



Modelagem da eficiência, fator importante na rentabilidade da ovinocaprinocultura, dos produtores do Semiárido

Urbano G. P. Abreu¹, Lisiane D. de Lima², Fernando H. M. A. R. de Albuquerque², Juan D. F. Souza²

¹Embrapa Pantanal, Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil, urbano.abreu@embrapa.br

²Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, Ceará, Brasil, lisiane.lima@embrapa.br,
fernando.albuquerque@embrapa.br, juan.souza@embrapa.br

RESUMO

Neste artigo propõe-se utilizar abordagem DEA para avaliar o desempenho de sistemas de ovinocaprinocultura no semiárido do Brasil. Por meio de questionário com 127 variáveis, foram coletadas informações de 254 produtores do município de Tauá - CE, as variáveis de *input* número de ovinos e número de bovinos, e a variável *output* receita com produção animal. Foi realizada a modelagem DEA de orientação produto com retornos constantes a escala (RCE), e com retornos variáveis a escala (RVE). Os modelos RCE e RVE cujas medidas de eficiência técnica médias foram 9,72% e 23,65%, e que apenas 2 e 8 produtores obtiveram eficiência igual a um, respectivamente. Observamos que a grande maioria dos produtores operam na faixa de retorno crescente, e são ineficientes. Ou seja, a maioria dos produtores estão trabalhando abaixo da escala ótima.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Produção, Retorno Constante, Retorno Variável.

ABSTRACT

This paper proposes to use the DEA approach to evaluate the performance of ovinocaprinoculture systems in the semi-arid region of Brazil. Using questionnaire with 127 variables, and information from 254 producers in the municipality of Tauá - CE, with the variables of 'input' number of sheep and number of cattle, and the variable 'output' revenues with animal production. DEA model with constant returns to scale (RCE), and with variable returns to scale (RVE) and were used. The RCE and RVE models, whose average technical efficiency measures were 9.72% and 23.65%, and that only 2 and 8 producers obtained efficiency equal to one in each model, respectively. The majority of producers operate in the

increasing return range, and are inefficient. That is, the vast majority of producers are working below the optimum scale, which leads to the exclusion of producers.

KEYWORDS: Production System, Constant Returns, Variable Returns.

INTRODUÇÃO

A conceituação e a busca por medidas rigorosas de eficiência envolvem o estabelecimento de critérios para determinar a melhor situação possível que pode ser obtida pelos agentes econômicos na repartição dos bens produzidos. A busca da eficiência técnica (a menor utilização de insumos), de escala (nível de produção mais adequado) e alocativa (menor custo e maior receita aos preços de mercado) é componente importante nas estratégias de rentabilidade (FERREIRA; GOMES, 2009).

A modelagem de sistemas agropecuários por meio de análise envoltória de dados (DEA) tem evoluído de maneira consistente e rápida, em função da flexibilidade do método, e do esforço teórico no processo de adaptação da metodologia aos mais diferentes sistemas produtivos (GOMES, 2008; EMROUZNEJAD; YANG, 2017).

Vários fatores dão à ovinocaprinocultura importância socioeconômica na definição de opções de atividades de produção. Assim sendo, podem-se destacar a elevada tolerância dos ovinos e caprinos às altas temperaturas e a combinação adequada entre os seus hábitos alimentares e a flora existente. Convém evidenciar, também, as vantagens dos reduzidos investimentos necessários ao criatório, e o papel destacado que desempenha a atividade no suprimento alimentar e na geração de renda, com origem na comercialização da carne, da pele e de subprodutos. Por outro lado, há necessidade de superar os problemas da baixa produtividade, e da reduzida rentabilidade da agropecuária no semiárido (CAMPOS; CAMPOS, 2013).

Neste artigo propõe-se utilizar abordagem DEA para avaliar o desempenho de sistemas de ovinocaprinocultura no semiárido. Pressupõem-se que o conhecimento da eficiência dos sistemas de produção auxiliará para aumento da rentabilidade da atividade, e para melhoria da gestão e dos processos tecnológicos, que refletirá em melhores índices produtivos da cadeia produtiva como um todo.

