PESQUISA OPERACIONAL APLICADA NA MAXIMIZAÇÃO DE RECEITA EM UMA ACADEMIA DE GINÁSTICA

Elvis Magno Da Silva, graduando em Administração (FACESM); elvismagno@uol.com.br
Prof. Dr.Roberval Rymer da Silva Carvalho (FACESM); gpde@facesm.br
Prof. Ms. Vladas Urbanavicius Júnior (FACESM); gpde@facesm.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS DO SUL DE MINAS – FACESM
FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RESUMO

A Pesquisa Operacional (PO) é uma ferramenta de tomada de decisão muito importante devido a sua forma racional de proceder. O objetivo é mostrar a importância da PO para tomada racional de decisão, e como utilizar o recurso Solver do Excel, e como chegar ao resultado de maximização da receita da Academia Núcleo de ginástica. Foi utilizado diversas bibliografias para o embasamento teórico do trabalho, também utilizamos de pesquisa junto a academia Núcleo de ginástica, e o programa Microsoft Office Excel para resolução do problema de maximização da receita. Concluiu-se: a solução matemática para o problema da academia Núcleo, a percepção da importância da Pesquisa Operacional, a montagem de um problema de programação linear, e como utilizar o Solver do Microsoft Office Excel.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional**,** Programação Linear; Maximização Receita, *Solver*.

1. INTRODUÇÃO

A Pesquisa Operacional é um recurso indispensável, uma vez que se apresenta como uma ferramenta para a tomada racional de decisões gerenciais, substituindo as decisões empíricas geralmente utilizadas.

Este trabalho mostrará o que vem a ser pesquisa operacional e sua importância. Também diz como montar a formulação matemática de maximização para resolução de um problema de programação linear.

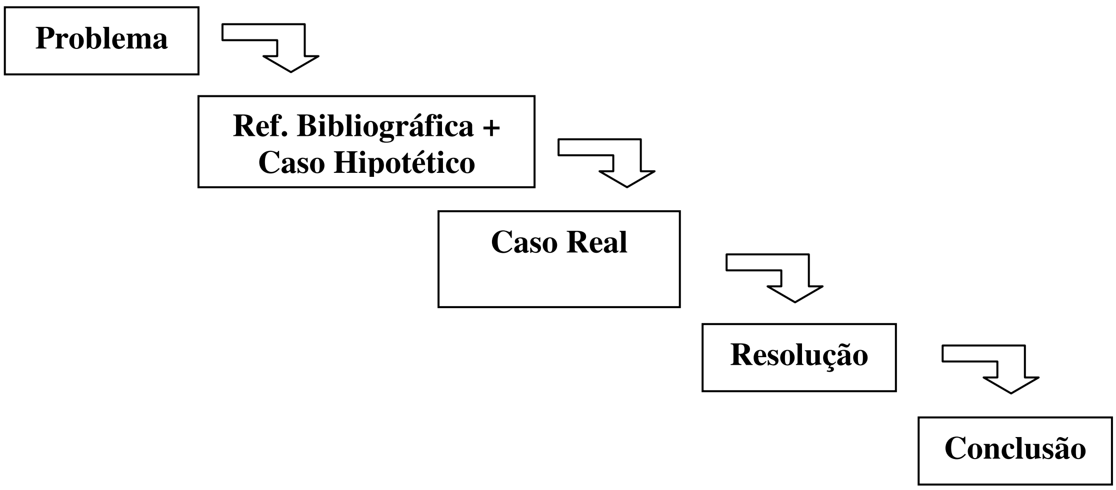
Também será mostrado um caso hipotético para ilustrar a demonstração matemática de um problema de tomada de decisão. Por fim, um caso real, onde aplicaremos a pesquisa operacional na resolução da maximização de receita de uma academia de ginástica utilizando da ferramenta *Solver* do *Microsoft Office Excel*.

O objetivo principal é apresentar a pesquisa operacional como uma ferramenta racional de tomada de decisão. Os objetivos específicos são mostrar como utilizar o *Solver* do *Microsoft Office Excel*, bem como achar a solução que maximize a receita da Academia Núcleo.

2. METODOLOGIA

Este trabalho é um estudo de pesquisa bibliográfica e de pesquisa de campo junto a Academia Núcleo, com um adendo de um caso hipotético para demonstrar a aplicação da base teórica. A pesquisa bibliográfica se destina a esclarecer conceitos e idéias em função de formulação de problemas mais precisos. Também nos ajuda a aumentar o grau de conhecimento sobre o tema pesquisado.

