

Critérios para a Determinação dos Investimentos mais Econômicos — Utilização dos Computadores Digitais

Antônio Carlos M. Mattos *

Este estudo será dividido nas seguintes partes:

1. Colocação do problema
2. Solução do problema
3. Demonstração do critério empregado na solução, onde será mostrada a sua validade
4. Utilização do computador digital: a) apresentação do programa, isto é, do plano para a sua realização; b) entrada e saída de dados; c) o programa propriamente dito, contendo, além da listagem, o exemplo de um processamento de dados efetuado
5. Considerações finais.

1. COLOCAÇÃO DO PROBLEMA

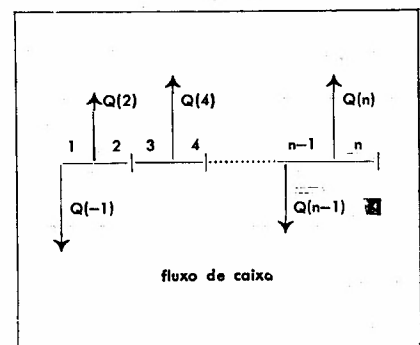
Sejam dados vários planos de investimentos por meio dos correspondentes fluxos líquidos de caixa (**net cash-flow**) e a taxa mínima atrativa de retorno.

Deseja-se ordenar êsses planos segundo o critério do máximo

lucro e saber qual o lucro obtido com cada um deles.

2. SOLUÇÃO DO PROBLEMA

Consideremos um plano de investimento, dado pelo seguinte fluxo de caixa líquido:



Os valores $Q(1)$, $Q(2)$, ..., $Q(n-1)$, $Q(n)$, representam cada montante em dinheiro, e todos eles, das entradas e saídas de caixa decorrente da aplicação

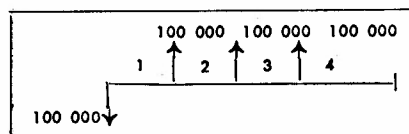
* Professor do Departamento de Métodos Quantitativos da Escola de Administração de Empresas de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas.

dêse plano, serão positivos (para cima) se fôr entrada de dinheiro (reembólso) e negativos (para baixo), como Q(1), Q(n-1) se significar saída (desembólso ou investimento.) Os números 1, 2, ..., n-1, n, associados aos intervalos, são os períodos de tempo durante a execução do plano, dados em meses, anos, etc.; todos os períodos são iguais e Q(i), i = 1, 2, ..., n, pode ser nulo ou não, exceto Q(1) que deverá ser negativo, isto é, supõe-se que todo plano se inicia com desembólso de dinheiro. O número n indica o número de períodos em que o plano é aplicado e deve abranger o plano desde o seu início até o seu fim.

Ilustraremos, o acima exposto, com um exemplo, onde os dados podem ser os previstos, no caso de um planejamento, ou os passados, no caso de se pretender fazer uma análise do que já foi realizado.

Seja, então, a compra de uma propriedade por Cr\$ 200 mil, no início de 1970, que irá render Cr\$ 100 mil (receita menos despesa, ou lucro) ao ano até 1972, sendo vendida no início de 1973 por Cr\$ 100 mil. (Este exemplo foi processado num computador IBM-1130, e é o plano 3; ver a seção 4.3).

Neste caso, o fluxo de caixa será:



isto é,

$$Q(1) = \$ - 100\,000,00$$

$$Q(3) = \$ + 100\,000,00$$

$$Q(2) = \$ + 100\,000,00$$

$$Q(4) = \$ + 100\,000,00$$

e $n = 4$ (períodos de um ano cada). Note-se a convenção do pagamento no início do período (antecipado).

Seja R_{\min} a mínima taxa de retôrno admitida pela política econômica da empresa que es-

tuda os investimentos (por exemplo, $R_{\min} = 15\%$ a/a ou $0,15$ o/1* a/a).

A partir desses dados, Q(1), ..., Q(n) podemos determinar a taxa de retôrno do investimento, que será tal que a projeção dos desembolsos no presente, ou valor presente, seja igual ao valor presente dos reembolsos. No exemplo acima, seria um R tal que:

$$-Q(1) = 100.000 = 100.000 [(1+R)^{-1} + (1+R)^{-2} + (1+R)^{-3}]$$

Esse cálculo fornece (conforme seção 4.3)

$$R = 0,83928 \text{ o/1 ou } 83,928\%$$

Conhecido R, determina-se o lucro total por período (a menos de uma constante, cf. seção 3) como sendo (A é o valor presente dos investimentos):

$$V = (R - R_{\min})A.$$

No exemplo anterior,

$$A = 100.000,00 \quad R = 0,83928 \text{ o/1}$$

$$R_{\min} = 0,15 \text{ o/1 e } V = 100.000 (0,83928 - 0,15) = \$ 68.928.$$

Essa mesma seqüência deverá ser repetida para os vários planos apresentados. No final, teremos vários valores de V:

V(1), V(2), ..., V(S), onde s é o número de planos.