MATERIAL E MÉTODOS

Por meio de questionário estruturado com 127 variáveis (com informações de ordem econômica, social e zootécnica) foram entrevistados 324 produtores do município de Tauá - CE, sendo que após a retirada de dados perdidos, informações de 254 produtores permaneceram na amostra analisada. Os dados foram inseridos em planilha eletrônica, e

estatísticas exploratórias foram estimadas, com objetivo de verificar a consistência dos dados, conforme descrito por Souza et al. (2014).

Com objetivo de estabelecer tipologias para os sistemas de produção Abreu et al. (2016), por meio da análise multivariada de fatores verificaram que os dois primeiros fatores explicaram 80% da (co)variação total das informações. Por meio da análise das estimativas das cargas fatoriais foram mantidas as variáveis: quantidade de ovinos - QuantOv, quantidade de bovinos - QuanBov, receita total anual com produtos de origem animal - Recprodoani, receita total anual - RecT, e receita total anual agropecuária- RecTagro.

A análise envoltória de dados (DEA) foi originalmente proposta por Charnes, et al., (1978) como metodologia para avaliação da eficiência relativa de unidades homogêneas que possuem autonomia na tomada de decisão (*Decision Making Units – DMU*). Os modelos DEA são baseados em amostra de dados (insumos e produtos) observados para diferentes DMU's. O objetivo é construir um conjunto de referência convexo, e então classificar as DMU's em eficientes ou ineficientes, tendo como referencial a superfície formada.

O modelo desenvolvido por Charnes et al. (1978), é chamado de modelo com retornos constantes à escala (RCE), sendo reformulado por Banker et al. (1984) que desenvolveram outro modelo com objetivo de possibilitar a análise no caso de retornos variáveis à escala (RVE). Na análise formula-se o modelo a ser utilizado, e a sua resolução calcula a fronteira de produção como um envoltório nos dados, determinando para cada DMU, se a mesma, está ou não na fronteira de eficiência. A utilização da metodologia não requer especificação de uma forma funcional que relacione os dados, por ser uma técnica não paramétrica. A metodologia é baseada em programação linear, que visa mensuração do desempenho relativo de unidades organizacionais, onde ocorre presença de múltiplos insumos e produtos relativamente homogêneos, o que causa dificuldade nas comparações. No caso simples onde o processo de produção possui apenas um insumo e apenas um produto, eficiência pode ser definida como:

$$\text{Eficiência} = \text{Produto} / \text{Insumo}$$

De forma geral as organizações possuem um número grande de produtos e de insumos, e esta complexidade pode ser incorporada na mensuração da eficiência pela definição de eficiência como:

$$\text{Eficiência} = \text{Soma ponderada dos Produtos} / \text{Soma ponderada dos Insumos}$$

O que requer série de pesos que são difíceis de serem estimados, particularmente se uma série de pesos necessitam ser aplicados para um número grande de unidades

organizacionais com diferentes características. Este problema pode ser resolvido pela definição de que cada unidade individual pode possuir seu próprio sistema de valores e, conseqüentemente definir seu próprio sistema de pesos para ponderação (COOPER, et al., 2006). A pressuposição fundamental na técnica DEA é que, se dada DMU é capaz de produzir $Y(A)$ unidades de produto, utilizando-se $X(A)$ unidades de insumos, outras DMU's poderiam fazer o mesmo, caso elas estejam operando eficientemente. Da mesma forma, se outra DMU é capaz de produzir $Y(B)$ unidades de produto, utilizando $X(B)$ insumos, então outras firmas podem fazer o mesmo esquema de produção. Caso as duas DMU's sejam eficientes, poderiam ser combinadas para formação de DMU composta que utiliza combinação de insumos para produzir combinação de produtos. Se esta DMU composta não existir ela passa a ser denominada DMU virtual. A metodologia DEA, consiste em encontrar o melhor DMU virtual para cada DMU da amostra. No caso da DMU virtual ser melhor que a DMU original, ou por produzir mais com a mesma quantidade de insumos, ou por produzir a mesma quantidade com menos insumos, a DMU original será ineficiente.