O problema aqui apresentado é: Como utilizar a Pesquisa Operacional para resolver o problema de maximização da receita da Academia Núcleo. Para o embasamento teórico, utilizamos livros de diferentes autores. Em seguida há um caso hipotético onde os conceitos foram aplicados. E após a aplicação do caso real da academia de ginástica. A resolução deste trabalho se deu através da ferramenta *Solver* do *Microsoft Office Excel*. A resolução foi descrita passo-a-passo. Observe o fluxo de trabalho:



3. PESQUISA OPERACIONAL

Para Shamblin e Stevens Jr (1979, p. 13), Pesquisa Operacional (PO) é "um método científico de tomada de decisão". Ela inicia-se descrevendo um sistema por intermédio de um modelo e depois lida com este modelo para levantar o melhor modo de operar o sistema.

Ackoff e Sasieni (1974, p.8) afirmam que são várias as definições de PO. E que dentre estas diferentes definições, três pontos são destacados:

1) "Aplicação do método científico".
2) "Por equipes interdisciplinares".
3) "A problemas que dizem respeito ao controle de sistemas organizados (homem-máquina) com a finalidade de obter as soluções que melhor satisfaçam aos objetivos da organização, como um todo".

Estes mesmos três pontos levantados por Ackoff e Sasieni também são apoiados por Montevechi (2006, p. 3) onde diz que "PO é a aplicação do método científico, por equipes interdisciplinares, a problemas que dizem respeito ao controle de sistemas organizados (homem-máquina) com a finalidade de obter as soluções que melhor satisfazem aos objetivos da organização, como um todo".

Além, desta citação de Montevechi à Ackof e Sasieni, ele também nos traz outros conceitos, como:

> "A PO se esforça ao máximo para compensar a incerteza, mas não a pode eliminar. (Pois é importante assinalar que como estão implicados fatores humanos e máquinas, é fornecida uma estimativa da incerteza no resultado previsto e nos valores, nas eficiências e nos custos da ação proposta)".

"A PO firmou-se como uma atividade que pode colocar a serviço da gerência – e realmente o faz – novas atitudes, novos conceitos e novas técnicas; ajudando –a a resolver problemas complexos e tomar decisões importantes".

Lachtermacher (2004, orelha), diz que até a década de 1990, os problemas matemáticos de programação na resolução de questões gerenciais eram muito difíceis de se implementar. Que somente com o advento das planilhas eletrônicas e sua crescente utilização, proporcionaram um aumento significativo na aplicabilidade da Pesquisa Operacional.

Ainda segundo Lachtermacer (2004, p.1), a PO pode ser utilizada para ajudar nos processos de decisão. Como por exemplo:

- Problemas de Otimização de Recursos;
- Problemas de Localização;
- Problemas de Roteirização;
- Problemas de Carteiras de Investimento;
- Problemas de Alocação de Pessoas; e
- Problemas de Previsão e Planejamento.

Há uma observação feita por Shamblin e Stevens Jr (1979, p.13) que deve ser levado em consideração, que é: "É essencial em qualquer estudo de PO que o problema em consideração seja claramente definido. É quase impossível obter uma resposta 'certa' a partir de um problema 'errado'".

Ackoff e Sasieni (1974, p.11) também mostram a forma de equações que os modelos de PO assumem. Para eles, esta forma é de estrutura básica e muito simples:

$$\mathbf{Z = \mathit{f}\,(X_i, Y_j)}$$

Onde: **Z** é a utilidade ou valor do desempenho (performance) do sistema (será chamada de função objetivo);

$\mathbf{X_i}$**,** as variáveis que podem ser controladas;

$\mathbf{Y_j}$ as variáveis (ou constantes) que não podem ser controladas, mas que afetam Z; e

f o relacionamento entre Z, X_i, Y_j.

Ainda segundo Ackoff e Sasieni (1974, p.11 e 12), além desta forma matemática "necessitaremos freqüentemente de uma ou mais equações ou inequações para traduzir a condição de que algumas, ou todas as variações controladas só podem ser manipuladas dentro de limites". Por exemplo: o número de horas trabalhadas não pode ser menor que zero, nem maior que 24.

Para Montevechi (2006, p. 9), estas equações ou inequações de controle podem ser chamadas de limitações ou restrições. Ele ainda afirma que antes da construção de um modelo matemático, deve-se responder a quatro perguntas. São elas:

1) "Qual é a medida de efetividade do objetivo? Isto é, como será expressa a solução do problema (em reais economizados, unidades vendidas, itens produzidos, etc)".
2) "Quais são os fatores sob controle (variáveis controladas)? Isto é, quais aspectos do problema podem-se fazer alguma coisa?".
3) "Quais são os fatores não controlados (as variáveis não controladas)? Isto é, quais aspectos do problema têm-se de aceitar como dados?".
4) "Quais são as relações entre estes fatores e os objetivos? Isto é, pode esta relação ser expressa em forma de relações matemáticas que constituirão um modelo do problema?".

Ainda segundo Montevechi (2006, p. 11), "após o modelo matemático ser construído, pode ser necessário simplificá-lo para ser tratado analiticamente".

