UM EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL NA AGRICULTURA[1]

J.C. IGNACZAK[2], R.P. DE OLIVEIRA[3] e A.C. DE OLIVEIRA[4]

RESUMO - Quando existe a possibilidade de diversificação de culturas, os agricultures defrontam-se com um problema capital: quais as culturas que devem ser escolhidas, e quanto de cada uma deve ser plantada para se obter o maior lucro. Uma das metodologias passíveis de serem aplicadas a este tipo de problema, para se encontrar uma solução, é a Pesquisa Operacional. Como esta metodologia é pouco conhecida pelos pesquisadores e produtores, o trabalho apresenta um exemplo de solução por meio da Programação Linear, uma subclasse da Pesquisa Operacional, para um problema tipicamente agrícola. O objetivo principal é o de difundir entre técnicos e produtores a existência desta metodologia e a sua possibilidade de adaptação à agricultura.

Termos para indexação: pesquisa operacional, programação linear.

AN EXAMPLE OF OPERATIONAL RESEARCH APPLIED TO AGRICULTURE

ABSTRACT - If and when there is a possibility of crop diversification, farmers face a serious problem: which crops - and how much of each - must be grown in order to obtain higher profit. Operational Research is one of the methodologies that may be applied to this type of problem, aiming at to find a solution for it. As this methodology is not well known by both researchers and farmers, the present paper gives a model of solution by means of Linear Programming, which is a sub-class of Operational Research, dealing with specific agricultural problems. The main purpose of this paper is to make researchers and farmers aware of this methodology as well as of the possibility of its adaptation to agriculture.

Index terms: operational research, linear programming.

INTRODUÇÃO

A diversificação de culturas, prática adotada nos países mais desenvolvidos, é algo que, com o passar do tempo, deverá ser adotado pelos agricultores brasileiros. Isto porque a monocultura constitui-se em grande perigo para a economia de uma região, estado ou país, tendo em vista o risco que se tem em não ter opções, caso surja alguma condição adversa de clima, de sanidade, de comercialização, etc.

Note-se que a própria prática da monocultura pode levar a um aparecimento gradual de pragas e doenças a cada ano que passa. Isto, obviamente, conduziria a um aumento considerável no uso de inseticidas e fungicidas, os quais, além de serem produtos importados na sua grande maioria, o que eleva em muito o custo da produção, tem sérias restrições do ponto de vista ecológico e da saúde pública.

Poderíamos citar inúmeras vantagens da diversificação de culturas em relação a monocultura; no entanto, este não é o objetivo específico do nosso trabalho.

Mas, uma vez adotada a diversificação de culturas, os produtores teriam um problema de decisão a resolver: levando-se em conta os recursos que possuem, bem como os custos e lucros, quais as culturas a serem escolhidas? E quanto de cada uma deve-se plantar para se obter o maior lucro? Para solucionar este tipo de problema, podemos aplicar, desde que se tenham certos dados disponíveis, a Pesquisa Operacional (PO); mais especificamente, a Programação Linear (Linear-Programming Problems - PPL).

A Pesquisa Operacional é uma abordagem científica à solução de problemas de execução gerencial.

Poderíamos definir ainda a PO como:

" A construção de modelos matemáticos, econômicos e estatísticos, para problemas de decisão e controle vinculados à situação de complexidade e incerteza".

---

1 Aceito para publicação em 5 de setembro de 1979. Trabalho apresentado no Curso de Pesquisa Operacional do Mestrado em Métodos Quantitativos, da Universidade de Brasília (UnB), Maio de 1975.

2 Engº Agrº, M.Sc., Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT) - EMBRAPA, Caixa Postal 569, CEP 99.100 - Passo Fundo, RS.

3 Engº Agrº, M.Sc., Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU) - EMBRAPA, Caixa Postal 48, CEP 66.000 - Belém, PA.

4 Engº Agrº, M.Sc., Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) - EMBRAPA, Caixa Postal 151, CEP 35.700 - Sete Lagoas, MG.

Programming Problems refere-se ao uso eficiente ou alocação de recursos limitados para alcançar determinado objetivo (Gass 1975).

A Programação Linear (PPL), uma subclasse da **Programming Problems** tem seu modelo matemático constituído por um conjunto de equações lineares simultâneas que representam as condições do problema e por uma função linear que expressa o objetivo do problema.