Charnes et al. (1978) propuseram que a eficiência da unidade j_0 pode ser avaliada pela solução do seguinte modelo:

$$Max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}} \quad (M1)$$

sujeito a :

$$\frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n,$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad \forall r \text{ e } i,$$

onde:

y_{rj} = total de saídas r , oriunda da unidade produtiva j ;

x_{ij} = total de saídas i , oriunda da unidade produtiva j ;

u_r = peso dado aos insumos r ;

v_i = peso dado aos produtos i ;

n = número de unidades produtivas;

t = número de produtos;

m = número de insumos; e

ε = número pequeno e positivo.

Na solução deste modelo a eficiência da unidade j_0 , é maximizada sujeita à restrição de que as medidas de eficiência de todas as outras unidades produtivas sejam menores ou iguais a um. A característica chave do modelo acima é que os pesos u_r e v_i são tratadas como

incógnitas, sendo então escolhidas de forma que a eficiência de j_0 seja maximizada. Se a eficiência de j_0 for igual a 1, será considerada eficiente em relação a outras unidades produtivas do contrário, é considerada ineficiente. No caso de uma unidade ineficiente a solução identifica unidades eficientes correspondentes que formam um grupo de referência (*benchmark*) para unidades ineficientes.

O modelo DEA acima descrito é um modelo linear fracionário, mas pode ser convertido na forma linear, de maneira que os métodos de programação linear possam ser aplicados. O modelo na forma de programação linear é mostrado abaixo:

$$\text{Max } h_0 = \sum_{r=1}^t u_r y_{rj_0} \quad (\text{M2})$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} = 1,$$

$$\sum_{r=1}^t u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0,$$

$$j = 1, \dots, n,$$

$$-u_r \leq -\varepsilon, \quad r = 1, \dots, t,$$

$$-v_i \leq -\varepsilon, \quad i = 1, \dots, m.$$

A função objetivo sendo linearizada permite reconhecer, que durante a maximização a razão (magnitudes relativas do numerador e denominador) é o fator importante na análise, e não seus valores iniciais. Desta forma, no modelo (M2) o denominador é igual a uma constante (arbitrariamente 1 na notação) sendo o numerador maximizado. O modelo é aplicado a cada unidade com objetivo de obtenção uma a uma das medidas de eficiência. A solução é computacionalmente facilitada, pois a maioria das restrições é a mesma para diferentes unidades produtivas.

Para calcular a eficiência relativa de uma DMU, resolve-se o problema *dual*, modelo que pode ser descrito para no caso de retornos constantes à escala (CCR), de acordo com a notação de Coelli (1996), da seguinte maneira:

$$\text{Min } \theta, \lambda \quad (\text{M3})$$

sujeito a:

$$-y + Y\lambda \geq 0$$

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

onde:

y = produto do modelo sob análise;

x = insumo do modelo sob análise;

X = matriz de insumos $K \times N$;

Y = matriz de produtos $M \times N$;
 θ = é uma escalar que multiplica os vetores dos insumos;
 λ = é um vetor de constantes $N \times 1$ que multiplica a matriz de insumos e produtos; e
 N = número de DMU's.

O modelo *dual* permite a análise da eficiência relativa fornecida nos casos em que existam folgas (*slacks*) ou reduções não radiais nos insumos. Para que uma DMU seja considerada tecnicamente eficiente, θ será igual a um, e as folgas iguais a zero. O problema linear deve ser resolvido N vezes obtendo-se para cada iteração a eficiência relativa de cada DMU.