4. PROGRAMAÇÃO LINEAR

Para Shamblin e Stevens Jr (1979, p. 263), a programação linear é: "um meio matemático de designar um montante fixo de recursos que satisfaça certa demanda de tal modo que alguma função-objetivo seja otimizada e ainda se satisfaça a outras condições definidas".

Segundo Lachtermacer (2004, p.27) falamos que um problema de programação linear está em sua forma padrão se "tivermos uma Maximização da função-objetivo e se todas as restrições forem do tipo menor ou igual, bem como os termos constantes e variáveis de decisão não-negativos". De forma matemática podemos representar um problema padrão por:

Maximizar: $\mathbf{Z = c_1x_1 + c_2x_2 + ... + c_nx_n}$

Sujeito a:

$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + ... + a_{1n}x_n \leq b_1$

$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + ... + a_{2n}x_n \leq b_2$

. . .

. . .

$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + ... + a_{mn}x_n \leq b_m$

$x_1, x_2, ..., x_n \geq 0$

Ou na forma reduzida:

$$Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i (i = 1,2,...,m)$$

$x_1, x_2, ..., x_n \geq 0$

Shamblin e Stevens Jr (1979, p. 263) afirmam que “é possível expressar matematicamente tanto o objetivo como as restrições. Como o próprio nome da técnica sugere, estas relações devem ser todas lineares”. Para eles, a programação linear, é de forma resumida, a aplicação da álgebra matricial para resolver estas equações usando algumas regras especiais que garantem que a solução seja satisfatória à todas as condições necessárias e ainda, trazer os melhores resultados com relação ao objetivo.

Lachtermacer (2004, p.28-36) diz haver outra forma de calcular um problema de programação linear que não seja pela forma algébrica. Este outro modo é a forma gráfica. Neste trabalho não será mostrado a forma gráfica, mas fica a observação que existe esta possibilidade.

Para melhor se entender a formação algébrica da formulação do problema. Observe um exemplo hipotético de Montevechi:

Uma fábrica produz dois tipos de brinquedos de madeira: soldados e trens. Um soldado é vendido por $27 e usa $10 de matéria prima. Cada soldado que é fabricado tem um custo adicional de $14 relativo à mão de obra. Um trem é vendido por $21 e gasta $9 de matéria prima. O custo de mão de obra adicional para cada trem é de $10. A fabricação destes brinquedos requer dois tipos de mão de obra: carpintaria e acabamento. Um soldado necessita de 2 horas para acabamento e 1 hora de carpintaria. Um trem necessita de 1hora para acabamento e 1 hora de carpintaria. Cada semana, a fábrica pode obter qualquer quantidade de matéria prima, mas tem a disposição até 100 horas de acabamento e 80 de carpintaria. A demanda por trens é ilimitada, mas a venda de soldados é de no máximo 40 por semana. A fábrica quer maximizar seu lucro diário (receitas-custo). Com estes dados, será formulado o modelo matemático que poderá auxiliar na maximização do lucro semanal.

Montevechi (2006, p. 21- 25), nos ajuda a esclarecer este exemplo. Primeiramente devemos levantar a questão problemas, que é “quantos soldados e trens devem ser feitos na semana?”. Para esclarecer ainda mais, deve-se representar as variáveis de decisão. Neste caso, o número de soldados produzidos e o número de trens produzidos. Veja:

X1 = número de soldados produzidos a cada semana

X2 = número de trens produzidos a cada semana

Para obtenção da função objetivo, consideremos três pontos: a receita e custos podem ser expressos em termos das variáveis X1 e X2, será assumido que todo brinquedos produzidos possam ser vendidos, e que a receita da semana é igual a receita dos soldados mais a receita dos trens, disto posto:

Receita por semana = 27*X1 + 21*X2, e

Custos de M.P. = 10*X1 + 9*X2

Csutos de M.O. = 14*X1 + 10*X2

Desta forma afirma-se que a fábrica quer maximizar:

(27*X1 + 21*X2) – (10*X1 + 9*X2) – (14*X1 + 10*X2)

Simplificando esta equação, obtemos que a maximização da questão é:

Max Z = 3X1 + 2X2

X1 e X2 são limitadas por algumas restrições. Veja quais são:

1) Cada semana, não há mais que 100 horas de acabamento;
2) Cada semana, não há mais que 80 horas de carpintaria;
3) Limitação da demanda, não mais de 40 soldados por semana

O passo a seguir, é a transformação destas restrições em expressões matemáticas em termo das variáveis de decisão X1 e X2.

