

Universidade de Brasília - Campus Planaltina



**FORMULAÇÃO DE DIETA DE BAIXO CUSTO PARA UMA VACA DE
APROXIMADAMENTE 500KG UTILIZANDO O PROGRAMA R**

Mateus Costa de Siqueira Oliveira

Orientador: Professor Dr. Luiz Honorato

Supervisor: Pesquisador Dr. Rui Veloso

Brasília

Junho 2016

**FORMULAÇÃO DE DIETA DE BAIXO CUSTO PARA UMA VACA DE
APROXIMADAMENTE 500KG UTILIZANDO O PROGRAMA R**

Trabalho de conclusão de curso para obtenção
do título de Graduação no curso de Gestão do
Agronegócio na Universidade de Brasília-
UnB.

Brasília

Junho 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu saúde e força, me possibilitando chegar onde estou neste momento com sabedoria para fazer as escolhas certas.

Agradeço ao meu pai, Marcondes Gomes de Oliveira, a minha mãe, Ademildes Costa de Siqueira, e ao meu irmão, Ítalo Costa de Siqueira Oliveira, por sempre me apoiarem e estarem ao meu lado.

Agradeço aos meus amigos que me ajudaram nos momentos difíceis e também nos fáceis (férias).

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Luiz Honorato por toda a ajuda e conselhos que, desde o início do curso, vem me sendo dado. Muito Obrigado.

RESUMO:

Objetivo: Formular uma dieta de baixo custo para uma vaca de 500kg. **Metodologia:** Será feita a interpretação, modelagem de dados e utilização do programa R para gerar os valores a serem dados de cada alimento ao animal, obedecendo as restrições de nutrientes presentes no problema. **Resultados:** Os resultados gerados demonstraram que a dieta será composta por basicamente 4 alimentos resultantes da minimização da função objetivo. **Conclusão:** Concluiu-se que é possível formular uma dieta de baixo custo que atenda as restrições impostas.

Palavras Chave: Dieta de baixo custo, Minimizar custos, Programação linear.

ABSTRACT

Objective: Formulate a low-cost diet for a cow of 500kg. **Methodology:** It will be made the interpretation, data modeling and use of the R program to generate values of each food to the animal, following nutrient restrictions present in the problem. **Results:** The results generated showed that the diet will consist of basically 4 food resulted from the minimization of the objective function. **Conclusion:** It was concluded that it is possible to formulate a low-cost diet that meets the restrictions.

Keywords: Low-cost diet, minimize costs, Linear programming.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 EXPERIÊNCIA NA EMPRESA.....	2
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
3.1 Pesquisa Operacional	2
3.2 Programação Linear	3
3.3 Nutrição Animal	4
4 METODOLOGIA	5
5 DADOS	6
6 ANÁLISE DOS DADOS.....	8
7 CONCLUSÃO.....	11
8 Bibliografia.....	12

1 INTRODUÇÃO

As atividades agrícolas no Brasil possuem grande peso na economia. Devido a este fato, pode-se observar a sua importância. Segundo o Ministério da Agricultura (2014) o PIB do agronegócio em 2014 representava aproximadamente entre 22% e 23% do produto interno bruto total da economia brasileira, com cerca de R\$1,1 trilhão e com estimativa de crescimento.

Dentre as atividades que englobam a agricultura, tem-se a produção de leite e derivados que nos dias atuais vem sofrendo dificuldade devido a problemas que, quando não estão ligados a fatores regionais ou climáticos, estão voltados para o preço pago pelo litro de leite ao produtor, o que torna muitas vezes inviável produzir com um lucro tão baixo e custos cada vez maiores.

Segundo Duarte (2016) o preço do litro do leite vendido pelos produtores vem se mantendo os mesmos nos últimos anos, enquanto o custo de produção por litro vem aumentando. Deve-se observar que esses são desafios clássicos enfrentados por quem precisa enfrentar a concorrência do mercado.

Como o interesse do produtor em vender o seu próprio leite por um preço mais caro muitas vezes não é possibilitado, ele necessita buscar alguma alternativa para que tenha elevações em sua margem de lucro. A única alternativa para os produtores é a minimização de seus custos de produção, e para obter esta minimização, é necessário sempre otimizar os processos de produção.