Banker et al. (1984), desenvolveram importante extensão do modelo DEA com retornos constantes à escala (RCE). Os autores modificaram o programa linear de maneira a incorporar uma restrição a convexidade ($NI' \lambda = 1$), permitindo a análise de rendimentos variáveis à escala (RVE). O modelo é descrito da seguinte maneira:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta \tag{M4}$$

sujeito a:

$$-y + Y\lambda \geq 0$$

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0$$

$$NI' \lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0$$

onde:

NI = vetor unitário.

Esta modificação permitiu a decomposição da eficiência técnica em duas: a eficiência técnica pura e a eficiência de escala. Para tal, devemos resolver o problema linear através dos dois modelos (M3 e M4) descritos, e se houver uma diferença entre as duas soluções em uma DMU em particular, significa que a DMU, possui ineficiência de escala, e o valor da ineficiência é a razão entre os valores encontrados nos modelos RCE e RVE.

A eficiência técnica pura coincide com a solução para o modelo RVE. A ineficiência de escala origina-se da produção em nível deficiente de escala. O nível ótimo de escala é considerado o que é obtido nas comparações com as firmas eficientes (RCE = 1). A eficiência técnica global é o produto das duas eficiências (técnica pura e escala), e sua medição coincide com o modelo RCE.

O modelo DEA pode ter duas orientações. Realizando a otimização na combinação de insumos (modelo insumo orientado) para a produção de produtos, ou realizando a otimização para produção de produtos (modelo produto orientado), diferenças e detalhes da metodologia podem ser vistos em Cooper et al. (2006).

A interpretação das ineficiências depende do modelo ser insumo ou produto orientado. O primeiro, nos permite conhecer qual a proporção de insumos que foram transformados em produtos nas diferentes DMU's. O segundo visão, permite inferir o quanto foi incremento de produto em todos os DMU's eficientes. Um indicador interessante que visa diferenciar a ineficiência de escala de uma DMU, pode ser calculado visando verificar se a DMU esta operando com retornos decrescentes à escala (RNC) ou numa área de retornos crescentes em escala (RND). Para tal devemos substituir a restrição $NI'\lambda = 1$ por $NI'\lambda \leq 1$. Desta forma, incorpora-se nas restrições, a impossibilidade de rendimentos crescentes a escala, se o novo valor obtido ao executar a análise for igual ao obtido no modelo RVE, significa que a DMU esta operando no setor das curvas de rendimentos decrescentes a escala. Se o contrário ocorrer, significa que a DMU, esta operando no setor de rendimentos crescentes a escala. Logicamente as DMU's nas quais os resultados dos modelos RVE e RCE são iguais possuem escala ótima e não são consideradas nesta classificação.

Os dados de cada produtor levantados *in loco*, foram considerados uma DMU, sendo as variáveis de input, quantidade de ovinos - QuantOv, quantidade de bovinos - QuanBov,. E a variável output, receita total anual com produtos de origem animal - Recprodoani. A modelagem DEA utilizada foi de orientação produto com retornos constantes a escala (RCE) e com retornos variáveis a escala (RVE), de acordo com o descrito por Cooper et al. (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, os totais e percentuais dos produtores, em relação ao retorno constante (RCE), e variáveis (RVE), e a eficiência de escala. Sob a pressuposição de retornos constantes de escala, verificou-se que, da amostra total de 254 produtores, apenas 2 obtiveram máxima eficiência técnica. O nível médio de ineficiência técnica foi de 90,28%, com direcionamento de produto (output). O que significa que os produtores poderão, em média, aumentar até 90,28% sua renda com a melhor combinação na produção de ovinos/bovinos nos sistemas de produção dos pequenos produtores. O modelo RVE cuja medida de eficiência técnica média foi de 23,65%, e que apenas 8 produtores obtiveram medida de eficiência igual a um. Ou seja são modelos de eficiência para o conjunto de produtores analisados. Isto significa que, dos 8 produtores com eficiência técnica igual a um, no modelo com retornos variáveis, apenas 2 deles são igualmente eficientes, no modelo com retornos constantes.