O melhor plano (ou os melhores) será aquele que fornecer o maior valor a V(j), onde j é um dos planos.

3. DEMONSTRAÇÃO DO CRITÉRIO

Quanto ao conceito de taxa de retôrno, o utilizado neste trabalho é o que resulta da equivalência de séries de pagamentos, que supomos conhecido.¹

Deter-nos-emos no critério da escolha do melhor plano, segundo um estudo por nós realizado.

Admitamos que se disponha de um capital C para ser aplicado

nos melhores planos entre os apresentados. Seja A(j) o valor presente dos investimentos, onde j é o plano considerado (j = 1, 2, ..., s). Se o único desembólso fôr o inicial, A(j) coincide com o valor dêse reembólso.

Seja, então, aplicado o montante A(j) no plano j, que será a juros de R(j) (igual a 83,9% no exemplo anterior), e o restante que se dispõe, C-A(j), a juros de R_{\min} (15%, no exemplo anterior).

Se o valor de revenda fôr igual ao do investimento, isto é, se não houver depreciação durante a utilização do plano (e esta hipótese não altera a generalidade da análise² o lucro equivalente por período será:

$$A(j) R(j) + (C-A(j)) R_{\min} \quad \text{ou}$$

$$CR_{\min} + A(j)(R(j) - R_{\min})$$

Como nossa finalidade é maximizar o lucro, devemos achar o plano (isto é, o valor de j) que nos dará o maior valor à expressão acima. Mas nessa expressão, CR_{\min} não depende de j; basta, então, maximizar:

$$V(j) = (R(j) - R_{\min}) \cdot A(j)$$

que é o algoritmo por nós usado (q.e.d.).

4. UTILIZAÇÃO DO COMPUTADOR DIGITAL

4.1 Apresentação do programa.

O programa se encontra dividido em duas partes: a primeira calcula a taxa de retôrno, cujo algoritmo utilizado, próprio para computadores, foi desenvolvido por Savir e Sherman;³ a segunda seleciona os melhores planos, usando o algoritmo já exposto.

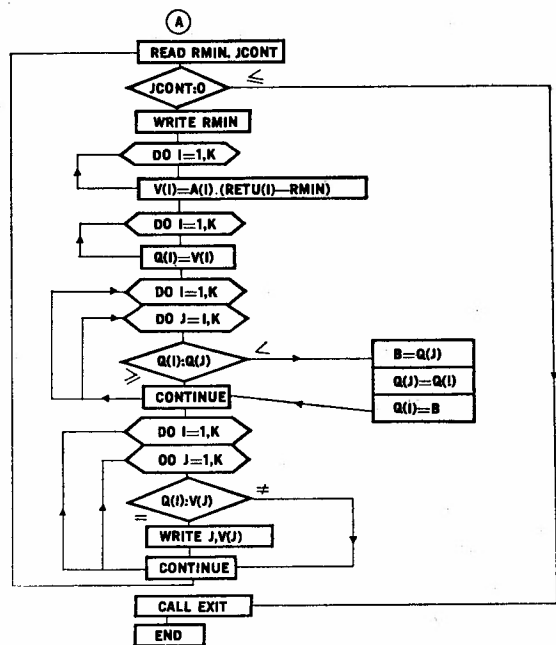
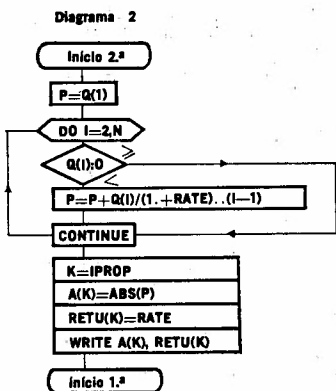
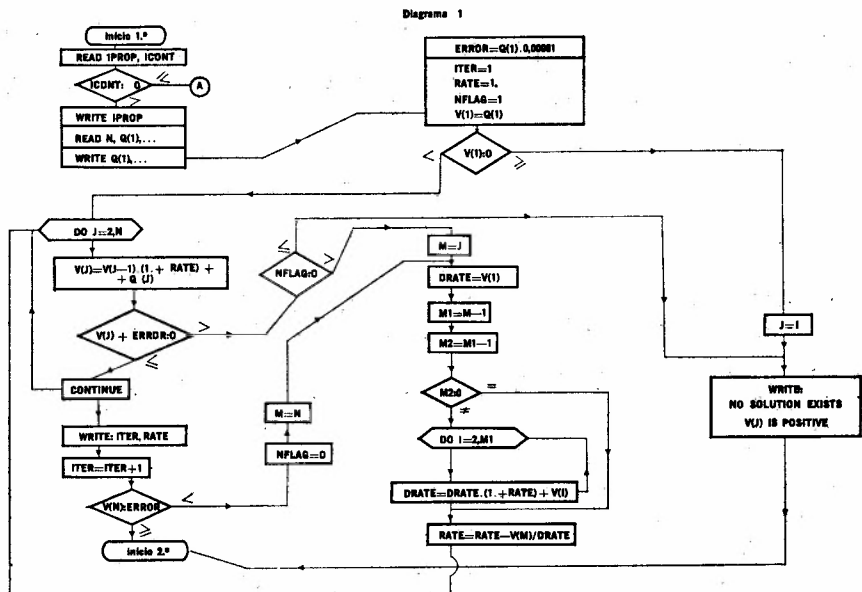
* o/1 significa por unidade.

