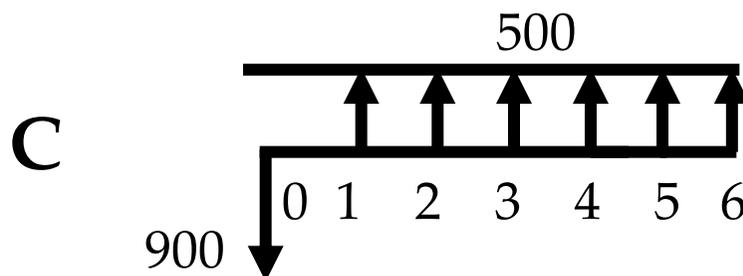
$$\text{BUE A}(i) = 462,02$$



$$\text{VPL B}(i) = 1.183,98$$

$$\text{VF B}(i) = 2.070,79$$

$$\text{BUE B}(i) = 414,71$$



$$\text{VPL C}(i) = 992,24$$

$$\text{VF C}(i) = 2.295,11$$

$$\text{BUE C}(i) = 262,19$$

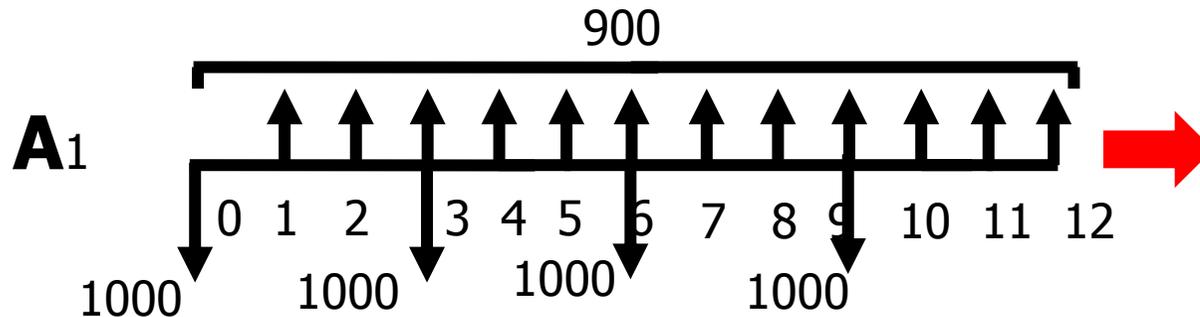
Comparação de Alternativas

Modelo I – Atividade Permanente

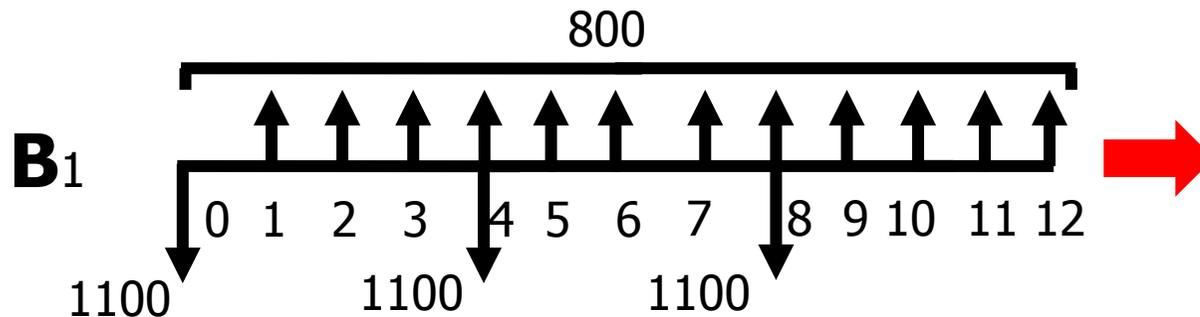
- Horizonte do empreendimento é muito maior que o do projeto
- Investimentos deverão ser renovados para manter a atividade
- Horizonte comum
 - Múltiplo comum dos horizontes de cada projeto
- BUE dos projetos ampliados é o mesmo dos projetos originais

