

## **AVALIAÇÃO DOS DESEMPENHOS ECONÔMICO E SOCIOAMBIENTAL DE SISTEMAS MODAIS DE PECUÁRIA DE CRIA COM MODELOS DEA COM RESTRIÇÕES AOS PESOS**

**Eliane Gonçalves Gomes**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)  
Parque Estação Biológica, Av. W3 Norte final, 70770-901, Brasília, DF  
eliane.gomes@embrapa.br

**João Carlos Correia Baptista Soares de Mello**

Universidade Federal Fluminense  
Rua Passo da Pátria 156, 24210-240, Niterói, RJ  
jccbsmello@id.uff.br

**Urbano Gomes Pinto de Abreu**

Embrapa Pantanal  
Caixa Postal 109, 79320-900, Corumbá, MS  
urbano@cpap.embrapa.br

**Thiago Bernardino de Carvalho**

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA/ESALQ  
Av. Centenário 1080, 13416-000, Piracicaba, SP  
tbcarval@cepea.org.br

**Sergio de Zen**

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA/ESALQ  
Av. Centenário 1080, 13416-000, Piracicaba, SP  
sergdzen@esalq.usp.br

### **RESUMO**

Este estudo avaliou o desempenho de 21 sistemas modais de produção de gado de corte que realizam apenas a fase de cria, em municípios de sete estados do Brasil. Foram propostos e aplicados dois modelos DEA BCC segundo enfoques distintos. O modelo econômico mede a capacidade de um sistema de produção de gerar receita com preservação da mata nativa, usando trabalho, capital e gastos correntes. No modelo socioambiental o fator de produção “mão de obra” é *output* e o interesse é avaliar se capital e custos geram benefícios econômicos, ambientais e sociais. Restrições aos pesos foram impostas às variáveis de *output* de cada o modelo para explicitar os enfoques e impedir resultados incoerentes. Os resultados apontaram fontes de ineficiências em função de mão de obra com baixa qualificação e utilização de touros de qualidade questionável, situação comum nos sistemas extensivos, importantes gargalos dos sistemas pecuários como um todo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelos DEA com restrições aos pesos, Eficiência, Pecuária de cria.

**Área principal:** AC&MA PO na Agricultura e Meio Ambiente, DEA Análise Envoltória de Dados

### **ABSTRACT**

This study evaluated the performance of 21 beef cattle modal production systems that perform only the raising phase, in 21 municipalities of seven Brazilian states. We proposed and

implemented two DEA BCC models following two different approaches. The economic model measures the ability of a production system to generate revenue with the preservation of native forest, using labor, capital and current spending. In the social-environmental model the production factor "labor" is an output and the interest is to assess whether the capital costs generate economic, environmental and social benefits. Weights restrictions were imposed on the output variables of each model to explain the proposed approaches and to avoid inconsistent results. The results pointed out sources of inefficiency in terms of labor with low qualification, and use of questionable quality bulls, which are common in extensive systems. These are some of the major bottlenecks in animal production systems as a whole.

**KEYWORDS:** Weights restrictions DEA models, Efficiency, Beef cattle raising systems.

**Main area:** AC&MA OR in Agriculture and Environment, DEA Data Envelopment Analysis

## 1. Introdução

O complexo de carne bovina vem se consolidando como um importante elemento na produção e no comércio internacional: o Brasil é atualmente o maior exportador (25% do total mundial) e o segundo maior produtor mundial de carne bovina (contribuindo com 14% do total) (Anuário da Pecuária Brasileira, 2010). O efetivo nacional é da ordem de 176.610.950 cabeças, segundo dados do Anuário da Pecuária Brasileira (2010), o que representa um aumento de 6% em relação ao efetivo contabilizado no país ano de 2001 e 17% do rebanho mundial de gado bovino. Outro aspecto que corrobora com este cenário é a representação do setor no PIB nacional: em 2008, 8% eram oriundos da pecuária (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2009). Se for considerado apenas o PIB do agronegócio, 38% vinham da pecuária. Dessa forma, o estudo e a avaliação de sistemas de produção de gado de corte são elementos importantes para o incremento do desempenho deste setor.

Apesar do cenário atual favorável desse setor, Zen et al. (2008) alertam que a produção de carne bovina no Brasil cresce a uma taxa maior que o consumo per capita. Os mesmos autores afirmam que, no futuro, o setor poderá sofrer com excesso do produto no mercado interno, com impactos na cadeia produtiva, inclusive para uma possível queda do preço do boi gordo e da carne.

A estrutura central na cadeia produtiva da pecuária de corte é o sistema biológico de produção de bovinos, que engloba as diferentes etapas da criação (cria, recria e engorda), ou em combinações, em torno das quais se agrupam os produtores (Cardoso, 1994).

No Brasil, a fase de cria da pecuária de corte ocorre em regime predominantemente extensivo. Esta é a fase que sustenta toda a estrutura neste tipo de produção (Euclides Filho, 2000). No entanto, após análises de benefício/custo, pode-se concluir que a cria constitui-se na atividade de menor rentabilidade e de maior risco.