O maior custo com a produção leiteira está ligado a alimentação dos animais, onde muitas vezes o produtor pode estar dando uma quantidade maior de alimento sem nem mesmo conseguir suprir as necessidades nutricionais, ou seja, está dando alimento que o animal as vezes não necessita, ou aquela quantidade de certo alimento não é suficiente para suprir as necessidades de um determinado tipo de nutriente essencial para a produção de leite. Desta forma o ideal seria a criação de uma dieta específica para o animal em questão.

Este trabalho tem por objetivo a formulação de uma dieta de baixo custo na qual a mesma atenda algumas necessidades nutricionais do animal. Assim pode-se diminuir os custos de produção mantendo o animal saudável e com uma produção de leite constante e estável.

2 EXPERIÊNCIA NA EMPRESA

A Embrapa é uma empresa de inovação tecnológica focada na geração de conhecimento e tecnologia para agropecuária brasileira, foi criada em 26 de abril de 1973 e é vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. A Embrapa busca desenvolver um modelo de agricultura e pecuária tropical genuinamente brasileiro, superando as barreiras que limitavam a produção de alimentos, fibras e energia no nosso país.

Com a supervisão do pesquisador Rui Fonseca Veloso pude aprofundar na área de Bioeconomia da empresa e adquirir mais conhecimentos sobre programação linear aplicada. Também tive contato com o programa R onde foi feito as análises deste presente trabalho e de outros problemas que foram passados a mim.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional foi utilizada pela primeira vez durante a Segunda Guerra Mundial e segundo Marins (2011, p.8) está caracterizada por possuir um campo de aplicações bastante amplo e utilizar técnicas científicas conhecidas ou desenvolve-las quando necessário, devido a isto, também pode ser considerada uma pesquisa científica criativa.

A PO, como outras ferramentas, vem auxiliando os gestores e administradores nas tomadas de decisões das empresas. Segundo Marins (2011, p.20), a pesquisa operacional pode trabalhar com um elenco interessante de áreas, modelos e algoritmos permitindo ao gestor tomar decisões em problemas complexos, onde deve ser aplicada a ótica científica. Ou seja, a pesquisa operacional possui a possibilidade de utilização em várias áreas da empresa, levando em conta uma gama de modelos e variáveis, o que a torna uma ferramenta bastante poderosa e flexível aos gestores que a utilizam.

Segundo Fogliatto (Não publicado, p.1), a Pesquisa Operacional se refere a modelagem matemática de fenômenos estáticos ou dinâmicos, onde os problemas estáticos são denominados determinísticos, cujos componentes são conhecidos *a priori* e nenhuma

aleatoriedade é admitidos, enquanto os dinâmicos são conhecidos como estocásticos, e seus elementos apresentam uma probabilidade de ocorrência.

Pode-se observar também que segundo Cardoso (2011, p.4), Pesquisa Operacional está relacionada a uma área do conhecimento que busca desenvolver métodos científicos de sistemas complexos, objetivando prever e comparar decisões alternativas dando suporte a tomada de decisão interna da empresa. De uma forma resumida, pode-se observar ainda segundo Cardoso (2011, p.5) que PO objetiva determinar a programação otimizada de atividades ou recursos, fornecendo uma gama de procedimentos e métodos quantitativos para tratar, de forma sistematizada, problemas que envolvam recursos escassos e outras formas de restrição.

Pesquisa Operacional possui vários métodos matemáticos em sua composição, entre eles pode-se citar a Programação Linear como sendo mais um ponto de apoio na tomada de decisões e para a resolução de problemas. (Passos, 2008, p.1-2; Marins, 2011, p.18)

De forma resumida Pesquisa Operacional é uma ciência voltada para a resolução de problemas a partir da representação matemática de um problema real, que pode ser encontrado em vários setores da economia. Esta resolução é diretamente utilizada pela administração das empresas nas tomadas de decisões buscando otimizar um processo ou a melhor utilização de recursos escarços. A resolução dos problemas feita através de ferramentas métodos matemáticos que a Pesquisa Operacional apresenta.