A PO, que teve seu desenvolvimento prático durante a Segunda Guerra Mundial e contínuos progressos com o advento do computador, pode ser aplicada para resolver determinados problemas relativos à indústria, comércio, educação, agricultura, engenharia, etc.

Com a finalidade de levar aos pesquisadores e produtores o conhecimento de tal matéria e a sua possibilidade de adaptação à agricultura, o presente trabalho apresenta a solução, por meio da PPL, de um problema tipicamente agrícola.

PROBLEMA

Certa Organização opera cinco fazendas de produtividade comparável. A produçao de cada fazenda é limitada tanto pela água disponível para irrigação quanto pela área cultivável.

Os dados para a estação vindoura são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Dados referentes à disponibilidade de área e água, por fazenda.

Fazenda	Área cultivável (ha)	Água disponível (m^3)
1	400	1500
2	600	2000
3	300	900
4	550	1800
5	450	1300

A Organização está considerando oito culturas para plantação, que diferem primariamente em seu lucro esperado por hectare e em seu consumo de água. Além do mais, a área total que pode ser destinada a cada cultura está limitada pelo montante disponível de equipamento agrícola apropriado. A Tabela 2 mostra os limites de área, levando em conta a disponiblidade de maquinaria, o consumo de água e o lucro esperado por cultura.

Há, ainda, a necessidade diferente de utilização de quatro tipos de fertilizantes, por cultura, conforme a Tabela 3.

Objetivando manter uma carga de trabalho uniforme nas fazendas, é política da Organização que a percentagem de área cultivável plantada deva ser a mesma em cada fazenda. Entretanto, qualquer combinação das culturas pode ser cultivada em qualquer das fazendas.

Quanto de cada cultura deve ser plantado em cada fazenda para que se obtenha o maior lucro?

CONSTRUÇÃO DO MODELO

A construção do modelo consiste na elaboração do conjunto de equações lineares simultâneas que representam as condições do problema e da função linear que expressa o objetivo do problema.

Antes de apresentarmos as restrições identificadas e a função-objetivo (FO) determinada, faz-se necessária a determinação das abreviações que serão usadas para restrições e variáveis:

a. Para restrições:

FAZ_k, k = 1, 2, 3, 4, 5	FAZ = Fazenda
Ex: FAZ 1 = Fazenda 1	k = identificação da fazenda
FAZ_i, i = A, B, C, D, E	FAZ = Fazenda
Ex: FAZ A = Fazenda A	i = identificação da fazenda

TABELA 2. Limites de área tendo em vista a maquinaria disponível, o consumo de água e o lucro esperado por cultura.

Cultura	Área máxima (ha)	Consumo de água (m^3/ha)	Lucro esperado/ha (Cr$)
1	700	5,3	400
2	800	4,2	300
3	300	3,4	100
4	500	3,5	200
5	600	4,5	320
6	400	3,6	410
7	900	4,7	180
8	500	2,8	250

TABELA 3. Necessidade de fertilizantes para as diferentes culturas, e disponibilidade total de cada fertilizante.

Cultura	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)
1	300	120	-	-
2	200	-	180	150
3		400	-	-
4	120	200	80	10
5	-	30	120	210
6	420	-	-	-
7	350	70	40	30
8	180	-	20	340
Disponibilidade (kg)	200.000	380.000	120.000	160.000

Note-se que FAZ 1 = FAZ A, FAZ 2 = FAZ B, etc. No entanto, para fins computacionais, faz-se necessária esta diferenciação, visto haver dois grupos de restrições relativas às fazendas.

CUL_j, j = 1, 2, ..., 8 CUL = Cultura
Ex: CUL 1 = Cultura 1, j = identificação da cultura

AG_m, m = 1, 2, 3, 4, 5 AG = Água
Ex: AG 1 = Água na fazenda 1 m = identificação da fazenda

NITR = Nitrogênio
FOSF = Fósforo
POTA = Potássio
CALC = Cálcio
PERC = Percentagem

b. Para variáveis:

A quantidade de cada cultura a ser plantada em cada fazenda está representada por variável bidimensional, ou seja, por uma letra associada a um número, onde a letra identifica a cultura, e o número, a fazenda.

Ex: A 1 = quantidade a ser plantada da cultura A, na fazenda 1.

