

PROGRAMAÇÃO LINEAR APLICADA AO BALANCEAMENTO DE DIETAS DE BOVINOS LEITEIROS

Adriano do R. CARVALHO¹; Aline M. DEL VALLE²; Tiago A. DEL VALLE³

RESUMO

Problemas de otimização são problemas que envolvem a maximização ou a minimização de uma função objetivo. O objetivo do problema do balanceamento de dietas é encontrar dietas de custo mínimo e que possuam todos os nutrientes necessários para atender as exigências nutricionais dos animais. Neste trabalho, o problema foi abordado usando programação linear.

INTRODUÇÃO

A nutrição de bovinos é fundamental, tanto para o gado de corte, quanto para o gado de leite. Uma dieta satisfatória é obtida através da medição e predição das quantidades dos alimentos que serão ingeridos. Conhecendo-se os dados de consumo (e as variáveis que nele interferem), tem-se o embasamento técnico para manipulações na formulação e nas possibilidades de manejo. Essa flexibilidade, no programa nutricional, é essencial para que o profissional envolvido atinja os objetivos básicos de seu trabalho, garantindo que os animais tenham as suas exigências nutricionais satisfeitas e minimizando o custo para os produtores (GONÇALVES; BORGES; FERREIRA, 2009).

O objetivo do balanceamento da dieta dos bovinos leiteiros é otimizar todos os recursos utilizados, ou seja, tudo que existe de disponível para a alimentação do gado, para que o lucro seja máximo, as despesas mínimas e exista um produto final de qualidade. Para isso, fazem-se necessárias tomadas de decisão.

Problemas como a formulação da dieta de bovinos leiteiros sugerem a elaboração de diversas soluções baseadas em modelos matemáticos que são compostos, basicamente, por funções lineares. O consumo de alimentos, o peso

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Muzambinho. Muzambinho/MG, email: arcarvalhov@gmail.com;

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Muzambinho. Muzambinho/MG, email: aline.valle@muz.ifsuldeminas.edu.br;

³ Universidade de São Paulo – Câmpus Pirassununga. Pirassununga/SP, email: tiagodelvalle@usp.br.

corporal e a produção de leite, além de muitos outros elementos apresentam linearidade entre si, ou seja, são interdependentes e complementares. Esses modelos levam em consideração os conhecimentos que se tem sobre a composição dos alimentos, sua digestão e das exigências dos animais. Baseados nestes modelos existem alguns sistemas capazes de calcular e validar uma dieta, como o software Dairy Cattle Default Simulation Data File NRC (National Research Council) (NRC, 2001). Mais informações sobre o problema pode ser encontrada em Carvalho (2013).

A tomada de decisão para a escolha da dieta de gado leiteiro corresponde à atribuição de valores a diversas variáveis, como a quantidade de cada tipo de alimento, com o objetivo de aumentar lucros ou diminuir custos. Em geral, um problema de otimização busca encontrar soluções (atribuição de variáveis) que satisfaçam as restrições e que maximizem ou minimizem uma função objetivo. Todo problema que pode ser representado por um conjunto de equações lineares entre si, e cujos processos de tomada de decisão são guiados pela maximização ou minimização de uma função linear podem ser resolvidos utilizando Programação Linear (PL). Existem vários métodos que resolvem PL, como por exemplo: Simplex e Método Gráfico. Mais informações sobre PL podem ser encontradas em Caixeta-Filho (2011) e Miyazawa (2012).

Segundo Caixeta-Filho (2011), uma das aplicações mais bem-sucedidas da Programação Linear diz respeito à formulação de dietas e, em particular, à formulação de rações de custo mínimo.

O objetivo do presente trabalho é resolver o problema do balanceamento da dieta dos bovinos leiteiros, aplicando os recursos matemáticos e computacionais advindos da Programação Linear, obtendo-se, desta forma, a melhor composição da dieta, que maximize a produção do leite, sem comprometer a sua composição nutricional.

MATERIAL E MÉTODOS

O problema em questão foi estudado com o objetivo de entender todas as suas características: as definições dos dados dos animais; as inclusões dos alimentos que podem fazer parte da dieta; as restrições impostas pelos animais e pelos alimentos; os custos com a dieta; a maneira como o conjunto de dados seria

utilizado pela Programação Linear; escolher a melhor biblioteca para solucionar o problema da dieta.

Partindo-se destas análises, pode-se estabelecer que os dados dos animais e dos alimentos são as variáveis de entrada, as exigências dos animais, juntamente com as restrições impostas pelos alimentos, constituem as restrições do problema linear e o somatório da multiplicação entre a quantidade e os custos é a função objetivo.

A linguagem de programação escolhida para a implementação foi Java. A escolha deve-se ao fato de a linguagem Java ser uma linguagem robusta e suprir todas as necessidades do problema em questão.