Euclides Filho (2000) define sistema de produção de gado de corte como o conjunto de tecnologias e práticas de manejo, tipo de animal, propósito da criação, raça ou grupamento racial e ecorregião onde a atividade é desenvolvida. Na definição de um sistema de produção devem-se considerar os aspectos sociais, econômicos e culturais, pois possuem influência decisiva nas modificações que poderão ser impostas por forças externas. Influenciam igualmente a forma como as mudanças ocorrerão para que o processo seja eficiente e as transformações alcancem os benefícios esperados. Em paralelo, deve-se definir o mercado e a demanda a ser atendida (quais são e como devem ser atendidos os consumidores). Apesar da importância da visão sistêmica na agropecuária, esta ainda não está estabelecida na pesquisa agropecuária brasileira.

Este artigo tem como objetivo avaliar o desempenho de alguns sistemas modais de pecuária extensiva de corte na sua fase de cria no país. Os sistemas de cria representam a base para toda cadeia produtiva de gado de corte. A melhoria na gestão e nos processos nessa fase deverá refletir na maior eficiência nos índices produtivos de toda cadeia. Os sistemas modais de produção estudados foram aferidos em painéis realizados nos principais municípios que possuem sistemas de cria em gado de corte no Brasil.

Na modelagem proposta foram usados modelos DEA com restrições aos pesos, que permitiram avaliar o desempenho desses sistemas segundo dois enfoques, o econômico e o socioambiental. O uso de diferentes restrições aos pesos para dar enfoques diferentes às modelagens é um técnica semelhante à usada em Gomes et al. (2009a), que estudaram a sustentabilidade agrícola de um grupo de produtores rurais em um município amazônico.

O artigo está organizado conforme segue. No item 2 detalha-se como foram conduzidos os painéis para identificar os sistemas modais de cria. No item 3 descrevem-se os métodos usados. A modelagem proposta é apresentada no item 4, cujos resultados são mostrados no item 5. O item 6 apresenta algumas conclusões sobre o estudo realizado, e é seguido de agradecimentos e das referências bibliográficas.

## 2. Fonte de Dados

Os dados primários foram levantados por meio do sistema de painel, que permite a definição de propriedades representativas, conforme Plaxico e Tweeten (1963). Para estudos de

unidades produtivas do meio rural, estes mesmos autores descrevem o sistema de fazendas representativas como o ideal.

Apesar da dificuldade em caracterizar uma única propriedade e um sistema de produção que seja representativo da localidade em estudo (aqui município), o método busca caracterizar a propriedade que seja mais comumente encontrada na região, por meio da experiência dos produtores participantes (Carvalho et al., 2008). Em algumas áreas, a impossibilidade de determinar essa tipicidade faz com que mais de uma propriedade ou sistema de produção representado seja estabelecido. A execução do painel segue, em suma, quatro etapas: (1) Levantamento de coeficientes técnicos de produção e de informações regionais; (2) Visita às propriedades; (3) Preparo de planilhas eletrônicas; (4) Realização do painel.

As informações obtidas nas etapas (1) e (2), referentes aos processos operacionais que determinam os custos de produção e a produtividade, proporcionam a elaboração de planilhas eletrônicas (previamente preenchidas) destinadas a facilitar o funcionamento da etapa (4).

O painel é um procedimento de obtenção de informações menos oneroso que o levantamento censitário ou amostral de unidades agrícolas. Outra vantagem é que proporciona maior agilidade e versatilidade na atualização dos dados, sem comprometer a qualidade dos mesmos. A técnica consiste em uma reunião com um grupo formado por um ou mais pesquisadores, um técnico regional e oito pecuaristas (em média), e pode variar de cinco a dez produtores. As reuniões são marcadas com antecedência, utilizando-se geralmente como contatos os sindicatos rurais regionais. Os temas e os números, determinados previamente em entrevistas com os técnicos locais, são debatidos com os produtores rurais.

Para que todos os participantes interajam, utiliza-se um computador portátil e um aparelho destinado a projetar a planilha previamente elaborada (etapa (3)). Diferentes coeficientes técnicos (quantidade de insumos), preço e frequência de uso são apresentados ao grupo, que discute e aperfeiçoa as informações. Ao final desse debate, pode-se dizer que toda a caracterização da propriedade típica da região tem o aval dos produtores rurais. Com isso, os índices de produtividade, custos de implantação, custos fixos e variáveis, ou seja, todos os números resultantes do painel tendem a ser bastante próximos da realidade regional.

Os índices e os custos declarados por cada participante não estarão relacionados com as suas respectivas propriedades; referem-se a uma única, declarada no início do painel como aquela que representa melhor o tamanho e o sistema de produção da maioria das propriedades locais (Carvalho et al., 2009).