Nota: CUL 1 = Cultura A, CUL 2 = Cultura B, etc. P = percentagem

No presente estudo, foram identificados seis grupos de restrições que são apresentados a seguir:

a. Restrições quanto à área por fazenda associada à restrição de percentagem:

(1) FAZ 1:A1 + B1 + C1 + D1 + E1 + F1 + G1 + H1 - 400 P = 0
(2) FAZ 2:A2 + B2 + C2 + D2 + E2 + F2 + G2 + H2 - 600 P = 0
(3) FAZ 3:A3 + B3 + C3 + D3 + E3 + F3 + G3 + H3 - 300 P = 0
(4) FAZ 4:A4 + B4 + C4 + D4 + E4 + F4 + G4 + H4 - 550 P = 0
(5) FAZ 5:A5 + B5 + C5 + D5 + E5 + F5 + G5 + H5 - 450 P = 0

b. Restrições quanto à área por cultura relacionada com equipamento agrícola:

(6) CUL 1:A1 + A2 + A3 + A4 + A5 ⩽ 700
(7) CUL 2:B1 + B2 + B3 + B4 + B5 ⩽ 800
(8) CUL 3:C1 + C2 + C3 + C4 + C5 ⩽ 300
(9) CUL 4:D1 + D2 + D3 + D4 + D5 ⩽ 500
(10) CUL 5:E1 + E2 + E3 + E4 + E5 ⩽ 600
(11) CUL 6:F1 + F2 + F3 + F4 + F5 ⩽ 400
(12) CUL 7:G1 + G2 + G3 + G4 + G5 ⩽ 900
(13) CUL 8:H1 + H2 + H3 + H4 + H5 ⩽ 500

c. Restrições relativas à água disponível por fazenda:

(14) AG1:5, 3A1 + 4, 2B1 + 3, 4C1 + 3, 5D1 + 4, 5E1 + 3, 6F1 + 4, 7G1 + 2, 8H1 ⩽ 1500
(15) AG2:5, 3A2 + 4, 2B2 + 3, 4C2 + 3, 5D2 + 4, 5E2 + 3, 6F2 + 4, 7G2 + 2, 8H2 ⩽ 2000
(16) AG3:5, 3A3 + 4, 2B3 + 3, 4C3 + 3, 5D3 + 4, 5E3 + 3, 6F3 + 4, 7G3 + 2, 8H3 ⩽ 900
(17) AG4:5, 3A4 + 4, 2B4 + 3, 4C4 + 3, 5D4 + 4, 5E4 + 3, 6F4 + 4, 7G4 + 2, 8H4 ⩽ 1800
(18) AG5:5, 3A5 + 4, 2B5 + 3, 4C5 + 3, 5D5 + 4, 5E5 + 3, 6F5 + 4, 7G5 + 2, 8H5 ⩽ 1300

d. Restrições relativas à disponibilidade de adubos:

(19) NITR: 300A1 + 300A2 + 300A3 + 300A4 + 300A5 + 200B1 + 200B2 + 200B3 + 200B4 + 200B5 + 120D1 + 120D2

+ 120D3 + 120D4 + 120D5 + 420F1 + 420F2 + 420F3 + 420F4 + 420F5 + 350G1 + 350G2 + 350G3 + 350G4 + 350G5 + 180H1 + 180H2 + 180H3 + 180H4 + 180H5 $\leqslant$ 200.000

(20) FOSF: 120A1 + 120A2 + 120A3 + 120A4 + 120A5 + 400C1 + 400C2 + 400C3 + 400C4 + 400C5 + 200D1 + 200D2 + 200D3 + 200D4 + 200D5 + 30E1 + 30E2 + 30E3 + 30E4 + 30E5 + 70G1 + 70G2 + 70G3 + 70G4 + 70G5 $\leqslant$ 380.000

(21) POTA: 180B1 + 180B2 + 180B3 + 180B4 + 180B5 + 80D1 + 80D2 + 80D3 + 80D4 + 80D5 + 120E1 + 120E2 + 120E3 + 120E4 + 120E5 + 40G1 + 40G2 + 40G3 + 40G4 + 40G5 + 20H1 + 20H2 + 20H3 + 20H4 + 20H5 $\leqslant$ 420.000

