

# EFICIÊNCIA TÉCNICA NA TILAPICULTURA DO RESERVATÓRIO DE TRÊS MARIAS/MG: PRINCIPAIS FATORES CONDICIONANTES

Omar Jorge Sabbag<sup>1\*</sup>

Silvia Maria Almeida Lima Costa<sup>2</sup>

## RESUMO

Na aquicultura nacional, a tilápia é responsável pela maior proporção das espécies produzidas no Brasil, com alta demanda de mercado e mesmo para os produtores mais simples, o cultivo é comercial e não de subsistência. Objetivou-se analisar a eficiência técnica de piscicultores do reservatório de Três Marias, localizados em Morada Nova de Minas/MG, bem como investigar algumas possíveis variáveis que afetam a sua eficiência. Metodologicamente, para mensurar os escores de eficiência, utilizou-se a técnica não paramétrica de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* ou DEA), com o auxílio do *software DEAP 2.1*, para quatro *inputs* (tamanho da área, mão de obra, salário e custo de produção) e um *output* (produção mensal), com orientação *input*. Já para encontrar as variáveis explicativas da eficiência, empregou-se o modelo econométrico Tobit. Os resultados apontaram que 67% das propriedades atingiram eficiência máxima, com 84,2% de eficiência média global. Quanto aos retornos de escala ineficientes, 33% foram crescentes, podendo expandir a produção obtida. Características como experiência na atividade e tecnologia tendem a elevar a eficiência; a baixa capacitação na atividade e ausência de organização coletiva foram apontados como fatores que influenciam de maneira negativa nos escores. Conclui-se que a ineficiência apontada na piscicultura da região pode ser elevada com melhoria no manejo e capacitação gerencial direcionada aos piscicultores.

**Palavras-Chave:** análise envoltória de dados, desempenho, desenvolvimento regional, tilápia.

## INTRODUÇÃO

A produção brasileira de tilápia foi de 357.639 toneladas em 2017, destacando o país entre os quatro maiores produtores do mundo, atrás da China, Indonésia e Egito (PEIXE BR, 2018).

Por outro lado, a atividade no cultivo de tilápias pode ser decorrente de um reduzido nível de eficiência, podendo refletir na elevação de custos e, conseqüentemente, redução da competitividade para um mercado promissor. Assim, mensurar desempenho propicia condições de melhoria da atividade, no tocante às mudanças operacionais

---

<sup>1\*</sup> Engenheiro Agrônomo, Docente do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócioeconomia (DFTASE) – FEIS/UNESP- campus de Ilha Solteira. E-mail: [sabbag@agr.feis.unesp.br](mailto:sabbag@agr.feis.unesp.br)

<sup>2</sup> Engenheira Agrônoma, Docente do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócioeconomia (DFTASE) – FEIS/UNESP- campus de Ilha Solteira. E-mail: [smalcost@agr.feis.unesp.br](mailto:smalcost@agr.feis.unesp.br)

relativas aos sistemas produtivos e aos mercados, principalmente no que concerne à natureza mutável da competição e a criação de valor para o cliente (MACEDO, 2004).

No ambiente produtivo, deve-se ampliar o conceito de gestão nas propriedades piscícolas, não limitado apenas ao controle de custos e ganhos de uma atividade. Neste sentido, é fundamental otimizar algumas atividades no processo de produção, tais como a uniformização de processos, inferindo na importância de avaliar a eficiência nos sistemas produtivos aquícolas.

Gomes et al. (2003) inferem que a averiguação da eficiência em unidades produtoras exerce papel fundamental para fins estratégicos, permitindo a comparação de unidades produtoras; para planejamento, por meio da apreciação dos resultados da utilização de combinação de fatores distintos; e para tomada de decisão, como uma maneira de aprimorar o desempenho efetivo.

No presente trabalho, de acordo com Gomes (1999), a determinação de fronteira eficiente de produção foi feita mediante a técnica *Data Envelopment Analysis* (DEA) ou análise envoltória de dados, sendo uma abordagem não-paramétrica de programação matemática, como alternativa aos métodos estatísticos convencionais, para estimação da eficiência relativa de unidades produtivas.

De acordo com Macedo (2007), esta análise propõe uma nova percepção sobre a performance de unidades produtivas, que não se encontram disponíveis aos piscicultores e outras instituições ligadas ao agronegócio através das metodologias tradicionais de análise monocriteriais, servindo como instrumento gerencial para melhoria dos objetivos e desempenho organizacional.