Neste trabalho foram avaliados 21 sistemas modais de produção de gado de corte que realizavam apenas a fase de cria, em sete estados do Brasil. Os dados, oriundos do projeto Indicadores Pecuários desenvolvidos pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) e Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), foram coletados em municípios destes sete estados: Mato Grosso do Sul - MS (oito), Goiás - GO (quatro), Rio Grande do Sul - RS (um), Minas Gerais - MG (quatro), Tocantins - TO (dois), São Paulo - SP (um) e Bahia - BA (um). Para a coleta dos dados foram realizados painéis com produtores e com a assistência técnica local, segundo a metodologia descrita em documento do CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2010).

Uma análise preliminar dos resultados destes painéis, com o objetivo de classificar os diferentes sistemas modais com uso de técnicas multivariadas e métodos multicritério, pode ser vista, respectivamente, em Abreu et al. (2010) e Gomes et al. (2010). Ainda com estes dados e empregando modelos DEA, Soares de Mello et al. (2010) mediram o desempenho da decisão do produtor em relação à composição dos sistemas produtivos.

### **3. Análise de Envoltória de Dados – DEA**

#### **3.1. Aspectos Gerais**

DEA é tradicionalmente uma metodologia de análise de eficiência que usa Programação Linear. Seu objetivo é calcular a eficiência de unidades produtivas, chamadas de unidades de tomada de decisão ou DMUs (*Decision Making Units*), a partir dos níveis de recursos empregados e de resultados obtidos.

DEA otimiza cada observação individual, de modo a estimar uma fronteira eficiente (linear por partes), composta das unidades que apresentam as melhores práticas dentro da

amostra em avaliação (unidades Pareto-Koopmans eficientes). Essas unidades servem como referência ou *benchmark* para as unidades ineficientes.

Os dois modelos mais conhecidos de DEA são o CCR e o BCC (Cooper et al., 2004). O modelo CCR assume a hipótese de retornos constantes à escala (axioma da proporcionalidade). O modelo BCC considera retornos variáveis à escala (axioma da convexidade). São possíveis duas orientações radiais para esses modelos na busca da fronteira de eficiência: orientação a *inputs* (implica em reduzir os recursos mantendo-se os níveis de produção) e orientação a *outputs* (busca-se maximizar os produtos mantendo-se inalteradas as quantidades de insumos). Orientações não radiais são possíveis em modelos avançados.

Os modelos (1) e (2) representam a forma linearizada dos modelos DEA BCC dos Multiplicadores (a) e do Envelope (b), orientados a *inputs* e a *outputs*, respectivamente. Nas formulações (1a) e (2a),  $Eff_o$  é a eficiência da DMU  $o$  em análise;  $x_{ik}$  representa o *input*  $i$  da DMU  $k$ ,  $y_{jk}$  representa o *output*  $j$  da DMU  $k$ ;  $v_i$  é o peso atribuído ao *input*  $i$ ;  $u_j$  é o peso atribuído ao *output*  $j$ ;  $x_{io}$  e  $y_{jo}$  são *input*  $i$  e *output*  $j$  da DMU  $o$ , respectivamente;  $u^*$  e  $v^*$  são os fatores de escala (quando positivos, indicam retornos decrescentes de escala; quando negativos, indicam retornos crescentes de escala; quando nulos, indicam retornos constantes de escala). Em (1b) e (2b),  $h_o$  é a eficiência da DMU  $o$  em análise (note-se que os PPLs (a) e (b) são duais e, dessa forma, têm o mesmo valor da função objetivo);  $\lambda_k$  é a contribuição da DMU  $k$  na formação do alvo da DMU  $o$  (as DMUs com  $\lambda_k$  não nulo são os benchmarks da DMU  $o$ ).

Os modelos CCR, orientados a *inputs* e a *outputs*, em suas versões dual e primal, podem ser obtidos dos modelos (1) e (2), retirando-se a restrição de convexidade na formulação do Envelope ( $\sum_k \lambda_k = 1$ ) e os fatores de escala na formulação dos Multiplicadores.

$$\begin{array}{ll}
 \text{Max } Eff_o = \sum_j u_j y_{jo} - u^* & \text{Min } h_o \\
 \text{sujeito a} & \text{sujeito a} \\
 \sum_i v_i x_{io} = 1 & h_o x_{io} - \sum_k x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\
 - \sum_i v_i x_{io} + \sum_j u_j y_{jo} - u^* \leq 0, \forall k & - y_{jo} + \sum_k y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\
 u, v \geq 0, u^* \in \mathfrak{R} & \sum_k \lambda_k = 1 \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k
 \end{array} \quad (1)$$

$$\begin{array}{ll}
 \text{Min } Eff_o = \sum_i v_i x_{io} - v^* & \text{Max } h_o \\
 \text{sujeito a} & \text{sujeito a} \\
 \sum_j u_j y_{jo} = 1 & x_{io} - \sum_k x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\
 - \sum_i v_i x_{io} + \sum_j u_j y_{jo} + v^* \leq 0, \forall k & - h_o y_{jo} + \sum_k y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\
 u, v \geq 0, v^* \in \mathfrak{R} & \sum_k \lambda_k = 1 \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k
 \end{array} \quad (2)$$

Para modelar e interpretar corretamente os resultados de DEA é necessário conhecer as propriedades de seus modelos. Duas das mais importantes são (Gomes et al., 2009a):

- Em qualquer modelo DEA, a DMU que apresentar a melhor relação (*output*  $j$ )/(*input*  $i$ ) será sempre eficiente. Esta propriedade obriga a que na formulação do modelo DEA seja necessária verificar a existência de relação causal entre cada *output* e cada *input*. A não observância dessa relação pode conduzir a resultados sem sentido.