¹ Grant. Principles of engineering economy. 4. ed., New York, The Ronald Press, 1964. cap. 8.

² Id. ibid. cap. 12.

³ DeGarmo. Engineering economy. 4. ed., New York, The MacMillan Co., 1969. apêndice C.

Damos, a seguir, os diagramas de bloco correspondente a essas duas partes, que esclarecem o fluxo de informações envolvido.



4.2 Entrada e saída de dados

Todos os cartões possuem um campo de 10 colunas, onde deverão ser perfurados os números.

Após o cartão //XEQ, o primeiro cartão deverá ter o n.º 1 perfurado na 10.ª coluna, indicando que a seguir virão os dados do primeiro plano; e o n.º 1 na 20.ª coluna, indicando que haverá um plano a ser lido a seguir. Estes serão os valores de IPROP e ICONT, respectivamente.

O segundo cartão terá impresso no campo, de 0 até a 10.ª coluna, o número de períodos (N), do plano em questão. Se for, por exemplo, 11 períodos, terá perfurado um na nona coluna e um na 10.ª.

O terceiro cartão terá os valores de Q(i), sendo seis valores por cartão, com campos de 10 colunas cada (vírgula decimal entre a 10.ª e 11.ª coluna), que prosseguirá no quarto cartão, etc., até completar N valores de Q(i). Note-se que Q(1) deverá ser sempre negativo.

Depois, repete-se o ciclo para o próximo plano, sendo que, como no primeiro cartão, deverá estar, também, perfurado um na 20.ª e no n.º 2 na 10.ª. E assim por diante, até completarem-se todos os planos. Deverá haver, então, um cartão em branco, indicando que o próximo cartão fornecerá o valor da taxa mínima atrativa (RMIN) por unidade (o/1), com o ponto decimal entre a quinta e a sexta colunas e situado no campo das 10 primeiras colunas. Na 20.ª desse cartão deverá haver o n.º 1, indicando que esse dado deverá ser processado.

Outros cartões com outras RMIN poder-se-ão seguir (todos com o um perfurado na 20.ª) E o último cartão de dados deverá ser, necessariamente, virgem (em branco, não perfurado).

Quanto à saída de dados, se não existir uma taxa de retôrno num plano, isso será impresso pela impressora 1132. As colunas **period** e **cash flow** indicam os valores lidos do fluxo de caixa (dados de entrada). As **iteration** e **rate of return** mostram a convergência do

algoritmo usado. Na coluna **algorithm** estão os valores de V(I).

4.3 O Programa pròpriamente dito

Esse programa está redigido em linguagem FORTRAN IV — Monitor, para o computador I.B.M. 1130.