Comparação de Alternativas

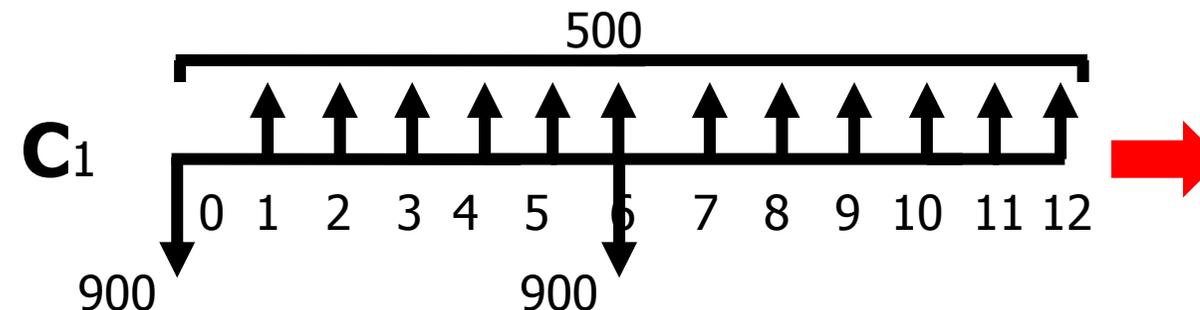
Modelo I – Atividade Permanente $i=15\%$



$$\begin{aligned} \text{VPL } A_1(i) &= 2.504,45 \\ \text{VF } A_1(i) &= 13.399,44 \\ \text{BUE } A_1(i) &= 462,02 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{VPL } B_1(i) &= 2.247,97 \\ \text{VF } B_1(i) &= 12.027,23 \\ \text{BUE } B_1(i) &= 414,71 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{VPL } C_1(i) &= 1.421,21 \\ \text{VF } C_1(i) &= 7.603,85 \\ \text{BUE } C_1(i) &= 262,19 \end{aligned}$$

Comparação de Alternativas

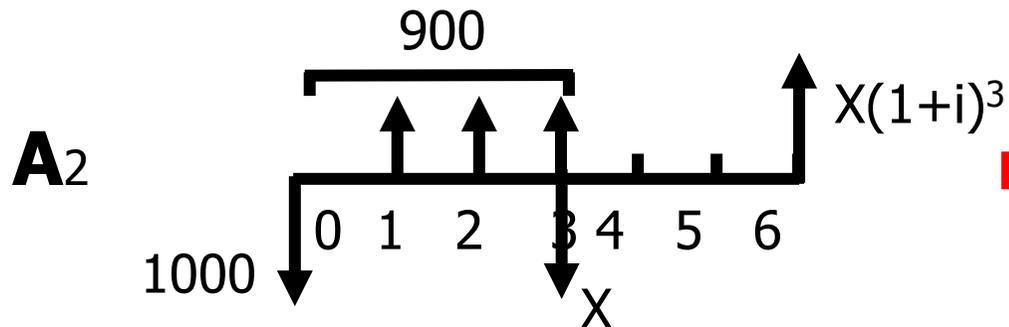
Modelo II – Atividade Cessante

- O horizonte dos projetos é da mesma ordem de grandeza do horizonte da atividade
 - Exploração de uma jazida mineral
- O **resultado final do projeto (VF)** é aplicado no **mercado à taxa i** para igualar os horizontes
 - VPL do projeto aumentado é igual ao do projeto original