Restrição 1: $2X1 + X2 \leq 100$

Restrição 2: $X1 + X2 \leq 80$

Restrição 3: $X1 \leq 40$

Porém, Montevechi (2006, p. 25) nos lembra que devemos tomar outras duas restrições matemáticas para a formulação deste problema, que são:

Restrição adicional 1: $X1 \geq 0$

Restrição adicional 2: $X2 \geq 0$

De forma resumida, temos, matematicamente:

Max Z = 3X1 + 2X2

Sujeito a:

$2X1 + X2 \leq 100$

$X1 + X2 \leq 80$

$X1 \leq 40$

$X1 \geq 0$

$X2 \geq 0$

Significa que X1 e X2 precisam satisfazer todas as restrições

Programação Linear – todos os termos X são de expoente 1 e as restrições são inequações lineares

O problema deste exemplo hipotético é típico de muitas empresas, que precisam maximizar os lucros e ao mesmo tempo estão sujeitos a recursos limitados.

Na continuidade deste trabalho, será mostrado um caso real de maximização das receitas de uma academia esportiva através de um método de programação linear calculado através do programa *Solver* do *Microsoft Office Excel*.

5. DESCRIÇÃO E DADOS DA EMPRESA PARA FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Fundada em maio de 2004 pelo seu proprietário, Geraldo Ribeiro Leite Júnior, a academia Núcleo localiza-se à Rua Francisco Masseli, 866, no bairro BPS, Itajubá, Minas Gerais. A Academia Núcleo trabalha com o seguinte lema: Sinta-se em casa na Núcleo.

A oportunidade de abrir a academia surgiu logo após a saída do proprietário da academia localizada no Clube Itajubense. O proprietário já possuía experiência no ramo. Na época, o proprietário da antiga academia *Fisio-Sport* queria vender esta. Assim, os equipamentos foram comprados e os antigos funcionários passaram a trabalhar para a Núcleo.

No ano de 2006, que será ponto deste estudo, a academia dispunha de 14 funcionários. O horário de funcionamento: 6h45min às 11h30min e das14h às 22h, de segunda à sexta; aos sábados, o horário: das 9h às 12h.

Durante o período estudado, a Academia Núcleo apresentava as seguintes modalidades esportivas:

- Natação
- Hidroginástica
- Musculação
- *Spinning*
- Abdômen
- RPG
- Fisioterapia
- Ginástica localizada
- *Power fight*
- Futsal infantil
- Cardiovascular
- Pilates

De acordo com o proprietário, a Academia Núcleo sempre possuiu um grande número de alunos, principalmente nas estações quentes do ano (primavera e verão). Com isso, a academia enfrenta um problema de lotação durante o horário noturno nessas estações. Como o espaço da academia não pode ser aumentado, já que o prédio é alugado, não é possível se fazer reformas e aumentar a capacidade da academia. Sendo assim, principalmente nos meses de verão, o proprietário se defronta com dois problemas:

O primeiro deles é que o proprietário deve restringir o número de alunos que se matriculam na academia para que a quantidade de alunos não ultrapasse a capacidade da empresa, sem contudo, comprometer a receita da empresa.

O segundo problema é que o número de alunos inscritos em cada modalidade, não deve ultrapassar a capacidade máxima possível das mesmas, de forma a não comprometer o trabalho dos instrutores das atividades.

De acordo com o proprietário, as modalidades oferecidas durante o período da noite e que serão utilizadas no problema são: musculação, *spinning*, abdômen, fisioterapia e RPG.

Conforme o proprietário, através de sua experiência, ele sabe que o máximo de alunos que a academia suporta durante o período noturno é de 120 pessoas. Além disso, cada modalidade oferecida possui um número máximo possível de alunos inscrito para um mesmo período (**tabela 1**).

Também, com base nas planilhas financeiras da empresa e em suas tabelas de preço, é possível estabelecer qual a receita por aluno de cada modalidade que a empresa oferece. (**tabela 1**).

Modalidades durante o período noturno		
Modalidade	**Receita por aluno**	**Capacidade Máxima de alunos**
Musculação	R$ 35,00	80
Spinning	R$40,00	20
Abdômen	R$ 25,00	40
Fisioterapia	R$ 50,00	25
RPG	R$ 60,00	15

Tabela 1 – Receita por aluno e capacidade máxima de alunos de cada modalidade

Além desses dados, sabe-se através do proprietário que as atividades de RPG e Fisioterapia utilizam os mesmo professores e compartilham da mesma sala, o que faz com que, apesar da capacidade máxima de alunos de RPG e fisioterapia serem 25 e 15 alunos respectivamente, quando analisadas em conjunto, é possível dizer que tais modalidades juntas não podem apresentar mais de trintas alunos em um mesmo período, pois corre-se o risco de não conseguir atender todos os alunos e não oferecer os serviços da melhor maneira.

Os dados fornecidos pela empresa foram utilizados para a formulação do problema. O objetivo é definir uma equação matemática através da Programação Linear que possibilite encontrar a melhor alocação de alunos por modalidade que maximize a receita da empresa.

6. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O problema da Núcleo consiste em estabelecer qual o número de vagas a oferecer no período noturno em cada modalidade com o objetivo de maximizar a receita da empresa.