3.2 Programação Linear

Trata-se de uma ferramenta matemática utilizada pela pesquisa operacional na resolução dos seus problemas. Também é considerada por Passos (2008, p.2) como um modelo de alta eficiência e relevância, visto que proporciona um bom método para chegar a uma solução ótima dentre as outras demais.

Pode-se entender ainda segundo Passos (2008, p.8,9) que programação linear é uma ferramenta de otimização aplicada em sistemas lineares que foram previamente elaborados, onde se busca minimizar ou maximizar uma equação que está sujeita a ão restrições lineares e que possui muitas soluções possíveis.

Cardoso (2011, p.44) afirma que programação linear tem por objetivo solucionar problemas representados por funções e inequações lineares, ou seja o termo *programação linear* se refere a linearidade nas equações envolvidas na modelagem do problema. Isto torna

o problema mais fácil de prever ou de otimizar pois sabe-se o comportamento caso ocorra algum acréscimo de insumos ou algo parecido.

Segundo Henderson & Quandt (1988, p.326,327), uma atividade linear de produção em que ocorre a aplicação de um ou mais insumos em proporções fixas, acaba gerando uma produção de um ou mais bens em proporções também fixas. Com isto, podemos observar que em modelos lineares, a adição ou retirada de insumos, devido a suas características, gera acréscimo ou decréscimo linear respectivamente.

De acordo com Marins (2011, p.23) as restrições as quais os problemas de programação linear estão submetidos, são responsáveis por determinar uma região a qual se dá o nome de Conjunto Viável, a mesma também determina a melhor das soluções viáveis, ou seja, a melhor solução seja maximizando ou minimizando a função objetivo dentro do conjunto viável, chegando assim a uma solução ótima. A programação linear tem por objetivo chegar a esta solução ótima.

Segundo Frossard (2009, p.9), a função objetiva demonstra a eficiência e desempenho do sistema, já as restrições garantem que as soluções viáveis encontradas estejam dentro das limitações técnicas impostas pelo sistema.

Desta forma, pode-se observar que programação linear é um ramo da pesquisa operacional que é utilizada para resolver problemas que envolvem um grande número de restrições e que buscam otimizar todo um processo, sendo ele de maximização ou minimização, encontrando assim o ponto ideal, ou melhor opção, para a escolha da ação.

3.3 Nutrição Animal

Fora genética, a nutrição animal é o principal fator para uma grande produção, tanto de carne quanto de outros produtos derivados de animais, por isso se identifica a importância da correta alimentação com a correta ingestão dos nutrientes essenciais para o animal.

De acordo com Alves, Lacerda, & Azevêdo (2006, p.2) a formulação de uma dieta tem como objetivo estabelecer as proporções de alimentos capazes de atender as exigências nutricionais segundo as condições de produção.

Segundo Santos, Rodrigues, & Filho (2006, p.1) a alimentação é um fator crítico dos custos de produção, representando a maior parcela dos gastos, com grande impacto sobre a rentabilidade da criação de ruminantes. Sendo assim, trabalhando com custos altos, o lucro será menor, o que torna o negócio não tão viável.

Para Batista, *et al.* (2015, p.5) a ingestão de alimentos é um objeto de estudo de grande importância para a área de nutrição animal, porque isto se torna um fator limitante quanto a quantidade de nutrientes que serão fornecidos ao mesmo.

Pode-se observar que a alimentação e suplementação correta dos nutrientes essenciais para os animais é de extrema importância para sua produtividade, além de, com a formulação correta de dieta pode-se evitar gastos desnecessários com alimentos que o animal não necessita.

4 METODOLOGIA

No presente trabalho foi feita uma modelagem de dados (valores e restrições) e também, através do *software* R, foi feita a interpretação e tratamento dos mesmos de forma a alcançar os objetivos acima detalhados.

Os dados foram colhidos por uma equipe de pesquisadores da Embrapa em uma propriedade e foram organizados de acordo com o modelo citado por Black & Hlubik (1980). Já os requerimentos nutricionais (quantidades mínimas a serem ingeridas de cada nutriente) foram colhidos do estudo de Kearn (1982). Todos os dados foram disponibilizados pelo pesquisador Rui Fonseca da Embrapa cerrados. Foi feita uma busca pelos preços dos insumos (alimentos que seriam dados ao animal), onde os mesmos foram pesquisados na internet na data de 9 de junho no site www.mfrural.com.br, com o objetivo de apresentar valores atuais na moeda nacional.