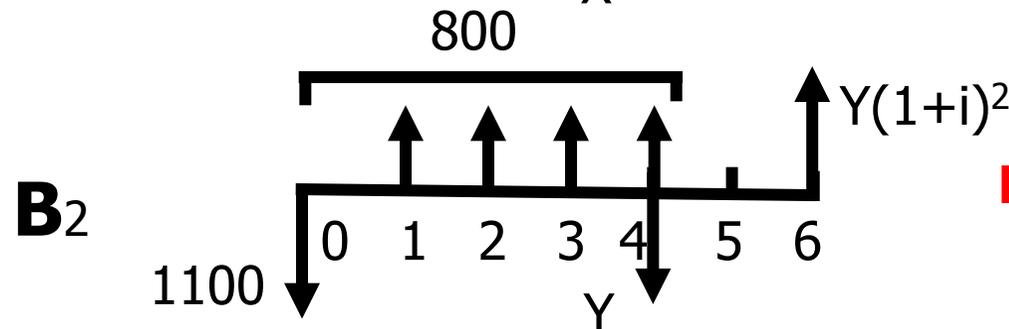
Comparação de Alternativas

Modelo II – Atividade Cessante

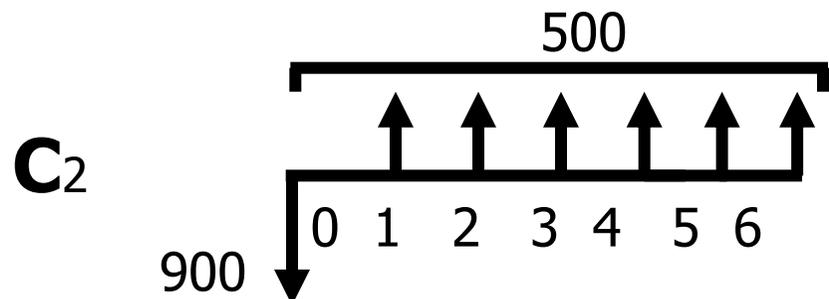
$i=15\%$



VPL $A_2(i) = 1.054,90$
 VF $A_2(i) = 2.440,05$
 BUE $A_2(i) = 278,74$



VPL $B_2(i) = 1.183,98$
 VF $B_2(i) = 2.738,62$
 BUE $B_2(i) = 312,85$



VPL $C_2(i) = 992,24$
 VF $C_2(i) = 2.295,11$
 BUE $C_2(i) = 262,19$

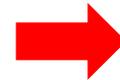
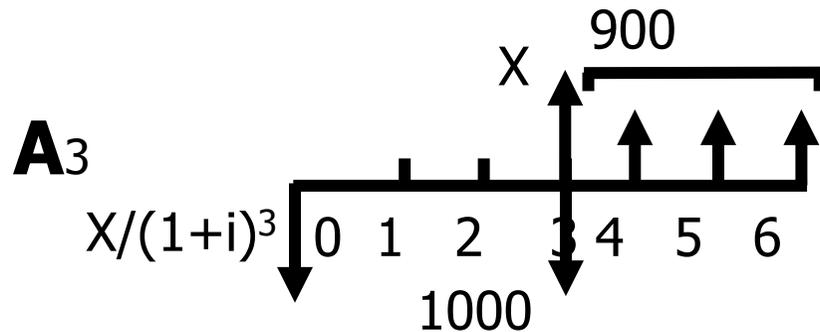
Comparação de Alternativas

Modelo III – Prazo final

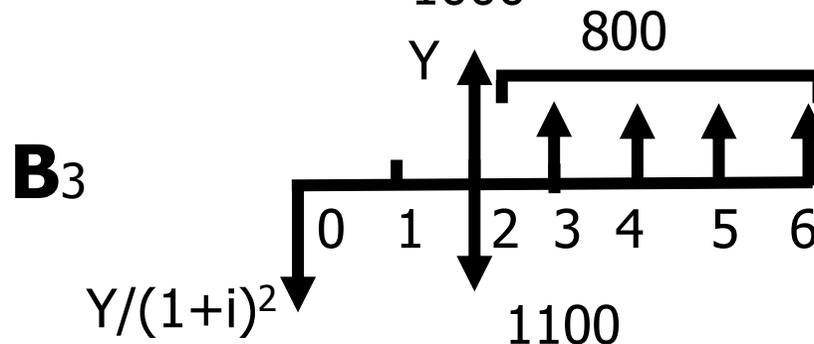
- O horizonte dos projetos é da mesma ordem de grandeza do horizonte da atividade
- Há um prazo final para o projeto terminar
 - Supõe-se que todos os projetos terminam na mesma data, adiando o início das alternativas mais rápidas
 - Projetos para execução de uma obra
- O investimento inicial do projeto, devidamente descontado, é aplicado no mercado à taxa i
 - O VF do projeto aumentado é o mesmo do projeto original

Comparação de Alternativas

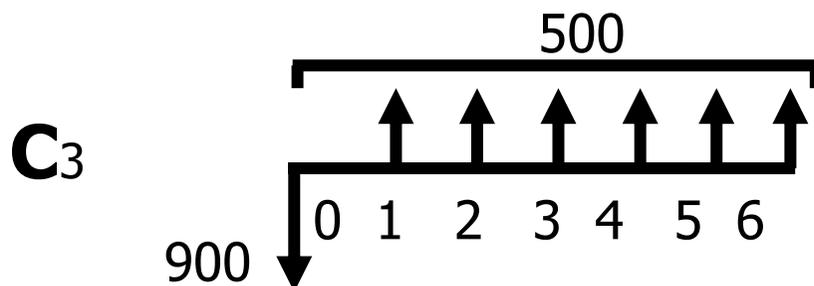
Modelo III – Prazo final $i=15\%$



VPL $A_3(i) = 693,62$
VF $A_3(i) = 1.604,38$
BUE $A_3(i) = 183,28$



VPL $B_3(i) = 895,26$
VF $B_3(i) = 2.070,79$
BUE $B_3(i) = 236,56$



VPL $C_3(i) = 992,24$
VF $C_3(i) = 2.295,11$
BUE $C_3(i) = 262,19$