A importância dos estudos de eficiência é também reforçada por Pindyck e Rubinfeld (2006), no sentido de definir padrões relacionados com gestão e melhoria na competitividade. Sob a ótica econômica, a eficiência refere-se à alocação ótima dos recursos e à ausência de desperdícios, ou seja, a capacidade que uma firma possui de combinar as proporções ótimas de recursos que a possibilite obter maior volume de produto.

O conceito de eficiência descreve o desempenho de uma unidade produtiva. De maneira geral, Gomes, Soares de Mello e Biondi (2003) inferem que avaliações de produtividade e eficiência são muito focadas apenas na produtividade como indicador, entretanto podem ser equivocadas por não considerarem outros recursos para a medida de eficiência, como mão de obra e insumos, variáveis relevantes para um ambiente produtivo.

Dessa forma, torna-se relevante examinar a eficiência técnica dos piscicultores diagnosticados, encontrando as unidades produtoras eficientes que podem servir como referências por aquelas com escores de eficiências inferiores à unidade.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo efetuar uma análise da eficiência do polo produtor de tilápias da região de Três Marias/MG. Especificamente, pretendeu-se mensurar a eficiência técnica por meio da análise DEA, bem como identificar os principais fatores determinantes da eficiência, por meio da análise Tobit.

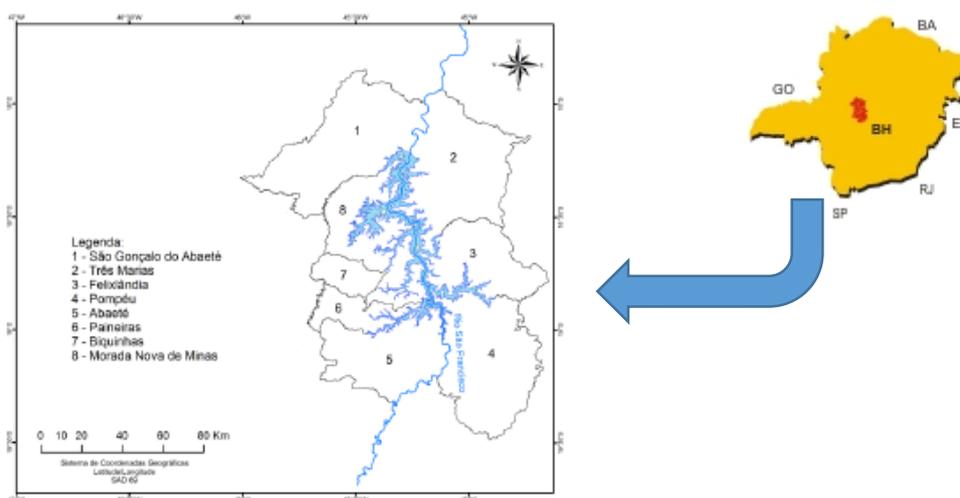
## REVISÃO DE LITERATURA

### Produção piscícola em Três Marias/MG e análise de eficiência

A piscicultura de Minas Gerais tem forte expressividade na produção de tilápias, representando mais de 95% do total de espécies produzidas em tanques-redes nos três principais reservatórios da União: represa de Três Marias, Furnas e região do Triângulo Mineiro (PEIXE BR, 2018), destacando um salto de 26,1% no período 2016-2017, passando de 23.000 toneladas para 29.000 toneladas.

Mais precisamente na região correspondente ao reservatório de Três Marias (Figura 1), existem oito municípios que margeiam o Reservatório, a ocupação do solo na região se dá em maior destaque com reflorestamento industrial com produção de carvão, agricultura irrigada com destaque ao sistema de pivô central, pastagem de bovino leiteiro e de corte, pesca artesanal, pesca profissional e piscicultura (CODEVASF, 2017).

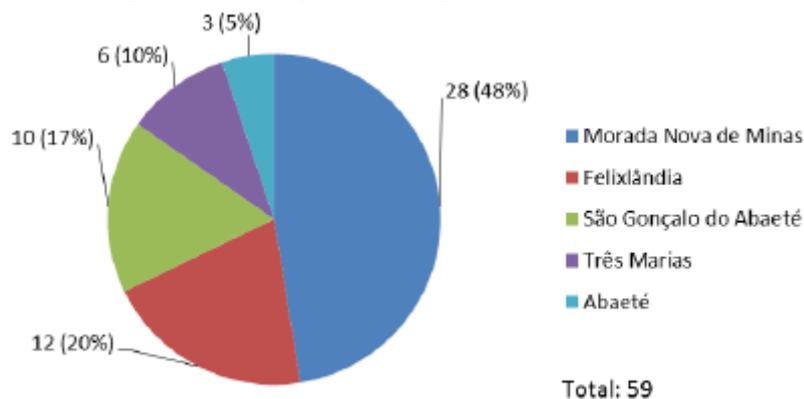
Figura 1. Localização do reservatório Três Marias em Minas Gerais.