6.1. VARIÁVEIS DE DECISÃO DO MODELO

As variáveis de decisão representam cada modalidade física oferecida na academia Núcleo, e que foram estudados pelo grupo.

X1 = Número de alunos de MUSCULAÇÃO

X2 = Número de alunos de *SPINNING*

X3 = Número de alunos de ABDÔMEN

X4 = Número de alunos de FISIOTERAPIA

X5 = Número de alunos de RPG

6.2. FUNÇÃO OBJETIVO

A função objetivo do problema é maximizar a receita do período noturno da Academia Núcleo, através da análise das variáveis citadas anteriormente. Em outras palavras: o objetivo é descobrir qual a melhor distribuição de alunos por modalidade que maximize a receita da Academia no período noturno. A tabela que se segue apresenta a receita por aluno de cada atividade física da Academia Núcleo. (**Tabela 2**).

MUSCULAÇÃO	35,00
SPINNING	40,00
ABDÔMEN	25,00
FISIOTERAPIA	50,00
RPG	60,00

Tabela 2 – Receita de cada atividade por aluno

A soma dessas receitas, multiplicadas pela quantidade de alunos que realizaram a atividade irá resultar na receita total da academia no período. Para isso segue a função objetivo que maximizará essa receita.

$$\mathbf{Max\ Z = 35X1 + 40X2 + 25X3 + 50X4 + 60X5}$$

6.3. RESTRIÇÕES DA FUNÇÃO

1) A primeira restrição é relacionada a quantidade máxima de alunos que a empresa está capacitada a receber no período. Para isso foi elaborada a seguinte restrição:

$$\mathbf{X1 + X2 + X3 + X4 + X5 \leq 120}$$

2) A segunda restrição diz respeito a quantidade de alunos da musculação que a empresa está capacitada a receber.

$$\mathbf{X1 \leq 80}$$

3) A terceira restrição diz respeito a quantidade de alunos do *spinning* que a empresa está capacitada a receber.

$$\mathbf{X2 \leq 20}$$

4) A quarta restrição diz respeito a quantidade de alunos de abdômen que a empresa está capacitada a receber.

$$\mathbf{X3 \leq 40}$$

5) A quinta restrição diz respeito a quantidade de alunos da fisioterapia que a empresa está capacitada a receber.

$$\mathbf{X4 \leq 25}$$

6) A sexta restrição diz respeito a quantidade de alunos de RPG que a empresa está capacitada a receber.

$$\mathbf{X5 \leq 30}$$

7) A sétima restrição diz respeito a quantidade de alunos da fisioterapia e RPG que podem realizar as suas aulas ao mesmo tempo, visto que essas duas atividades são realizadas no mesmo local.

$$\mathbf{X4 + X5 \leq 30}$$

6.4. REPRESENTAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA

Assim, o problema tem a seguinte representação matemática:

Max $Z = 35X1 + 40X2 + 25X3 + 50X4 + 60X5$

sujeito a:

$X1 + X2 + X3 + X4 + X5 \leq 120$

$X1 \leq 80$

$X2 \leq 20$

$X3 \leq 40$

$X4 \leq 25$

$X5 \leq 30$

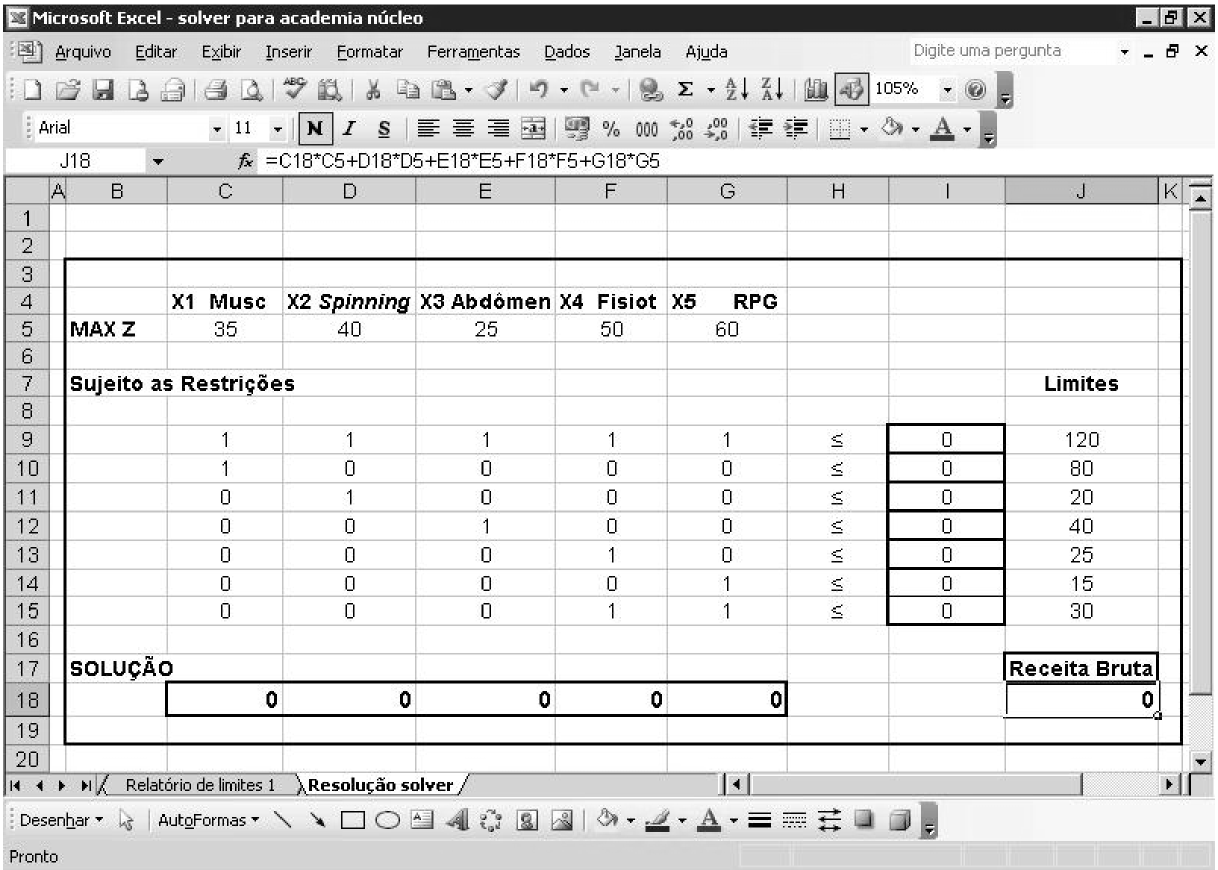
$X4 + X5 \leq 30$

$X1, X2, X3, X4, X5 \geq 0$

6.5. RESOLUÇÃO DO PROBLEMA UTILIZANDO A FERRAMENTA *SOLVER* DO *MICROSOFT OFFICE EXCEL*

O *software* utilizado para a elaboração e solução do problema foi a ferramenta *Solver* do *Exel* pois é um *software* que apresentava a maior facilidade de manuseio e melhor disposição dos relatórios gerados pela operação. Para a utilização do *Solver*, os dados da empresa foram colocados no Excel e, dessa forma, foi encontrado o número ótimo de alunos em cada modalidade, que maximizará a receita.

Segue abaixo a colocação dos dados do problema no programa conforme a função objetivo e suas restrições. **(Figura 1).**



	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4		X1 Musc	X2 *Spinning*	X3 Abdômen	X4 Fisiot	X5 RPG			
5	MAX Z	35	40	25	50	60			
7	Sujeito as Restrições								Limites
9		1	1	1	1	1	≤	0	120
10		1	0	0	0	0	≤	0	80
11		0	1	0	0	0	≤	0	20
12		0	0	1	0	0	≤	0	40
13		0	0	0	1	0	≤	0	25
14		0	0	0	0	1	≤	0	15
15		0	0	0	1	1	≤	0	30
17	SOLUÇÃO								Receita Bruta
18		0	0	0	0	0			0

Figura 1 – Dados do problema no *Microsoft Office Excel*

Observando a imagem acima, têm-se na linha 4 as variáveis de decisão do problema e embaixo de cada uma (linha 5) seus respectivos coeficientes. Mais abaixo temos os coeficientes das restrições, nas colunas C, D, E, F, e G, nas linhas de 9 à 15. Na coluna H linhas de 9 à 15 estão os símbolos de menor-igual, indicando que tipo de restrição é. E na coluna J (idem as linhas) estão os valores das restrições (ex. 120 total de alunos, 80 alunos musculação, etc.).

Na linha 18 da figura, temos a solução do problema. Antes de executarmos o *solver*, deve-se colocar o valor 'zero' na solução, para entrada do problema. Deve ser observado, as fórmulas que estão no campo J18 e I9 à I15.

A fórmula de J18 diz respeito ao somatório da solução de cada variável vezes o coeficiente da mesma (Total da Receita). Sendo assim, a fórmula é:

=C18*C5+D18*D5+E18*E5+F18*F5+G18*G5

Já as fórmulas de I9 à I15, diz respeito a solução de cada variável vezes o coeficiente restritivo da mesma, ou seja, as fórmulas de I9 à I 15 respectivamente são:

=$C$18*C9+$D$18*D9+$E$18*E9+$F$18*F9+$G$18*G9

=$C$18*C10+$D$18*D10+$E$18*E10+$F$18*F10+$G$18*G10

=$C$18*C11+$D$18*D11+$E$18*E11+$F$18*F11+$G$18*G11

=$C$18*C12+$D$18*D12+$E$18*E12+$F$18*F12+$G$18*G12

=$C$18*C14+$D$18*D14+$E$18*E14+$F$18*F14+$G$18*G14

=$C$18*C15+$D$18*D15+$E$18*E15+$F$18*F15+$G$18*G15

Observamos que os campos da solução (C18, D18, E18, F18 e G18) se repetem. Para colocar a fórmula no primeiro campo e arrastá-la para valer nos outros campos, devemos selecionar o campo que se repete de clicar em F4, para que este se mantenha fixo ao arrastarmos a fórmula.