A análise dos dados será feita a partir dos resultados gerados em cima da função objetivo que está sujeita a algumas restrições de quantidades de nutrientes a serem ingeridas.

Para gerar os resultados foi utilizado o pacote LpSolveAPI (software de avaliação livre utilizado para resolver problemas de programação linear) do programa R que é um software livre para computação estatística, que irá interpretar o problema, demarcar a área com as restrições e escolher o ponto ideal de custo mínimo que atenda aos requisitos impostos no problema.

O programa irá gerar as quantidades ideais de cada alimento atendendo as restrições e gerando o menor custo possível para o produtor que deseja minimizar seus custos com a alimentação de sua vaca de leite.

5 DADOS

Frossard (2009, p.9) diz que existe um roteiro que ajuda no raciocínio e na resolução do problema, que basicamente está resumida em três perguntas, que são:

- Quais as variáveis de decisão? (É a pergunta do problema)
- Qual o objetivo?
- Quais as Restrições?

As variáveis de decisão estão relacionadas com as quantidades de cada alimento que serão dadas ao animal e o preço dos mesmos. Esta função pode ser representada de acordo com a equação abaixo:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Onde c_j representa o custo/preço do alimento j , enquanto x_j representa a quantidade deste mesmo alimento, ou seja, a equação representa o valor do alimento multiplicada pela quantidade do mesmo.

O objetivo do problema seria a criação de uma dieta de mínimo custo para uma vaca com aproximadamente 500kg atendendo as necessidades nutricionais que o problema estabelece, ou seja, minimizar a função objetivo, que está sendo representada pela equação acima citada.

As restrições com seus respectivos valores e função objetiva podem ser representadas pela tabela a seguir.

Tabela 1 - Matriz de programação Linear para uma vaca com 498,3kg de peso vivo, na 12ª semana de lactação (requerimentos diários de concentrado e volumoso/vaca, produzindo 6kg de leite por dia)

Equação		Fubá de	Farelo de	Fosfato	Calcário	Silagem	Silagem capim	Silagem cana	Uréia	restrições	
	(und)	milho	soja	bicálcico		de milho	elefante	triturada		tipo	valor
		(R\$/kg)	(R\$/kg)	(R\$/kg)	(R\$/kg)	(R\$/kg)	(R\$/kg)	(R\$/kg)	(R\$/kg)		
função objetivo	US\$/dia	0,51	1,15	1,4	0,23	0,3	0,095	0,11	1,19		
matéria seca	kg/dia	0,88	0,9	1	1	0,33	0,25	0,304		<=	12,64
NE	Mcal/dia	1,68	1,69			0,49	0,302	0,3648		>=	13,2
proteína total	kg/dia	0,093	0,452			0,021	0,016	0,01	2,5	>=	1,04
cálcio (Ca)	g/dia	0,2	3,5	210	350	0,8	1,2	3		>=	39
fósforo (P)	g/dia	3,3	6,5	180		0,7	0,7	0,7		>=	26,2

Fonte: Adaptado de Embrapa Cerrados (2016)

Pode-se observar a função objetivo que deverá ser minimizada e outras restrições que deveram ser levadas em consideração. Além das restrições presentes, também, deve-se levar em consideração o mínimo de matéria seca que o animal deve ingerir, que segundo Andriguetto, et al., (2005) seria 8kg para um animal de 500kg.

Segundo os dados, os alimentos que estão disponíveis para a formulação da dieta para os animais são: Fubá de milho, farelo de soja, fosfato bicálcico, calcário, capim elefante, cana triturada e uréia. Os dados também apresentam o valor por quilo (Kg) de cada elemento a ser intriduzido na dieta e suas composições nutricionais. Pode-se observar também a quantidade maxima ou mínima de cada nutriente que deve ser ingerido pelo animal.