A medida de Eficiência de Escala é obtida pela razão entre as medidas de eficiência técnica dos modelos com retornos constantes e com retornos variáveis. Se essa razão for igual

a um, o produtor estará operando na escala ótima. Se for menor que um o produtor será tecnicamente ineficiente, pois não estará operando na escala ótima.

Tabela 1 – Número e percentuais de produtores classificados de acordo com relação ao retorno constante (RCE), e retorno variáveis (RVE), e a eficiência de escala.

Eficiência	Números e Percentuais de Produtores		
	RCE	RVE	Eficiência de Escala
$E < 0,1$	182 (71,65%)	85 (33,46%)	8 (3,15%)
$0,1 \leq E < 0,2$	48 (18,90%)	66 (25,98%)	29 (11,42%)
$0,2 \leq E < 0,3$	10 (3,94%)	30 (11,81%)	48 (18,90%)
$0,3 \leq E < 0,4$	5 (1,97%)	33 (12,99%)	37 (14,57%)
$0,4 \leq E < 0,5$	3 (1,18%)	12 (4,72%)	34 (13,39%)
$0,5 \leq E < 0,6$	2 (0,79%)	5 (1,97%)	23 (9,06%)
$0,6 \leq E < 0,7$	1 (0,39%)	7 (2,76%)	18 (7,09%)
$0,7 \leq E < 0,8$	1 (0,39%)	2 (0,79%)	19 (7,48%)
$0,8 \leq E < 0,9$	0	5 (1,96%)	16 (6,30%)
$0,9 \leq E < 1,0$	0	1(0,39%)	18 (7,09%)
$E = 1,0$	2 (0,79%)	8 (3,14%)	4 (1,57%)
Total	254	254	254
	<u>Medidas de Eficiência</u>		
Média	9,72	23,65	46,96
Desvio-padrão	12,92	23,10	26,37
Coefficiente de variação	1,33	0,98	0,56

Para detectar se a natureza das ineficiências de escala são devidas ao fato do produtor operar na faixa de retornos crescentes ou na faixa de retornos decrescentes foi imposto a restrição de retornos não crescentes de escala. Se o valor da medida de eficiência encontrado nesse modelo for igual ao valor detectado no modelo com retorno variáveis, então o produtor encontra-se na faixa de retorno decrescente a escala, ou seja, está operando acima da escala ótima. Do contrário, o produtor situa-se na faixa de retornos crescentes. Na Tabela 2, mostra-se o resultado do número de produtores segundo o tipo do retorno.

Tabela 2 - Número e distribuição dos produtores de Tauá - CE, segundo o tipo de retorno.

Tipo de Retorno	Eficientes	Ineficientes	Total
Crescente	0	230	230
Constante	2	0	2
Decrescente	2	20	22
Total	4	250	254

Claramente observamos que a grande maioria dos produtores operam na faixa de retorno crescente, e são ineficientes. Ou seja, 90% dos produtores estão trabalhando abaixo da escala ótima com utilização de muito 'input' e alcançando pouco 'output', o que direciona a

exclusão dos produtores como consequência da falta de uso de tecnologia, das imperfeições de mercado, e das políticas públicas que discriminam a pequena produção. Para aumentar a eficiência técnica, e a chegar a escala ótima é necessário aumentar a produção, porém esse aumento deve ocorrer com balanço entre as quantidades utilizadas de 'input' e o volume de 'output'.

De acordo com Ferreira e Gomes (2009) o progresso tecnológico é uma das poucas soluções viáveis para impedir a ineficiência na produção resultante da tentativa de aumentar a produção. A tecnologia é conhecimento criado pela pesquisa e desenvolvido pelos produtores em sistema de produção. De acordo com Alves et al. (2012), poucos estabelecimentos foram capazes de fazer essa organização, seja porque contaram com assistência técnica especializada, seja porque seus administradores eram competentes nessa especialização. Porém não ocorreu o mesmo com milhões de estabelecimentos. À pesquisa, no caso da agricultura familiar, em conjunto com a assistência técnica e extensão rural, cabe organizar os sistemas de produção, tendo como critério de organização a compreensão dos agricultores e a lucratividade.