Caso a ferramenta *Solver* não esteja habilitado no seu *Excel*, vá na aba Ferramentas, Suplementos e marque a opção *Solver*.

Depois dos dados postos na planilha, vá para Ferramentas, Solver. Abrirá a seguinte caixa de diálogo, **(Figura 2)**:

Figura 2 – Caixa de diálogo do *Solver*

No campo 'Definir célula de destino', clique no campo J18 que contém o somatório da solução de cada variável vezes o coeficiente da mesma. (Total da Receita).

No marcador 'Igual a', marque a opção de Máx, que indica um problema de maximização como é o caso.

Clique no botão adicionar para adicionar as restrições. Observe que colocaremos: o campo das fórmulas da coluna I9 à I15 uma de cada vez, mais o símbolo menor igual, mais o campo onde está os limites (H9 à H15) respectivamente. Em seguida dê um 'ok'.

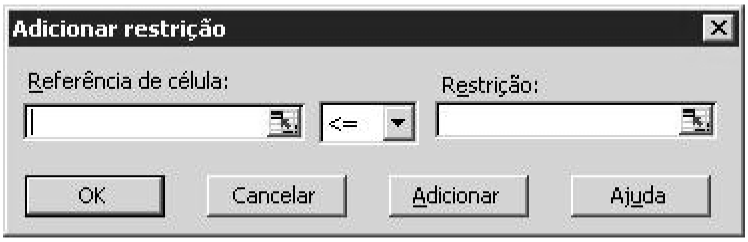


Figura 3 – Adição de restrições do problema

Depois de ser inserido as restrições, devemos ir em opções, para marcar as opções de presumir não negativos e presumir modelo linear, e então clicar ‘ok’. Veja a janela:

Figura 4 – Opções do Solver

Para finalizar, clique em resolver e marque as opções de Resposta, Sensibilidade e Limites e dê outro ‘ok’.

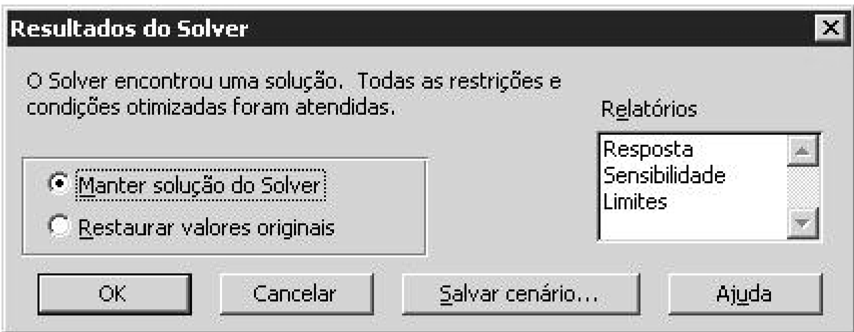
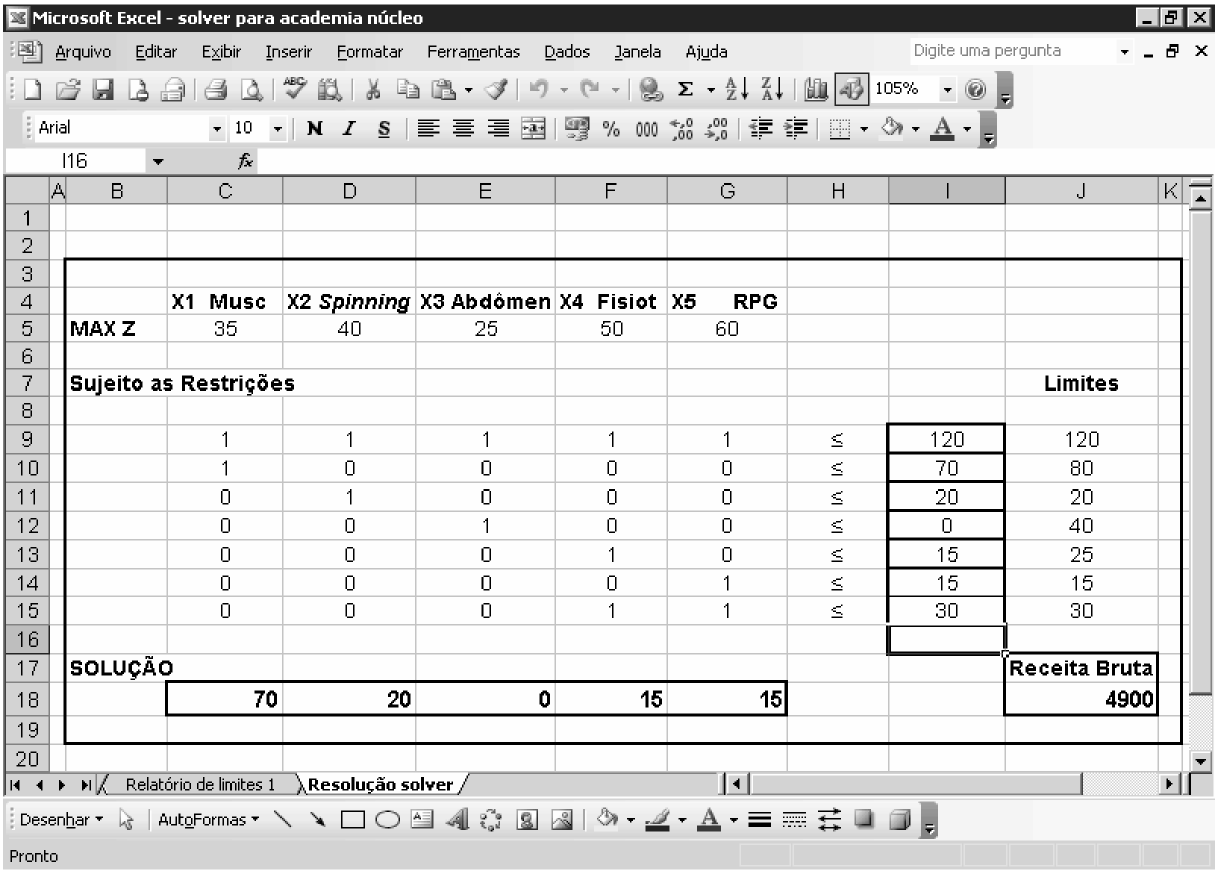