Foram pesquisadas bibliotecas que resolvessem PL usando o simplex e que tivessem integração com o Java. O grande inconveniente desses pacotes é que exigem dos usuários um alto grau de conhecimento em uma “linguagem de programação linear” específica para cada pacote, o que pode se tornar uma tarefa complexa, dependendo do número de variáveis e restrições do problema linear. Para auxiliar a entrada dos dados do problema do balanceamento da dieta, e suprir todos os problemas levantados foi desenvolvido um software denominado DietaPL, que se utiliza das técnicas e métodos computacionais da Programação Linear.

A biblioteca escolhida para a integração com a linguagem Java foi a Commons Math⁴. A biblioteca em questão foi escolhida devido ao fato de ser gratuita, de fácil instalação e integração eficiente com a linguagem de programação Java.

Foi elaborada uma interface gráfica, amigável, que permitiu uma maior usabilidade do software, onde os usuários podem cadastrar alimentos e lotes, salvar e validar dietas, visualizar e imprimir relatórios. As dietas não são feitas para um animal específico, mas para um lote que agrupa animais com características semelhantes.

O banco de dados utilizado para integração com a Linguagem Java foi o MySQL. O MySQL se adequa ao problema, visto que não existe um grande volume de dados.

Todas as ferramentas utilizadas na elaboração do trabalho são gratuitas: a Linguagem Java, o banco MySQL e a biblioteca Commons Math.

⁴ Disponível em: <http://baixar-download.com/apache-commons-math-3-2>

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O software desenvolvido possui três telas principais para o usuário entrar com os dados dos alimentos, os dados dos lotes e executar a validação da dieta.

Na tela de inclusão e execução da dieta, mostrada na figura 1, temos a possibilidade de elaborar uma dieta para ser validada. Primeiramente devemos inserir um lote para a dieta. Depois escolhe-se os alimentos que vão fazer parte da dieta e logo após clicamos no botão Solucionar Dieta.

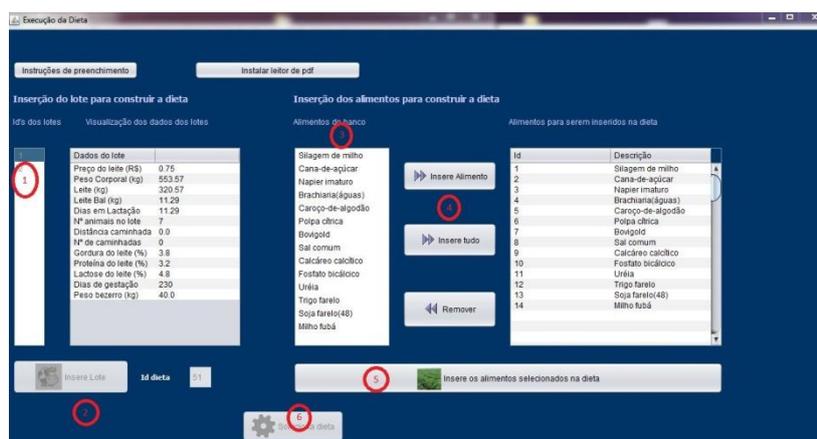


Figura 1 - Tela Inclusão e execução da dieta

Na figura 1 podemos observar a sequência que deve ser preenchida a dieta, através dos números circulados em vermelho. Partindo-se desse princípio visualizamos que para a dieta em questão, o lote inserido foi o de id igual a 1, os alimentos inseridos foram os quatorze visualizados na tabela “Alimentos para serem incluídos na dieta”. Os resultados obtidos com este conjunto de valores podem ser visualizados através das figuras 2, 3, 4 e 5.

Resumo da dieta de bovinos leiteiros	
Alimentos usados na construção da dieta	
Alimento 1 ==>	Silagem de milho
Alimento 2 ==>	Cana-de-açúcar
Alimento 3 ==>	Napier imaturo
Alimento 4 ==>	Brachiana(águas)
Alimento 5 ==>	Caropo-de-algodão
Alimento 6 ==>	Polpa cítrica
Alimento 7 ==>	Bovigold
Alimento 8 ==>	Sal comum
Alimento 9 ==>	Calcáreo calcítico
Alimento 10 ==>	Fosfato bicálcico
Alimento 11 ==>	Uréia
Alimento 12 ==>	Trigo farelo
Alimento 13 ==>	Soja farelo(48)
Alimento 14 ==>	Milho fubá

Figura 2 - Resumo da dieta parte 1

Dados do lote	
Preço do leite:	0.75
Peso Corporal:	553.57
Leite (kg):	11.29
Leite bal (kg):	11.29
Distancia da caminhada (m):	0.0
Numero de caminhadas:	0
Numero de animais:	7
Gordura do leite (%):	3.8
Proteína do leite (%):	3.2
Lactose do leite (%):	3.2
Dias de gestação:	3.2
Bezo do bezerro ao nascimento:	40.0