Fonte: CODEVASF, 2017.

As pisciculturas estão distribuídas em cinco municípios do entorno do Reservatório de Três Marias, com destaque para Morada Nova de Minas/MG, que em 2017 apresentou 48% das pisciculturas existentes na região (Figura 2). Destaca-se que a produção anual em 2017 para o referido município representou mais de 75% da produção total do Reservatório, ficando mais um ano à frente dos demais municípios.

Figura 2. Número de pisciculturas por município no reservatório de Três Marias/MG.



Fonte: CODEVASF, 2017.

Madalozzo (2003) retrata que produtores que tiverem a visão da importância da gestão aplicada aos recursos produtivos obterão maiores possibilidades de obter, além de produtividade mais alta, uma maior rentabilidade. Desta forma, os produtores devem combinar os principais fatores de produção, como terra, capital e mão de obra.

De acordo com Tupy e Yamaguchi (2002), o emprego de modelos DEA em agropecuária pode apoiar as decisões de quem produz, ao indicar as fontes de ineficiência e as unidades que podem servir de referência às práticas adotadas (*benchmarks*).

Com maior especificidade à produção de tilápias, Sabbag e Costa (2015) analisaram o desempenho de sistemas de produção na região de Ilha Solteira/SP, com inferências sobre o grau de eficiência produtiva e observaram os desperdícios de insumos de produção, fator que explica, em maior proporcionalidade, a ineficiência das unidades analisadas, frente à contribuição de cada insumo nos sistemas de produção em tanques redes.

É imprescindível que os produtores sejam capazes de gerenciar bem suas relações na cadeia produtiva. Na maioria das vezes, os piscicultores não têm seus maiores problemas nas técnicas produtivas, sendo os obstáculos residirem no conhecimento dos mercados, nas formas de relação entre os agentes, na negociação e em práticas gerenciais (BATALHA; BUAINAIN; SOUZA FILHO, 2005).

Desta forma, para medir a eficiência na região de Três Marias/MG, apontada como um dos principais polos produtores do país, é preciso identificar quais os itens a considerar (aqueles que melhor representam o desempenho da atividade), e quais ferramentas serão utilizadas, tendo esses itens como parâmetros na busca pela identificação do grau de eficiência em que cada unidade produtiva apresenta.

## MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida com amostragem do tipo intencional, sendo escolhida por um conjunto de unidades piscícolas que exploram a atividade na região de Três Marias/MG (Figura 1), durante o 1º semestre de 2018. Segundo Marconi e Lakatos (2003), por meio da observação direta, foram aplicados formulários com questões relacionadas ao objeto de investigação, que foram devidamente respondidas *in loco*. O trabalho abordou um método quantitativo de pesquisa descritiva e exploratória, através de observações, registros e análise de dados para a temática em questão.

Figura 1. Unidades piscícolas da região de Três Marias/MG, 2018.



Fonte: dados da pesquisa.

Na presente pesquisa, trabalhou-se com cinco variáveis *input-output* correspondentes aos principais fatores de produção, com abordagem de nove unidades piscícolas (sistema de produção em tanques-rede). Procurou-se ainda preservar certa homogeneidade entre as unidades de análise, por utilizarem insumos semelhantes para produzirem os mesmos produtos e terem certa autonomia na tomada de decisão, encaixando-se perfeitamente nas definições de DMU's (*decision making units* ou unidades tomadoras de decisão) a serem analisadas pela técnica DEA.

O trabalho pautou-se em uma caracterização de medida de eficiência. O critério de decisão foi orientado por um único indicador, construído a partir de abordagens de desempenho diferentes (análise multicriterial), facilitando o processo decisório. O referencial adotado se utiliza apenas da medida de eficiência do DEA, por meio de um método não paramétrico, com o auxílio do *software* DEAP 2.1 (*Data Envelopment Analysis Program*), apresentado por Coelli (1996).