Figura 5 – Janela de Resultados do Solver.

Desta forma, utilizando este recurso, obtivemos os seguintes resultados:



	X1 Musc	X2 *Spinning*	X3 Abdômen	X4 Fisiot	X5 RPG			
MAX Z	35	40	25	50	60			
Sujeito as Restrições								Limites
	1	1	1	1	1	≤	120	120
	1	0	0	0	0	≤	70	80
	0	1	0	0	0	≤	20	20
	0	0	1	0	0	≤	0	40
	0	0	0	1	0	≤	15	25
	0	0	0	0	1	≤	15	15
	0	0	0	1	1	≤	30	30
SOLUÇÃO								Receita Bruta
	70	20	0	15	15			4900

Figura 6 – Janela do *Excel* com a solução do problema.

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÃO

Toda essa análise foi realizada pela percepção do proprietário, que identificou a necessidade de otimizar a ocupação de seu estabelecimento, gerando a maior receita possível.

Esse trabalho foi facilitado pelos dados fornecidos pelo proprietário, que forneceu as taxas de ocupação de cada atividade, e suas respectivas freqüências.

Concluí-se que a melhor ocupação, para maximizar a receita, é a seguinte:

- Musculação com 70 pessoas,
- *Spinning* com 20 pessoas,
- Abdômen sem turmas no período noturno,
- Fisioterapia com 15 pessoas, e
- RPG com 15 pessoas também.

Essas quantidades representam uma receita de R$ 4.900,00 (quatro mil e novecentos reais) em um turno do período noturno.

De forma geral, percebe-se que com o conhecimento de Pesquisa Operacional, e solução por programação linear, os empresários terão uma grande ferramenta gerencial em suas mãos para tomada de decisão.

8. REFERÊNCIA

ACKOFF, Russell L. & SASIENI, Maurice W. . Pesquisa Operacional – Vol.4; editora

Livros Técnicos e Científicos S/A, Rio de Janeiro/RJ, p.1 - 200, e p. 347 – 368; 1974.

LACHTERMACHER, Gerson. Pesquisa Operacional Na Tomada De Decisões, 2ª edição; editora Campus; São Paulo/SP; p.26 – 261; 2004.

MONTEVECHI, José Arnaldo. Pesquisa Operacional – Apostila – UNIFEI 2006.

SHAMBLIN, James E. & STEVENS JR, G.T. . Pesquisa Operacional – Uma Abordagem Básica; editora Atlas, São Paulo/SP; p. 13 – 18, e p. 263 – 389; 1979.

WAGNER, Harvey M. Pesquisa Operacional, 2ª Edição, Prentice Hall, Rio de Janeiro/RJ, 1986.