Figura 3 - Resumo da dieta parte 2

Resultado da dieta:								
Alimentos usados na dieta								
Descrição	Custo	Qtde	MS	PB	PNDM	eFDN	NDT	EE
Cana-de-açúcar	R\$ 0,0350	33,7166	10,1150	0,0164	0,0000	0,3227	0,4093	0,0055
Polpa cítrica	R\$ 0,3500	0,7933	0,6807	0,0032	0,0006	0,0037	0,0366	0,0022
Sal comum	R\$ 0,3500	0,0738	0,0738	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Soja farelo(49)	R\$ 0,7000	4,0864	3,6574	0,1332	0,0400	0,0080	0,2008	0,0027
Milho tubá	R\$ 0,4200	0,3424	0,3014	0,0019	0,0007	0,0007	0,0167	0,0009
		Total	14,8282	0,1546	0,0413	0,3350	0,6634	0,0113
		Exigência	14,8282	0,1538	0,0413	0,2000	0,6634	0,0600

Figura 4 - Resumo da dieta parte 3

Alimentos usados na dieta - continuação									
Descrição	Custo	Qtde	Cálcio	Fósforo	Magnésio	Potássio	Enxofre	Sódio	Cloro
Cana-de-açúcar	R\$ 0,0350	33,7166	0,0005	0,0003	0,0007	0,0141	0,0012	0,0001	0,0000
Polpa cítrica	R\$ 0,3500	0,7933	0,0009	0,0001	0,0001	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000
Sal comum	R\$ 0,3500	0,0738	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0018	0,0027
Soja farelo(49)	R\$ 0,7000	4,0864	0,0009	0,0017	0,0007	0,0059	0,0010	0,0001	0,0003
Milho tubá	R\$ 0,4200	0,3424	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
		Total	0,0022	0,0022	0,0015	0,0208	0,0023	0,0019	0,0031
		Exigência	0,0022	0,0018	0,0002	0,0087	0,0020	0,0019	0,0017

Custo total da dieta: R\$ 4,4879
 Custo por kg de MN da dieta: R\$0,1150
 Custo por kg de MS da dieta: R\$0,3027
 Custo Alimentar / Leite Bal: 53,0016%
 Custo Alimentar / Leite: 53,0016%
 Custo alimentar(R\$/L Leite): R\$ 39,7512
 Custo total do lote: R\$ 31,4154

Figura 5 - Resumo da dieta parte 4

Para fins de validação do software foi criada uma planilha em Excel. As fórmulas utilizadas para a elaboração da planilha e do software foram retiradas do livro Nutrient Requirements of Dairy Cattle (NRC, 1989) (NRC, 2001). Todas as entradas dos alimentos, dados do lote, restrições impostas pelos animais e as fórmulas utilizadas no software foram transcritas para a planilha, e utilizando-se do

recurso Solver foi possível resolver o problema linear e comparar os resultados obtidos pelo software e pela planilha em questão. Ambos obtiveram resultados iguais.

CONCLUSÕES

A habilidade de predizer, testar ou determinar as alterações nas dietas, possibilitam ao profissional uma grande vantagem diante de suas tomadas de decisão e as chances de sucesso em seu trabalho são muito maiores. O profissional nunca deve esquecer que quantidades estáveis e adequadas de nutrientes são essenciais para a produção de leite. Neste contexto, o uso de ferramentas computacionais é essencial.

Pode-se verificar que as ferramentas computacionais são indispensáveis para resolução do problema apresentado neste trabalho, sendo assim, o software elaborado representou uma grande ajuda para todos os envolvidos na formulação de dietas para vacas leiteiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAIXETA-FILHO, José Vicente. **Pesquisa Operacional**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 169 p.

CARVALHO, Adriano dos Reis; DEL VALLE, Aline Marques; DEL VALLE, Tiago Antônio. Programação Linear Aplicada ao Balanceamento de Dietas de Bovinos Leiteiros. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

GONÇALVES, Lúcio Carlos; BORGES, Iran; FERREIRA, Pedro Dias Sales. **Alimentação de Gado de Leite**. Belo Horizonte: Fepmvz, 2009. 412 p.

MIYAZAWA, Flavio K.. **Programação Inteira**. Disponível em: <<http://www.ic.unicamp.br/~fkm/lectures/progint.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2012.

NATIONAL RESEARCH CONCIL - N.R.C. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 6. ed. National Academy of Science, National Academy Press, Washington, D.C., 1989. 157 p.

NATIONAL RESEARCH CONCIL - N.R.C. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7. ed. National Academy of Science, National Academy Press, Washington, D.C., 2001. 381 p.