(22) CALC: 150B1 + 150B2 + 150B3 + 150B4 + 150B5 + 10D1 + 10D2 + 10D3 + 10D4 + 10D5 + 210E1 + 210E2 + 210E3 + 210E4 + 210E5 + 30G1 + 30G2 + 30G3 + 30G4 + 30G5 + 340H1 + 340H2 + 340H3 + 340H4 + 340H5 $\leqslant$ 160.000

e. Restrições quanto à percentagem:

(23) PERC:P $\leqslant$ 1

f. Restrições quanto à área por fazenda:

(24) FAZ A:A1 + B1 + C1 + D1 + E1 + F1 + G1 + H1 $\leqslant$ 400

(25) FAZ B:A2 + B2 + C2 + D2 + E2 + F2 + G2 + H2 $\leqslant$ 600

(26) FAZ C:A3 + B3 + C3 + D3 + E3 + F3 + G3 + H3 $\leqslant$ 300

(27) FAZ D:A4 + B4 + C4 + D4 + E4 + F4 + G4 + H4 $\leqslant$ 550

(28) FAZ E:A5 + B5 + C5 + D5 + E5 + F5 + G5 + H5 $\leqslant$ 450

Uma restrição natural é exigida pela PPL: a de que todas as variáveis sejam iguais ou maiores que ZERO.

Nosso objetivo principal é maximizar os lucros; logo, a função-objetivo (FO) será:

FO:max Z = max [400(A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + 300(B1 + B2 + B3 + B4 + B5) + 100(C1 + C2 + C3 + C4 + C5) + 200(D1 + D2 + D3 + D4 + D5) + 320(E1 + E2 + E3 + E4 + E5) + 410(F1 + F2 + F3 + F4 + F5) + 180(G1 + G2 + G3 + G4 + G5) + 250(H1 + H2 + H3 + H4 + H5)] =

$$\max \left[400 \sum_{i=1}^{5} A_i + 300 \sum_{i=1}^{5} B_i + 100 \sum_{i=1}^{5} C_i + 200 \sum_{i=1}^{5} D_i + 320 \sum_{i=1}^{5} E_i + 410 \sum_{i=1}^{5} F_i + 180 \sum_{i=1}^{5} G_i + 250 \sum_{i=1}^{5} H_i \right]$$

SOLUÇÃO DO PROBLEMA

Para se obter a solução do problema, deve-se formular as restrições descritas no item anterior, na forma-padrão PPL, e, depois, utilizar um dos programas computacionais próprios para Programação Linear.

No presente estudo, foi utilizado o programa LPGOGO, descrito por Daellenbacn & Bell (1970) e implantado no computador IBM-1130 da UnB, e obteve-se o seguinte resultado:

Solution	Optimal After	83 Iteractions	
Maximal	Objetive =	498922.187	
Variable	Status	Value	Delta J
A1	BSIC	228.0379	0.0
A2	BSIC	250.2412	0.0
A3		0.0	-0.0001
A4	BSIC	11.8329	0.0
A5		0.0	-0.0006
B1		0.0	-0.0014
B2	BSIC	30.1748	0.0
B3	BSIC	191.7207	0.0
B4		0.0	-0.0000
B5		0.0	-0.0016
C1		0.0	-0.0023
C2	BSIC	87.2196	0.0
C3	BSIC	27.8746	0.0
C4	BSIC	19.2051	0.0
C5	BSIC	165.6991	0.0
D1		0.0	-0.0037