Por outro lado, Silva e Costa (2014) enfatizam que qualquer proposta de reestruturação dos estabelecimentos rurais de menor porte econômico do Semiárido a partir da adoção de pacotes tecnológicos, que não levarem em consideração, por exemplo, a salinização dos solos, a desertificação de áreas, o desaparecimento de espécies nativas, escolaridade dos produtores, etc., aspectos típicos do Bioma, que se não forem considerados, levarão à inadequação tecnológica desses pacotes.

Apesar das condições favoráveis ao criatório, o sistema de produção de ovino e caprino, na região é desenvolvida de maneira extensiva, caracterizando-se por alimentação deficiente, manejo e profilaxia inadequados, o que resulta em baixa produtividade, baixo desfrute e, em consequência, insatisfatórios resultados econômico-financeiros. O que direciona ao subdesenvolvimento da cadeia produtiva, sendo a atividade caracterizada pela prevalência de arranjos produtivos pouco organizados, incapazes de gerar competitividade para o sistema agroindustrial da ovinocultura (SOUZA et al., 2014).

CONCLUSÕES

O sistema de produção dos ovinocaprinocultores de Tauá-CE apresentam em sua maioria ineficiência de escala, e operam na faixa de retornos crescentes. Há amplo espaço para o desenvolvimento tecnológico dos sistemas de produção. Em paralelo, políticas públicas, ajustadas às peculiaridades locais, devem ser desenvolvidas para organização da produção e desenvolvimento tecnológico da região.

REFERÊNCIAS

- ABREU, U. G. P. et al. Perfil Tecnológico dos Produtores de Ovinos e Caprinos: tipologia dos sistemas de produção. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 8., Sinop. Anais...Sinop:UFMT, 2016. 1 CD-ROM
- ALVES, E. et al. Um modelo de produção para a agricultura brasileira e a importância da pesquisa da Embrapa. Revista de Política Agrícola, ano 21, v.4, p 35-59, 2012.
- BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- CAMPOS, R. T.; CAMPOS, K. C. Diagnóstico técnico-econômico da ovinocaprinocultura no estado do Ceará. Teoria e Evidência Econômica - Ano 19, n. 40, p. 126-152, jan./jun. 2013.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. European Journal of Operational Research, v. 2, p. 429-444, 1978.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. Introduction to data envelopment analysis and its uses with DEA-Solver software and references. 1. ed. Springer: New York, 2006. 354p
- EMROUZNEJAD, A.; YANG, G. A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978-2016. Socio-Economic Planning Sciences, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038012117300174>>. Acesso em 07 abr. 2017.
- FERREIRA, C. M. de C; GOMES, A. P. Introdução à análise envoltória de dados. Teoria, modelos e aplicações. 1. ed. UFV: Viçosa-MG , 2009. 389p
- GOMES, E. G. Uso de modelos DEA em agricultura: revisão da literatura. Engevista, v. 10, n. 1, p. 27-51, 2008.
- SILVA, A. G. da; COSTA, F. B. Os estabelecimentos rurais de menor porte econômico do Semiárido nordestino frente as novas tendências da agropecuária brasileira. In: BUAINAIN, M; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M. da; NAVARRO, Z. (Ed.) O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola. Brasília, Embrapa, 2014. p.945-978.
- SOUZA, J. D. F. de; BELCHIOR, E.B.; RASI, L.; SOUZA, O. R. G. de. Caracterização da cadeia produtiva da carne ovina em Tauá (CE) In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 52. Goiânia. Anais...Goiânia: UFG,2014. 1 CD-ROM