- O modelo CCR, que na sua forma fracionária é uma função homogênea de grau zero, tem como propriedade principal a proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* na fronteira. Como consequência, o aumento (decremento) na quantidade dos *inputs*, provocará acréscimo (redução) proporcional no valor dos *outputs*.

É recente a utilização de modelos DEA com objetivo de modelar a eficiência dos sistemas de produção bovinos. Citam-se, por exemplo, os trabalhos de Ceyhan e Hazneci (2010), Somwaru e Valdes (2004) e de Ruiz et al. (2000). No caso específico de pecuária de corte no Brasil, Abreu et al. (2006) analisaram eficiência de um sistema de produção de gado de corte no Pantanal de Corumbá, no qual foram implantadas tecnologias ao longo de oito anos (1995-2002). Foram consideradas informações sobre dez categorias de gastos com insumos e uma categoria de produto. Com os mesmos dados econômicos registrados no período citado acima, Abreu et al. (2008) avaliaram duas metodologias de escolha das variáveis para a realização da análise DEA. Nos dois modelos resultantes (com seis *inputs* e um *output*; e com três *inputs* e um *output*, respectivamente) foram analisados os resultados de eficiência em relação às fronteiras DEA clássica e invertida, além do valor do índice composto que agrega ambos os resultados.

### 3.2. Modelos DEA com Restrições aos Pesos

Os modelos DEA clássicos permitem total liberdade na escolha dos pesos que maximizam o valor de eficiência de certa DMU. Essa liberdade é importante na identificação das unidades ineficientes, ou seja, daquelas que apresentam baixo desempenho inclusive com seu próprio conjunto de multiplicadores.

A flexibilidade na escolha dos pesos é uma das vantagens apontadas à modelagem DEA. Contudo, os pesos calculados podem ser inconsistentes com o conhecimento em relação aos valores relativos de *inputs* e *outputs*. Assim, a incorporação de julgamentos de valor dos especialistas a respeito da importância relativa de cada variável no cálculo das medidas de eficiência surge como uma evolução natural das aplicações de DEA a problemas reais. Ou seja, há a necessidade de introduzir condições além das de não negatividade.

Quando há preferências entre os *inputs* e/ou *outputs* por parte dos agentes de decisão, esses julgamentos de valor são incorporados aos modelos DEA por meio de restrições aos pesos (ou multiplicadores) associados aos *inputs* e/ou aos *outputs* das unidades avaliadas. Allen et al. (1997) e Thanassoulis et al. (2004) apresentam uma revisão da evolução da incorporação de julgamentos de valor através de restrições aos pesos. Angulo Meza e Lins (2002) consideram que a adição de restrições aos pesos é uma das técnicas que promovem melhoria de discriminação em DEA, com opiniões subjetivas por parte dos decisores. Adler et al. (2002) também incluem as restrições aos pesos dentro das técnicas de melhora de discriminação em DEA e apresentam vários tipos de restrições. As principais são (Lins e Angulo Meza, 2000): (a) restrições diretas sobre os multiplicadores; (b) ajuste dos níveis de *input-output* observados para a captura de julgamentos de valor; (c) restrição a *inputs* e *outputs* virtuais.

Um dos tipos de modelos de restrições aos pesos é o modelo de Regiões de Segurança Tipo I (*Assurance Region Type I - ARI*), conforme definido em Thompson et al. (1990). Em (3) apresenta-se a formulação genérica do modelo BCC com as restrições ARI impostas aos *outputs*, onde  $\alpha_i$  e  $\beta_i$  são constantes especificadas pelo decisor e que, após uma conveniente normalização, refletem os julgamentos de valor sobre a importância relativa entre os *outputs*  $i$  e  $i + 1$ .

Cabe destacar que ao impor restrições aos pesos do tipo ARI, caso o interesse seja medir a importância atribuída por cada DMU a cada variável, devem-se normalizar os dados. Evita-se, assim, que os valores resultantes dos pesos sejam influenciados pela escala dos dados. Entretanto, na proposta deste artigo, em relação ao modelo dos multiplicadores está-se interessado somente em avaliar a medida de eficiência e a quantidade de pesos zero atribuídos às variáveis. No entanto, as variáveis foram normalizadas para evitar erros de interpretação dos resultados.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } \sum_j u_j y_{jo} - u^* \\
 & \text{sujeito a} \\
 & \sum_i v_i x_{io} = 1 \\
 & -\sum_i v_i x_{ik} + \sum_j u_j y_{jk} - u^* \leq 0, \forall k \\
 & \alpha_i \leq \frac{v_i}{v_{i+1}} \leq \beta_i \\
 & u_j, v_i \geq 0, \forall j, i \quad u^* \in \mathfrak{R}
 \end{aligned} \tag{3}$$

## 4. Modelagem

### 4.1. DMUs

O objetivo do modelo DEA aqui proposto é medir o desempenho dos sistemas de produção modais de cria. Dessa forma, as DMUs do modelo DEA são os 21 sistemas modais, identificados a partir dos painéis de discussão em 21 municípios, de sete estados brasileiros.