Destaca-se que a análise DEA foi proposta inicialmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), para avaliação de unidades homogêneas no processo de tomada de decisão. Segundo Gomes e Mangabeira (2004), a abordagem por DEA utiliza programação linear matemática para estimar a fronteira eficiente, sendo capaz de incorporar diversos *inputs* (fatores de produção, como capital, trabalho) e *outputs* (saídas, como produção obtida) para o cálculo da eficiência destas DMU's.

Assim, foi aplicado o modelo CCR (Retorno Constante à Escala) que avalia a eficiência total das unidades piscícolas, identificando as DMU's eficientes e ineficientes, assumindo a proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. De forma complementar, o modelo BCC (Retorno Variável à Escala) considera retornos variáveis de escala, isto é, substitui o axioma da proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* pelo axioma da convexidade, permitindo que DMU's que operam com baixos valores de *inputs* tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes de escala (MELO et al., 2005).

Por meio do uso da programação linear matemática, para cada DMU obtém-se a proporção de todos os produtos em relação a todos os insumos, tal como,  $u'y_i/v'x_i$ , onde  $u$  é um vetor  $M \times 1$  de pesos de produtos ( $y_i$ ) e  $v$  é um vetor  $K \times 1$  de pesos dos insumos ( $x_i$ ). Para estimar os pesos ótimos especifica-se o problema de programação linear como:

$$\begin{aligned} & \text{Max } (u'y_i / v'x_i), \text{ sujeito a} \\ & u'y_j / v'x_j \leq 1, j=1,2,\dots,N, \text{ em que } u, v \geq 0 \text{ e } v'x_i > 0 \end{aligned}$$

Isto envolve obter valores para  $u$  e  $v$ , tais que, a medida de eficiência da  $i$ -ésima DMU seja maximizada, sujeita à restrição de que todas as medidas de eficiência sejam menores ou iguais a 1. Um problema com este tipo particular de proporção é que ele tem um número infinito de soluções. Para evitar isto, pode-se impor a restrição  $v'x_i=1$ , que recorre a:

$$\begin{aligned} & \text{Max } u, v (\mu'y), \text{ sujeito a } v'x_i=1, \\ & \mu'y_j - v'x_j \leq 0, j=1,2,\dots,N, \text{ em que } u, v \geq 0 \end{aligned}$$

A mudança de notação de  $u$  e  $v$  para  $\mu$  e  $\nu$  reflete a transformação. Esta forma é conhecida como a forma do multiplicador do problema de programação linear. Desta forma, pode-se chegar a um modelo dual da formulação linearizada (forma envelope) da seguinte forma, para o modelo CCR:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta \\ & \text{sujeito a:} \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0; \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0; \text{ e } \lambda \geq 0. \end{aligned}$$

Desta forma,  $\theta$  é um escalar (escore de eficiência da orientação insumo), cujo valor é a medida de eficiência da  $i$ -ésima DMU. Se for igual a um, a DMU será eficiente; caso contrário, ineficiente. O  $\lambda$  é um vetor ( $n \times 1$ ), cujos valores são calculados de maneira que se obtenha a solução ótima. Para uma unidade piscícola eficiente, os valores são iguais a zero; para um ineficiente, indica os pesos dos produtores que são *benchmarks* (GOMES, 1999).

Adicionalmente, o modelo BCC inclui uma restrição ao CCR, de forma a determinar a eficiência de escala.

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta \\ & \text{sujeito a:} \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0; \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0; \\ & N_1' \lambda = 1; \text{ e } \lambda \geq 0. \end{aligned}$$

$N_1$  é um vetor ( $n \times 1$ ) de números uns, e que as demais variáveis já foram definidas anteriormente. Para utilizar ambos os modelos, serão necessários estabelecer duas matrizes de dados, uma contendo os insumos utilizados pelos piscicultores (matriz X) e outra relacionada com produto (matriz Y). Assim, utilizaram-se cinco variáveis, correspondentes aos insumos ( $k=4$ ), e uma relacionada com produtos ( $m=1$ ), sendo: Inputs: a) Tamanho das propriedades em ha, b) Número de pessoas envolvidas na atividade, c) Custo de Produção (R\$/Kg), d) Salários pagos na atividade (R\$) e Output: a) Quantidade produzida (t/ciclo).

Foi utilizada a orientação *input* (minimização de insumos disponíveis, sem alteração no nível de produção), de forma a reduzir no processo de gestão da atividade os gastos com insumos correspondentes aos principais fatores de produção, mantendo constante o produto. A orientação selecionada prioriza verificar se a produção obtida justifica a quantidade de recursos alocados.