PAGE 1 MATTOS

```
// JOB T                                MATTOS

LOG DRIVE  CART SPEC  CART AVAIL  PHY DRIVE
  0000      0001      0001      0000

V2 M04A CTUAL 16 K CONFIG 16K

// FOR

*IOCS (CARD, 1132 PRINTER)
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM
C RATE OF RETURN CALCULUS. SAVIR AND
SEHRMAN ALGORITHM. BEGGINING OF
C THE YEAR CONVENTION. RATE OF RETURN
IN PER UNIT (0/1).
DIMENSION RETU(100), A(100), Q(100),
V(100)
100 READ (2,200) IPROP, ICONT
200 FORMAT (2110)
   IF (ICON) 110, 110, 120
120 WRITE (3, 130), IPROP
130 FORMAT (1H1, 60X' PROPOSAL', I4////)
   READ (2,1) N, (Q(I), I=1, N)
   1 FORMAT ( I 10/(6F10.0))
   WRITE (3,2) (I, Q (I), I= 1, N)
   2 FORMAT (6X, 'PERIOD', 11X, 'CASH FLOW//
(/1X, I10, F20.0))
   WRITE (3,3)
3 FORMAT (////4X 'ITERATION', 6X' RATE
OF RETURN' //)
   ERROR=Q(1)*.00001
   ITER=1
   RATE=1.
   NFLAG=1
   V(1)=Q(1)
   IF (V(1)) 8, 14, 14
8 DO 4 J=2, N
   V(J)=V(J-1)*(1.0+RATE)+Q(J)
   IF (V(J)+ERROR) 4, 4, 5
4 CONTINUE
   WRITE (3, 6) ITER, RATE
6 FORMAT (/1X, I10, F20.5)
   ITER=ITER+1
   IF(V(N)-ERROR) 30, 50, 50
30 NFLAG=0
   M=N
10 DRATE=V(1)
   M1=M-1
   M2=M1-1
   IF(M2)40, 13, 40
```

```
ECON 4
ECON 4A
ECON 5
ECON 6
ECON 7
ECON 8
ECON 9
ECON 10
ECON 11
ECON 12
ECON 13
ECON 14
ECON 15
ECON 16
ECON 17
ECON 18
ECON 19
ECON 20
ECON 21
ECON 22
ECON 23
ECON 24
ECON 25
ECON 26
ECON 27
ECON 28
ECON 29
ECON 30
ECON 31
ECON 32
ECON 33
ECO5 34
ECO5 35
ECO5 36
```

40 DO 7 I=2, M1	ECON	37
7 DRATE=DRATE*(1.0+RATE)+V(I)	ECON	38
13 RATE=RATE-V(M)/DRATE	ECON	39
GO TO 8	ECON	40
5 IF (NFLAG) 50, 9, 45	ECON	41
45 M=J	ECON	42
GO TO 10	ECON	43
14 J=1	ECON	44
9 WRITE (3, 11) J	ECON	45
11 FORMAT (///1X, 'NO SOLUTION EXISTS.V (14) IS POSITIVE.'//)	ECON	46
50 P=Q(1)	ECON	47
DO 31 I=2, N	ECON	48
IF(Q(I)) 32, 31, 31	ECON	49
32 P=P+Q(I)/((1.0+RATE)**(I-1))	ECON	50
31 CONTINUE	ECON	51
K=IPROP	ECON	52
A(K)=ABS(P)	ECON	53
RETU(K)=RATE	ECON	54
WRITE(3, 33) A(K), RETU(K)	ECON	55
33 FORMAT (/X'PRESENT WORTH' F10.0,5X' RATE OF RETURN'F10.5//)	ECON	56
GO TO 100	ECON	57

**C CALCULUS OF THE MOST ECONOMICAL PRO-
POSAL. MATTOS ALGORITHM**

	ECON	58
110 WRITE (3, 39)	ECON	59
39 FORMAT (1H1, 54X'BETTER PROPOSALS' /////30X'PROPOSAL'19X'ALGORITHM' 119X'MINIMUM RETURN'//)	ECON	60
140 READ (2, 34) RMIN, JCONT	ECON	61
34 FORMAT (F10.5, I10)	ECON	62
IF (JCONT)44, 44, 150	ECON	63
150 WRITE (3, 151)RMIN	ECON	64
151 FORMAT (/84XF10.5)	ECON	65
DO 35 I=1, K	ECON	66
35 V(I)=A(I)*(RETU(I)-RMIN)	ECON	67
DO 37 I=1,K	ECON	68
37 Q(I)=V(I)	ECON	69
DO 36 I=1, K	ECON	70
DO 36 J=I,K	ECON	71
IF (Q(I)-Q(J))38, 36, 36	ECON	72
38 B=Q(J)	ECON	73
Q(J)=Q(I)	ECON	74
Q(I)=B	ECON	75
36 CONTINUE	ECON	76
DO 41 I=1, K	ECON	77
DO 41 J=1, K	ECON	78
IF (Q(I)-V(J)) 41, 42, 41	ECON	79
42 WRITE (3, 43) J, V(J)	ECON	80
43 FORMAT (30X, 14, 22X, F9.0)	ECON	81
41 CONTINUE	ECON	82
GO TO 140	ECON	83
44 CALL EXIT	ECON	84
END		

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON O VARIABLES 830 PROGRAM 770

END OF COMPILATION
// XEQ

PERIOD	CASH FLOW
1	-100000.
2	8200.
3	8200.
4	8200.
5	8200.
6	8200.
7	8200.
8	8200.
9	8200.
10	8200.
11	108200.