### 4.2. Variáveis

A qualidade e a validade dos resultados de DEA dependem, em grande parte, das variáveis selecionadas para compor o modelo. Um modelo com grande número de variáveis pode acarretar em uma avaliação extremamente benevolente, com vários empates para as DMUs 100% eficientes. Também deve ser observado que na escolha de variáveis é necessário haver relação causal entre cada par *output-input* (Gomes et al., 2009b) Para o caso de avaliação do desempenho dos sistemas modais de cria, foram propostos dois modelo, segundo os enfoques econômico e socioambiental.

No primeiro econômico, os *inputs* selecionados foram: “mão de obra” (número de funcionários); “área de pastagem” (hectares); “gastos com aquisição de animais” (R\$); “outros custos” (gastos com suplementação, administrativos, manutenção de pastagens, manutenção de benfeitorias, utilitários, em R\$). Os *outputs* do modelo foram: “área de reserva” (hectares); “receita pecuária bruta” (R\$).

No modelo que visa medir o desempenho socioambiental foram selecionados os *inputs* “área de pastagem” (hectares) e “gastos com aquisição de animais” (R\$) e os *outputs* “mão de obra” (quantitativo de pessoal), “área de reserva” (hectares) e “receita pecuária bruta” (R\$).

O modelo econômico mede a capacidade de cada sistema de produção gerar receita com preservação da mata nativa, usando como fatores de produção trabalho e capital e os gastos correntes. Neste modelo foi imposta a restrição adicional de que o peso da variável “receita pecuária” deve ser maior que peso da variável “área de reserva”. O uso de restrições aos pesos impede que a simples preservação de mata nativa, sem a geração de recursos, torne uma unidade eficiente.

No modelo de desempenho socioambiental o fator de produção “mão de obra” passou a ser um *output*. Neste modelo o interesse é avaliar se o capital (terra) e os custos geram benefícios econômicos (receita), ambientais (preservação de mata nativa) e sociais (geração de empregos). Neste modelo foram igualmente acrescentadas duas restrições aos pesos do tipo ARI: peso da variável “mão de obra” deve ser maior que o peso da variável “receita pecuária”, e peso da variável “área de reserva” deve ser maior que o peso da variável “receita pecuária”. Estas restrições aos pesos impedem que uma DMU alcance a eficiência apenas pelo bom desempenho econômico: ela precisa ter bom desempenho social ou ambiental para ser eficiente neste modelo.

### 4.3. Modelo DEA

Neste artigo foi usado o modelo DEA BCC, já que não havia evidências de proporcionalidade entre *input* e *outputs*, e as escalas de produção são sabidamente diferentes entre os sistemas modais dos diferentes municípios. Uma vez que o modelo CCR em sua forma

fracionária apresenta uma função homogênea de grau zero, seria necessária esta proporcionalidade para justificar o seu uso.

Foi escolhida a orientação a *outputs*, visto que o objetivo do modelo é avaliar o desempenho quanto aos aspectos econômico e socioambiental, variáveis que são *outputs* em seus respectivos modelos.

Em cada modelo proposto há diferença de importância entre as variáveis de *output*, segundo a ótica adotada. Esta característica pode ser inserida em modelos DEA por meio de restrições aos pesos dos multiplicadores. Outra justificativa para o uso de restrições aos pesos reside no fato de que, devido à benevolência dos modelos DEA, em especial do modelo DEA BCC, em casos extremos pode haver unidades eficientes sem preservação ou sem produção. Estas situações limites só aparecem devido à possibilidade de serem atribuídos pesos nulos a algum *output*.

Restrições aos pesos do tipo ‘*inputs* e *outputs* virtuais’ apresentam como desvantagens a alta probabilidade de ocorrerem inviabilidades nos PPLs de DEA (Lins et al., 2007) e a necessidade de mais informação por parte do decisor que pode até ter que se amparar em métodos mais sofisticados para conseguir prover a informação necessária (Soares de Mello et al., 2002). Por este motivo preferiu-se usar restrições do tipo ARI.

Como anteriormente descrito, no modelo econômico foi imposto que o peso da variável “receita pecuária” deve ser maior que peso da variável “área de reserva”. No modelo socioambiental as restrições aos pesos foram: peso de “mão de obra” maior que peso de “receita pecuária”; peso de “área de reserva” maior que peso de “receita pecuária”.

Os dados usados neste artigo estão na Tabela 1 (antes da normalização).

## 5. Resultados

Os resultados de eficiência DEA BCC, com orientação a *outputs* e restrições aos pesos, segundo os enfoques econômico e socioambiental estão na Tabela 2.