D2	BSIC	71.5521	0.0
D3		0.0	-0.0001
D4		0.0	-0.0005
D5		0.0	-0.0005
E1	BSIC	64.7540	0.0
E2		0.0	-0.0005
E3		0.0	-0.0003
E4	BSIC	371.5486	0.0
E5	BSIC	163.6925	0.0
F1		0.0	-41.9473
F2		0.0	-41.9434
F3		0.0	-41.9435
F4		0.0	-41.9436
F5		0.0	-41.9443
G1		0.0	-247.6030
G2		0.0	-247.6028
G3		0.0	-247.6007
G4		0.0	-247.6012
G5		0.0	-247.6008
H1		0.0	-12.0696
H2		0.0	-12.0635
H3		0.0	-12.0642
H4		0.0	-12.0644
H5		0.0	-12.0638
P	BSIC	0.7320	0.0
X1	BSIC	209.8844	0.0
X2	BSIC	578.0984	0.0
X3		0.0	-3.8259
X4	BSIC	428.4436	0.0
X5		0.0	-172.4427
X6	BSIC	399.9954	0.0
X7	BSIC	899.9932	0.0
X8	BSIC	499.9924	0.0
X9		0.0	-28.2847
X10		0.0	-28.2874
X11		0.0	-28.2864
X12		0.0	-28.2868
X13		0.0	-28.2871
X14		0.0	-0.8336
X15	BSIC	168874.000	0.0
X16	BSIC	302332.875	0.0
X17		0.0	-0.0965
X18	BSIC	0.2680	0.0
X19	BSIC	107.2059	0.0
X20	BSIC	160.8091	0.0
X21	BSIC	80.4043	0.0
X22	BSIC	147.4081	0.0
X23	BSIC	120.6068	0.0

Constraint	Status	Value	Decrease	Increase
FAZ1	BIND	.860198E-02	2.99827	40.7039
FAZ2	BIND	-.312931E-02	36.6053	21.3974
FAZ3	BIND	.309207E-03	6.10588	21.3980
FAZ4	BIND	-.216295E-03	10.1511	7.04968
FAZ5	BIND	-.258081E-02	50.3572	7.04969
CUL1	SLAC	.0	209.884	OPEN
CUL2	SLAC	.0	578.098	OPEN
CUL3	BIND	3.82606	41.1034	28.1067
CUL4	BIND	-.598904E-05	428.444	.564170E+09
CUL5	BIND	172.443	30.8552	14.4698
CUL6	SLAC	.0	399.995	OPEN
CUL7	SLAC	.0	899.993	OPEN
CUL8	SLAC	.0	499.992	OPEN
AG1	BIND	28.2846	94.0916	15.3333
AG2	BIND	28.2873	49.4608	84.6144
AG3	BIND	28.2864	49.4618	28.4642
AG4	BIND	28.2867	24.7390	139.139
AG5	BIND	28.2872	24.7390	172.894
NITR	BIND	.833595	8494.20	4965.23
FOSF	SLAC	.0	168874.	OPEN
POTA	SLAC	.0	302333.	OPEN
CALC	BIND	.965119E-01	4277.38	21501.1
PERC	SLAC	.0	.268015	OPEN
FAZA	SLAC	.0	107.206	OPEN
FAZB	SLAC	.0	160.809	OPEN
FAZC	SLAC	.0	80.4043	OPEN
FAZD	SLAC	.0	147.408	OPEN
FAZE	SLAC	.0	120.607	OPEN

INTERPRETAÇÃO

A interpretação dos resultados fornecidos pelo computador é feita da seguinte maneira:

O valor dado pela **Maximal Objetive** é o lucro máximo que podemos obter.

- A coluna **Variable** serve para identificação das variáveis. As variáveis X são chamadas de variáveis de folga.

- A coluna **Status** indica se a variável é básica ou secundária.

- A coluna **Value** fornece os valores que devem assumir as variáveis para se obter o lucro máximo, ou seja, apresenta a solução do problema propriamente dito.

- A coluna **Delta J** (Coeficiente reduzido da FO) nos diz em quanto deveria ser aumentado o valor do coeficiente de cada variável na FO para que a variável se tornasse básica.

- A coluna **Constraint** identifica as restrições.

- A coluna **Status** indica se a restrição foi satisfeita na igualdade restrita ou não. BIND= satisfeita na igualdade restrita, SLAC= não satisfeita.

- A coluna **Value** (relativa às restrições) indica a alteração no valor da FO por unidade de aumento em cada restrição.

Decrease indica quanto o RHS de cada restrição pode diminuir sem afetar o valor obtido para a FO. RHS é o valor limite da restrição.

- Increase indica em quanto o RHS de cada restrição pode aumentar sem afetar o valor obtido para a FO.

A interpretação da solução ótima obtida é apresentada nas Tabelas 4, 5 e 6. Nestas Tabelas a

TABELA 4. Área que deve ser plantada, das diversas culturas, em cada fazenda.