ITERATION RATE OF RETURN

1	1.00000
2	0.80369
3	0.62828
4	4.47270
5	0.33718
6	0.22436
7	0.14087
8	0.09512
9	0.08277
10	0.08200
11	0.08200

PRESENT WORTH 100000.
RATE OF RETURN 0.08200

PERIOD	CASH FLOW
1	-184000.
2	31200.
3	31200.
4	31200.
5	31200.
6	31200.
7	31200.
8	31200.
9	31200.
10	31200.
11	215200.

ITERATION RATE OF RETURN

1	1.00000
2	0.80802
3	0.63779
4	0.48894
5	0.36283
6	0.26385
7	0.19962
8	0.17345

9	0.16963
10	0.16956

PRESENT WORTH 184000.
RATE OF RETURN 0.16956

PERIOD	CASH FLOW
1	-100000.
2	100000.
3	100000.
4	100000.

ITERATION RATE OF RETURN

1	1.00000
2	0.85714
3	0.83954
4	0.83928

PRESENT WORTH 100000.
RATE OF RETURN 0.83928

PERIOD	CASH FLOW
1	-1000.
2	100.
3	200.
4	500.
5	-400.
6	-500.

ITERATION RATE OF RETURN

1	1.00000
2	0.61401
3	0.29925
4	0.02396

NO SOLUTION EXISTS.V(4) IS
POSITIVE.

PRESENT WORTH 5263. RATE
OF RETURN -0.28707.

PERIOD	CASH FLOW
1	-109000.
2	10000.
3	12500.
4	12300.
5	13500.
6	14400.
7	13700.
8	221900.

ITERATION RATE OF RETURN

1	1.00000
2	0.72838
3	0.50606
4	0.33715
5	0.23205
6	0.19253
7	0.18764
8	0.18758

PRESENT WORTH 109000.
RATE OF RETURN 0.18758

BETTER PROPOSALS

PROPOSAL ALGORITHM MINI-
MUM
RETURN

		0.00000
3	83928.	
2	31200.	
5	20446.	
1	8200.	
4	-1510.	
		0.05000
3	78928.	
2	22000.	
5	14996.	
1	3200.	
4	-1774.	
		0.06000
3	77928.	
2	20160.	
5	13906.	
1	2200.	
4	-1826.	
		0.07000
3	76928.	
2	18320.	

5	12816.	
1	1200.	
4	-1879.	0.08000
3	75928.	
2	16480.	
5	11726.	
1	200.	
4	-1931.	0.09000
3	74928.	
2	14640.	
5	10636.	
1	-799.	
4	-1984.	0.10000
3	73928.	
2	12800.	
5	9546.	
1	-1799.	
4	-2037.	0.15000
3	68928.	
5	4096.	
2	3600.	
4	-2300.	
1	-6799.	0.20000
3	63928.	
5	-1353.	
4	-2563.	
2	-5599.	
1	-11799.	1.00000
4	-6774.	
3	-16071.	
5	-88553.	
1	-91800.	
2	-152800.	

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O critério de escolha, que apresentamos neste trabalho, deve ser considerado apenas como um auxílio na tomada de decisão do dirigente de empresa, e não como um critério absoluto.

De fato, como diz Grant,⁴ há vários fatores econômicos que nem sempre podem ser quantificados: são os **imponderáveis econômicos**. Nos casos em que a diferença entre um plano e outro é pequena (dado por $V(j)$ nas considerações atrás), tais imponderáveis podem influir na decisão.

Salientamos, ainda, que tal critério, que desenvolvemos a partir das idéias de Grant, somente surtirá efeito desejado se for considerado o ciclo completo do investimento, isto é, **tôdas** as entradas e saídas de dinheiro, provenientes da utilização do plano, devem ser incluídas no fluxo de caixa, **até a finalização completa do plano**. Também não devem ser incluídas as saídas e entradas hipotéticas, como, por exemplo, a depreciação (que estará implícita no valor residual, este incluído no último termo $Q(n)$ do fluxo de caixa da proposta em análise).

⁴ Grant. op. cit.