Os sistemas de produção modais praticados em Aquidauana, Bonito, Brasilândia, Carlos Chagas, Corumbá, Lavras Sul, Tupã e Uberlândia foram eficientes em ambos os enfoques. Catalão, Itamarajú, Niquelândia e Rio Verde foram eficientes no modelo econômico e não no socioambiental. Já os sistemas de Camapuã, Montes Claros e SG D'Oeste foram eficientes apenas no modelo de prioridade socioambiental. Os demais sistemas foram ineficientes em ambas as óticas.

Os sistemas que foram eficientes nos dois enfoques são caracterizados por dois tipos de padrão. O primeiro grupo (Aquidauana, Brasilândia, Carlos Chagas, Corumbá) caracteriza-se pela escala de produção com maior receita pecuária, e o segundo (Bonito, Lavras do Sul, Tupã e Uberlândia) com menor área, mas receita alta em relação à área que é utilizada com pastagens. Todos estes sistemas de produção possuem significantes percentuais de reserva legal, com exceção de Brasilândia.

Os sistemas de produção de Catalão, Itamarajú, Niquelândia e Rio Verde caracterizaram-se por áreas de pastagens de tamanho médio a pequeno, e alta receita em relação à área de pastagem. Provavelmente são sistemas intensivos de criação.

Os sistemas que foram mais eficientes no enfoque socioambiental apresentaram percentualmente maiores receitas em relação ao tamanho total da área de reserva (Camapuã e Montes Claros). Em paralelo, o sistema de produção de SG D'Oeste apresentou um percentual grande de área de reserva em relação à área de pastagens.

Brasilândia é um caso interessante. Mesmo apresentando área de reserva nula foi eficiente no modelo socioambiental. Isto pode ser explicado pelo fato de o sistema de produção ali desenvolvido utilizar maior quantidade de mão de obra em relação ao tamanho, ou seja, tem bom desempenho social embora mau desempenho ambiental. As restrições aos pesos usadas permitem que uma DMU tenha bom desempenho apenas em um destes fatores; impedem que seja boa economicamente e que não seja boa nem no fator social nem no ambiental.

Tabela 1: Variáveis (*inputs e outputs*) usadas nos modelos econômico e socioambiental.

			Mão de obra	Área de pastagens	Área de reserva	Aquisição de touros	Outros custos	Receita pecuária
			N.º de funcionários	hectares	hectares	R\$	R\$	R\$
Alvorada	TO	DMU1	2	787	424	6.000	39.729	135.556
Amanbaí	MS	DMU2	3	580	146	9.000	40.935	153.438
Aquidauana	MS	DMU3	8	5.600	2.400	57.000	113.693	764.083
Bonito	MS	DMU4	3	750	750	9.000	35.637	182.431
Brasilândia	MS	DMU5	4	1.210	-	6.000	50.403	360.126
Camapuã	MS	DMU6	2	350	150	3.000	22.471	76.120
Carlos Chagas	MG	DMU7	5	1.400	100	14.000	69.985	444.350
Catalão	GO	DMU8	1	200	40	3.000	32.755	112.815
Corumbá	MS	DMU9	5	8.000	2.000	24.000	111.005	458.084
Itamarajú	BA	DMU10	1	280	40	2.000	13.416	52.160
Lavras Sul	RS	DMU11	2	350	150	3.000	16.245	70.261
Montes Claros	MG	DMU12	2	210	60	3.000	19.953	61.520
Niquelândia	GO	DMU13	1	175	67	3.000	19.190	37.645
Paraíso do Tocantins	TO	DMU14	2	500	200	6.000	27.242	109.979
Porangatu	GO	DMU15	1	268	80	2.800	24.283	56.391
Ribas do Rio Pardo	MS	DMU16	3	750	200	9.000	42.606	166.637
Rio Verde	GO	DMU17	2	700	145	16.000	66.732	244.308
São Gabriel do Oeste	MS	DMU18	3	350	150	6.000	25.421	111.049
Tupã	SP	DMU19	2	210	60	2.500	18.921	72.420
Uberaba	MG	DMU20	2	245	89	4.000	35.186	88.913
Uberlândia	MG	DMU21	1	100	32	750	53.057	41.060

fracionária apresenta uma função homogênea de grau zero, seria necessária esta proporcionalidade para justificar o seu uso.

Foi escolhida a orientação a *outputs*, visto que o objetivo do modelo é avaliar o desempenho quanto aos aspectos econômico e socioambiental, variáveis que são *outputs* em seus respectivos modelos.

Em cada modelo proposto há diferença de importância entre as variáveis de *output*, segundo a ótica adotada. Esta característica pode ser inserida em modelos DEA por meio de restrições aos pesos dos multiplicadores. Outra justificativa para o uso de restrições aos pesos reside no fato de que, devido à benevolência dos modelos DEA, em especial do modelo DEA BCC, em casos extremos pode haver unidades eficientes sem preservação ou sem produção. Estas situações limites só aparecem devido à possibilidade de serem atribuídos pesos nulos a algum *output*.