A função objetivo é composta pelo preço por Kg de cada alimento disponível multiplicado por sua quantidade, já as restrições são basicamente representadas pela quantidade do alimento multiplicada pela quantidade de um determinado nutriente presente naquele alimento, fomando assim as equações que estão sujeitas as necessidades diárias da vaca (necessidades estas que são de um determinado nutriente, por exemplo mínimo de cálcio que deve ser ingerido no dia).

As restrições do problema se comportam também de forma linear e de forma geral podem ser representadas de acordo com a equação abaixo:

□

□ □ □ □ □

□ □ □

onde A_j representa a quantidade do nutriente A_i presente no alimento j , multiplicado por Q_j que significa a quantidade do alimento j .

Esta equação, por ser uma restrição, está sujeita a um valor, sendo maior ou igual ou menor ou igual. Este valor na qual ela está sujeita, são os valores sobre a nutrição do animal, ou seja, os nutrientes mínimos ou máximos que o animal deve consumir vindo dos alimentos.

As restrições presentes são basicamente de Matéria Seca, Energia Requerida Diária (NE), Proteína Total, Cálcio e Fósforo.

6 ANÁLISE DOS DADOS

Após a modelagem com o pacote LpsolveAPI dentro do programa R, requerendo que os resultados fossem gerados como números inteiros gerou-se os seguintes valores:

Tabela 2 Quadro de Resultados

	Valores
Função Objetivo	4.7650
Matéria Seca Max	9.5180
Matéria seca Min	9.5180
Energia Requerid	13.3296
Proteína Total	1.0580
Cálcio	39.9000
Fósforo	32.0000
Fubá de Milho	2.0000
Farelo de Soja	1.0000
Fosfato Bicálcico	0.0000
Calcário	0.0000
Silagem de Milho	0.0000
Capim Elefante	25.0000
Cana Triturada	2.0000
Uréia	0.0000

Fonte: Dados da Pesquisa.

A imagem acima, retirada da tela interativa do *software* R, nos indica alguns valores referentes às quantidades respectivas de cada elemento que restringe o problema, além de indicar a quantidade que deve ser dada de alimento para o animal. Estes dados podem ser melhor representados e interpretados com as informações contidas na tabela 3.

Tabela 3 Comportamento das restrições após otimização

Resultado Restrições			
Restrições	Quantidade	Restrição	Quantidade
	Otimizada	Tipo	Limite
Matéria Seca Max	9,581	<=	12,64
Matéria Seca Min	9,581	>=	8
Energia Requerida	13,33	>=	13,2
Proteína Total	1,058	>=	1,04
Cálcio	39,9	>=	39
Fósforo	32	>=	26,2

Fonte: Elaboração Própria.

Pode-se observar na tabela 3 que todas as restrições foram obedecidas e que por ser uma minimização de custos, as quantidades otimizadas não ultrapassaram tanto os limites impostos, o que é aceitável pois neste tipo de problema a tendência é que a função objetivo fique próxima das restrições.

A tabela 4 apresenta a dieta formulada.

Tabela 4 Dieta Formulada

Dieta otimizada diária		
Alimentos (Kg)	Quantidade	Valor Gasto (R\$)
	Otimizada (Kg)	
Fubá de milho	2	1,02
Farelo de Soja	1	1,15
Fosfato Bicálcico	0	0
Cálcario	0	0
Silagem de Milho	0	0
Silagem Capim Elefante	25	2,375
Silagem Cana Triturada	2	0,22
Uréia	0	0
Total		4,765

Fonte: Elaboração Própria

De acordo com a tabela 4 acima, pode-se observar a melhor opção para a formulação da dieta. Esta dieta que tem por objetivo minimizar os custos atendendo as necessidades nutricionais da vaca, ficou dividida em 2kg de fubá de milho, 1kg de farelo de soja, 25kg de

capim elefante e 2kg de cana triturada, totalizando um gasto de R\$4,765 por dia para uma vaca de 500kg.

O baixo custo diário com uma vaca pode ser entendido devido a forma de compra dos alimentos que normalmente vem em grande quantidade, o que acaba por baratear o custo de 1kg do próprio alimento.