Culturas / Fazendas	A	B	C	D	E	F	G	H	Área plantada = P. área disponível	Folga	Área disponível
1	228,04	-	-	-	64,75	-	-	-	292,80	107,20	400,00
2	250,24	30,16	87,22	71,55	-	-	-	-	439,19	160,81	600,00
3	-	191,72	27,87	-	-	-	-	-	219,59	80,41	300,00
4	11,83	-	19,21	-	371,55	-	-	-	402,59	147,41	550,00
5	-	-	165,70	-	163,69	-	-	-	329,39	120,61	450,00
Área plantada	490,11	221,90	300,00	71,55	600,00	-	-	-	1.683,56	616,44	2.300,00
Folga	209,89	578,10	-	428,45	-	400,00	900,00	500,00	3.016,44		
Área disponível/ Equip. agrícola	700,00	800,00	300,00	500,00	600,00	400,00	900,00	500,00	4.700,00		

Obs: P = 0,732
Unidade de área = ha

TABELA 5. Quantidade de água gasta, por cultura, em cada fazenda.

Culturas / Fazendas	A	B	C	D	E	F	G	H	Água consumida	Folga	Água disponível
1	1.208,6	-	-	-	291,4	-	-	-	1.500,00	-	1.500,00
2	1.326,3	126,8	296,5	250,4	-	-	-	-	2.000,00	-	2.000,00
3	-	805,2	94,8	-	-	-	-	-	900,00	-	900,00
4	62,7	-	65,3	-	1.672,0	-	-	-	1.800,00	-	1.800,00
5	-	-	563,4	-	736,0	-	-	-	1.300,00	-	1.300,00

Unidade = m^3

TABELA 6. Quantidade consumida, de cada nutriente, por cultura.

Culturas / Adubos	A	B	C	D	E	F	G	H	Adubo consumido	Folga	Adubo disponível
N	147.033	44.380	-	8.587	-	-	-	-	200.000	-	200.000
F	58.814	-	120.000	14.312	18.000	-	-	-	211.126	168.874	380.000
P	-	39.942	-	5.725	72.000	-	-	-	117.667	302.333	420.000
Ca	-	33.285	-	715	126.000	-	-	-	160.000	-	160.000

Unidade = kg

variável "folga" indica quanto sobrou de cada fator disponível. Esta solução nos dará um lucro de Cr$ 498.922,18.

CONCLUSÕES

As restrições mais fortes para o problema foram:

1. Restrição de água disponível por fazenda. Isto porque toda a água disponível foi consumida e não se poderá plantar mais nada.

2. Restrições de nitrogênio e cálcio. Ambos gastos totalmente e, embora exista uma cultura que não necessita destes nutrientes (Cultura C), ela não poderá ser plantada, pelo fato de a capacidade de maquinaria disponível, para seu plantio, estar esgotada e por não haver mais água disponível.

As restrições referentes à capacidade de máquinas para o plantio das culturas C e E, embora tenham sido satisfeitas na igualdade restrita, - isto é, ambas tiveram as variáveis de folga nulas -, não podem ser consideradas como muito fortes, pois poderíamos aumentar o valor da FO plantando outra cultura, caso ainda tivéssemos água, N e Ca disponíveis.

Quanto à restrição "percentagem", também nos parece não ter sido tão forte, pois, pelo que indica o problema, ela dependeu de água, N e Ca.

Várias interpretações de caráter prático podem ainda ser tiradas. Por exemplo:

a. Sobrará fósforo e potássio;
b. O equipamento disponível para as culturas F, G e H ficará totalmente ocioso;
c. Não compensa plantar as culturas F, G e H em presença da atual situação;
d. Ainda há disponibilidade de máquinas para as culturas A, B, D e E;
e. Ainda há área cultivável disponível nas cinco fazendas, etc.

Os resultados obtidos e as conclusões tiradas dão ao produtor a possibilidade de obter o máximo lucro, dentro das condições atuais, e de tomar decisões para um futuro próximo. Não resta dúvida, portanto, quanto à ajuda que a Pesquisa Operacional pode dar ao agricultor no sentido de usar os recursos disponíveis da maneira mais racional possível.

REFERÊNCIAS

DAELLENBACN, H.G. & BELL, E.J. User's guide to linear programming. Englewood Cliffs, NJ., Prentice Hall, 1970.

GASS, S.I. Linear programming: methods & applications. 4. ed. Tokyo, McGraw-Hill Kogakusha, 1975. 406 p.