Restrições aos pesos do tipo ‘*inputs* e *outputs* virtuais’ apresentam como desvantagens a alta probabilidade de ocorrerem inviabilidades nos PPLs de DEA (Lins et al., 2007) e a necessidade de mais informação por parte do decisor que pode até ter que se amparar em métodos mais sofisticados para conseguir prover a informação necessária (Soares de Mello et al., 2002). Por este motivo preferiu-se usar restrições do tipo ARI.

Como anteriormente descrito, no modelo econômico foi imposto que o peso da variável “receita pecuária” deve ser maior que peso da variável “área de reserva”. No modelo socioambiental as restrições aos pesos foram: peso de “mão de obra” maior que peso de “receita pecuária”; peso de “área de reserva” maior que peso de “receita pecuária”.

Os dados usados neste artigo estão na Tabela 1 (antes da normalização).

## 5. Resultados

Os resultados de eficiência DEA BCC, com orientação a *outputs* e restrições aos pesos, segundo os enfoques econômico e socioambiental estão na Tabela 2.

Os sistemas de produção modais praticados em Aquidauana, Bonito, Brasilândia, Carlos Chagas, Corumbá, Lavras Sul, Tupã e Uberlândia foram eficientes em ambos os enfoques. Catalão, Itamarajú, Niquelândia e Rio Verde foram eficientes no modelo econômico e não no socioambiental. Já os sistemas de Camapuã, Montes Claros e SG D'Oeste foram eficientes apenas no modelo de prioridade socioambiental. Os demais sistemas foram ineficientes em ambas as óticas.

Os sistemas que foram eficientes nos dois enfoques são caracterizados por dois tipos de padrão. O primeiro grupo (Aquidauana, Brasilândia, Carlos Chagas, Corumbá) caracteriza-se pela escala de produção com maior receita pecuária, e o segundo (Bonito, Lavras do Sul, Tupã e Uberlândia) com menor área, mas receita alta em relação à área que é utilizada com pastagens. Todos estes sistemas de produção possuem significantes percentuais de reserva legal, com exceção de Brasilândia.

Os sistemas de produção de Catalão, Itamarajú, Niquelândia e Rio Verde caracterizaram-se por áreas de pastagens de tamanho médio a pequeno, e alta receita em relação à área de pastagem. Provavelmente são sistemas intensivos de criação.

Os sistemas que foram mais eficientes no enfoque socioambiental apresentaram percentualmente maiores receitas em relação ao tamanho total da área de reserva (Camapuã e Montes Claros). Em paralelo, o sistema de produção de SG D'Oeste apresentou um percentual grande de área de reserva em relação à área de pastagens.

Brasilândia é um caso interessante. Mesmo apresentando área de reserva nula foi eficiente no modelo socioambiental. Isto pode ser explicado pelo fato de o sistema de produção ali desenvolvido utilizar maior quantidade de mão de obra em relação ao tamanho, ou seja, tem bom desempenho social embora mau desempenho ambiental. As restrições aos pesos usadas permitem que uma DMU tenha bom desempenho apenas em um destes fatores; impedem que seja boa economicamente e que não seja boa nem no fator social nem no ambiental.

resultado corrobora o anterior, no sentido de que os gastos com aquisição de touros estão superiores aos desejados.

## 6. Conclusões

Neste artigo foram usados modelos DEA com restrições aos pesos para avaliar o desempenho de 21 sistemas de produção modais de pecuária de cria, localizados em diferentes municípios brasileiros. Foram propostos e aplicados dois modelos, com variáveis diferentes: um com enfoque econômico e outro sob a ótica socioambiental, ambos importantes para o entendimento e o desenvolvimento da pecuária nacional. Restrições aos multiplicadores de DEA foram impostas às variáveis de *output* de cada o modelo para explicitar os enfoques pretendidos.

Os resultados apontaram sistemas de produção eficientes sob cada um dos modelos e em ambos. Na análise dos *benchmarks*, os dois municípios mais referenciados apresentam receitas significativas, com áreas de pastagens pequenas e áreas de reserva relativamente grandes, indicadores de eficiência no manejo, com conseqüente alta produtividade do sistema.

A abordagem usada permitiu ainda identificar fontes de ineficiências em função de mão de obra com pequena qualificação e utilização de touros de qualidade questionável, situação comum nos sistemas extensivos e importantes gargalos dos sistemas pecuários como um todo.

## 7. Agradecimentos

Ao Macroprograma 1 (Embrapa), Faperj e CNPq, pelo apoio financeiro.