7 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que é possível fazer uma formulação de alimentação de baixo custo que atenda às necessidades nutricionais do animal em questão.

Também pode-se constatar que o modelo de programação linear após ser rodado no programa R se mostrou correto, pois os resultados obtidos obedeceram a todas as restrições impostas pelo problema.

É importante frisar que o número de restrições influencia de forma direta o resultado do problema e quanto mais restrições forem apresentadas, mais o resultado se torna satisfatório e preciso com os reais valores que o animal necessita.

Esta possível diminuição dos custos da alimentação dos animais pode tornar a pecuária leiteira muito mais eficiente e competitiva garantindo preços mais reduzidos para o consumidor e remunerações mais atraentes para o setor produtivo.

A importância de uma dieta balanceada de baixo custo vai além dos ganhos financeiros e atratividade no mercado, ela também traz benefícios importantes para os animais, que serão alimentados de forma melhor e de acordo com suas especificações, como peso e quantidade de leite a ser produzida.

O modelo utilizado também é aberto a adaptações ou mudanças nas restrições, isso o torna muito versátil, inclusive para o uso em outras atividades na qual existam restrições e uma função onde se quer otimizar.

Sugere-se para pesquisas futuras a definição de parâmetros nutricionais com diversas espécies, com a finalidade de se ter resultados adequados aos diversos cenários da pecuária nacional.

8 BIBLIOGRAFIA

- Agricultura, M. d. (12 de Junho de 2016). *www.agricultura.gov.br/*. Fonte: Ministério da Agricultura: <http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2014/12/produto-interno-bruto-da-agropecuaria-deve-ser-de-rs-1-trilhao>
- Alves, A. A., Lacerda, M. d., & Azevêdo, D. M. (2006). FORMULAÇÃO DE DIETAS PARA RUMINANTES COM BASE EM ESPÉCIES. *X Simpósio Nordestino de Alimentação de Ruminantes*, 2.
- Andriquetto, J. M., Perly, L., Minardi, I., Gemael, A., Flemming, J. S., Souza, G. A., & Filho, A. B. (2005). *Nutrição Animal*. São Paulo: Nobel.
- Batista, D. R., Rosa, M., Aiolfi, R. B., Soares, A. B., & Lima, J. D. (13 a 16 de Outubro de 2015). XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. FORMULAÇÃO DE DIETA DE MÍNIMO CUSTO PARA BOVINOCULTURA DE LEITA: ANIMAIS NOS DOIS ÚTIMOS MESES DE GESTAÇÃO, p. 5.
- Black, J. R., & Hlubik, J. (1980, Vol. 63). Basics of computerized linear programs for ration formulation. *SYMPOSIUM: COMPUTER PROGRAMS FOR DAIRY CATTLE FEEDING*, 3.
- Cardoso, A. (2011). *Fundamentos da Pesquisa Operacional*. Minas Gerais: UNIFAL.
- Duarte, L. (12 de Junho de 2016). *Preço do litro do leite não acompanha alta dos custos de produção em MG*. Fonte: g1.globo.com.br: <http://g1.globo.com/economia/noticia/2016/01/preco-do-litro-do-leite-nao-acompanha-alta-dos-custos-de-producao-em-mg.html>
- Fogliatto, F. (s.d.). *Pesquisa Operacional*. Rio Grande do Sul: DEPROT/UFRGS.
- Frossard, A. C. (2009). Programação Linear: Maximização de Lucro e Minimização de Custos. *Revista Científica da Faculdade Lourenço Filho*, 9.
- Henderson, J. M., & Quandt, R. E. (1988). *Teoria Microeconômica: Uma Abordagem Matemática*. São Paulo: Bisordi.
- Kearl, L. C. (1982). *Nutrient requirements of ruminants in developing countries*. Logan Utah: Utah Agricultural.
- Marins, F. A. (2011). *Introdução à Pesquisa Operacional*. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação.
- Passos, E. J. (2008). *Programação Linear Como Instrumento da Pesquisa Operacional*. São Paulo: Atlas.
- Santos, F. A., Rodrigues, M. T., & Filho, J. L. (2006). Modelo computacional para formulação de rações de mínimo custo. *XIII SIMPEP*, 1.