## Referências

- Abreu, U.G.P., Carvalho, T.B., Moraes, A.S.** *Análise do Preço do Bezerro Pago no Pantanal da Nhecolândia, no período de 2001 a 2008*. Corumbá: Embrapa Pantanal. 7 p.il. (Embrapa Pantanal, Comunicado Técnico, 70), 2008.
- Abreu, U.G.P., Carvalho, T.B., Zen, S.** (2010), Caracterização produtiva dos sistemas de cria de gado de corte no Brasil, *Anais da 47ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*.
- Adler N., Friedman L., Sinuany-Stern, Z.** (2002), Review of ranking methods in the data envelopment analysis context, *European Journal of Operational Research*, 140, 249-265.
- Allen, R., Athanassopoulos, A., Dyson, R.G., Thanassoulis, E.** (1997), Weights restrictions and value judgements in data envelopment analysis: evolution, development and future directions, *Annals of Operations Research*, 73, 13-34.
- Angulo Meza, L., Lins, M.P.E.** (2002), Review of methods for increasing discrimination in data envelopment analysis, *Annals of Operations Research*, 116, 225-242.
- Anuário da Pecuária Brasileira. ANUALPEC 2010**, Agra FNP Pesquisas, São Paulo, 2010.
- Cardoso, E.G.** A cadeia produtiva da pecuária bovina de corte. Campo Grande: EMBRAPA-CNPq. 17p. (EMBRAPA CNPq. Documentos, 49), 1994.
- Carvalho, T. B. de, Zen, S. de, Ferreira, C.** (2008), Caracterização da atividade pecuária de engorda nos principais países produtores de carne bovina, *Anais da 46ª Reunião da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*.
- Carvalho, T.B. de, Zen, S. de, Tavares, É.C.N.** (2009), Comparação de custo de produção na atividade de pecuária de engorda nos principais países produtores de carne bovina, **Anais da 47ª Reunião da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**.
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada-CEPEA** *Metodologia do índice de preços dos insumos utilizados na produção pecuária brasileira*, 2010 (<http://www.cepea.esalq.usp.br/boi/metodologiacna.pdf>).
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada-CEPEA. PIB do Agronegócio.** CEPEA-USP/CNA, 2009 (<http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>).
- Ceyhan,, Hazneci, K.** (2010), Economic efficiency of cattle-fattening farms in Amasya Province, Turkey, *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9, 1, 60-69.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M., Zhu, J.** *Handbook on Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2004.

**Euclides Filho, K.** *Produção de bovinos de corte e o trinômio genótipo–ambiente–mercado*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte. 61 p.il. (Embrapa Gado de Corte, Documentos, 85), 2000.

**Gomes, E.G., Soares de Mello, J.C.C.B., Abreu, U.G.P., Carvalho, T. B. , Zen, S.** (2010), Análise de tipologias de sistemas de produção modais de pecuária de cria com o uso do método ordinal de Copeland, *Anais do XIII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha*.

**Gomes, E.G., Soares de Mello, J.C.C.B., Mangabeira, J.A.C.** (2009a), Estudo da sustentabilidade agrícola em um município amazônico com análise envoltória de dados, *Pesquisa Operacional*, 29, 23-42.

**Gomes, E.G., Soares DE Mello, J.C.C.B., Souza, G.S., Angulo Meza, L., Mangabeira, J.A.C.** (2009b), Efficiency and sustainability assessment for a group of farmers in the Brazilian Amazon, *Annals of Operations Research*, 169, 167-181.

**Lins, M.P., Angulo Meza, L.** *Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão*, Editora da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

**Lins, M.P.E., Silva, A.C.M., Lovell, C.A.K.** (2007), Avoiding infeasibility in DEA models with weight restrictions, *European Journal of Operational Research*, 181, 956-966.

**Plaxico, J.S., Tweeten, L.G.** (1963), Representative farms for policy and projection research, *Journal of Farm Economics*, 45, 1458-1465.

**Ruiz, D.E.M., Pardo Sempere, L., García Martínez, A.A., Rodríguez Alcaide, J.J., Pamio, J.O., Pena Blanco, F., Domenech, G.** (2000), Technical and allocative efficiency analysis for cattle fattening on Argentina Pampas, *Agricultural Systems*, 65, 179-199.

**Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, E.G., Carvalho, T.B., Abreu, U.G.P., Zen, S.** (2010), Análise de desempenho de alguns sistemas de produção modais de pecuária de cria do Brasil, *Anais do 5º Simpósio Sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal*.

**Soares de Mello, J.C.C.B., Lins, M.P.E., Soares de Mello, M.H.C., Gomes, E.G.** (2002), Evaluating the performance of Calculus classes using operational research tools, *European Journal of Engineering Education*, 27, 2, 209-218.

**Somwaru, A., Valdes, C.** (2004), Brazil's Beef Production and Its Efficiency: A Comparative Study of Scale Economies, *Proceedings of the GTAP Seventh Annual Conference on Global Economic Analysis*.

**Thanassoulis, E., Portela, M.C.S., Allen, R.** Incorporating value judgments in DEA, em Cooper, W.W., Seiford, L.M., Zhu, J. (Eds.), *Handbook on Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 99-138, 2004.

**Thompson, R.G., Langemeier, L.N., Lee, C.T., Lee, E., Thrall, R.M.** (1990), The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming, *Journal of Econometrics*, 46, 93-108.

**Zen, S., Menezes, S.M., Carvalho, T.B.** (2008), Perspectivas de consumo de carne bovina no Brasil, *Anais do XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*.