Após a organização dos dados, a eficiência técnica foi decomposta em uma medida de pura eficiência e uma medida de eficiência de escala, pressupondo-se retornos variáveis, quando então são identificadas as faixas de retornos de escala em que os produtores estarão operando.

De acordo com Rodrigues et al. (2010), tal abordagem resulta na equação  $EE = ETRC/ETRV$ , em que EE é a medida de eficiência de escala; ETRC é a medida de eficiência técnica no modelo com retornos constantes, e ETRV é a medida de eficiência técnica no modelo com retornos variáveis. Neste sentido, as ineficiências de escala tendem a ocorrer quando os piscicultores operam nas faixas de retornos crescentes ou decrescentes, ou seja, fora da escala de produção correta.

Finalmente, para a identificação de quais variáveis discriminam a variação da eficiência, foi utilizado o modelo econométrico Tobit, também utilizado por Conceição e Araújo (2000), o qual se aplica à obtenção da probabilidade de que uma observação pertença a um conjunto determinado, em função do comportamento das variáveis independentes. Segundo Greene (2012), o modelo Tobit padrão pode ser definido por:

$$\begin{aligned}
y_i^* &= \beta' x_i + \varepsilon_i \\
y_i &= y_i^* \text{ se } y_i^* > 0, \\
y_i &= 0, \text{ caso contrário}
\end{aligned}$$

em que é normalmente distribuído, com média zero e variância constante de  $\sigma^2$ , isto é,  $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ ;  $y_i^*$  é a variável-índice ou variável latente;  $y_i$  é escore DEA;  $x_i$  é o vetor das variáveis explicativas;  $\beta$  é o vetor dos parâmetros a serem estimados; e  $\varepsilon_i$  o termo de erro.

Assim, para Santos et al. (2009) tendo escore da DMU de eficiência igual a 1 transformado para zero, os escores menores que 1 tornam-se valores positivos. Portanto, a equação estimada revela quais as variáveis que reduzem a ineficiência.

Apesar do escore de eficiência possuir limite superior igual a um, Fethi, Jackson e Weyman-Jones (2000) indicam usar a truncagem em zero. Assim, o escore de eficiência da DEA é transformado e o valor truncado é concentrado em zero, expresso por  $y_i = (1/\theta) - 1$

Assim, a estimativa de parâmetros do modelo *Tobit* é geralmente feito por máxima verossimilhança, que fornece estimadores consistentes e assintoticamente eficientes para os parâmetros e variância. Diante disto, o modelo *Tobit* é estimado da seguinte forma:

$$\ln L = \sum_{y_i > 0} -\frac{1}{2} \left[ \ln(2\pi) + \ln \sigma^2 + \frac{(y_i - x'_i \beta)^2}{\sigma^2} \right] + \sum_{y_i = 0} \ln \left[ 1 - \Phi \left( \frac{x'_i \beta}{\sigma} \right) \right]$$

Com  $\gamma = \frac{\beta}{\sigma}$  e  $\theta = \frac{1}{\sigma}$  tem-se a seguinte função de log-verossimilhança:

$$\ln L = \sum_{y_i > 0} -\frac{1}{2} \left[ \ln(2\pi) - \ln \theta^2 + (\theta y_i - x'_i \gamma)^2 \right] + \sum_{y_i = 0} \ln \left[ 1 - \Phi(x'_i \gamma) \right]$$

Na determinação dos condicionantes da eficiência da tilapicultura para a região de Três Marias/MG, foi empregada como variável dependente (Y) os escores de eficiência contidos no modelo CCR. Já as variáveis explicativas (X) foram representadas por: Experiência na atividade, Capacitação, Organização Coletiva, Endividamento, Assistência Técnica e Tecnologia. Desta forma, foi empregado o software Gretl para encontrar os fatores explanatórios da eficiência, por meio do modelo de regressão Tobit (COTTRELL; LUCCHETTI, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis de estudo para a região de Três Marias/MG encontram-se na Tabela 1. A atividade da aquicultura na região do Reservatório, em particular a piscicultura de tilápia em tanques-rede, é uma atividade consolidada e com grande potencial de crescimento. Entretanto, o perfil dos piscicultores ainda é muito diversificado, existindo propriedades de vários portes, desde as grandes, com alta tecnologia empregada, até pequenas unidades, com produção praticamente artesanal.

Os resultados mostram que para tamanho de área tem-se uma média de 2,9 ha, variando entre 0,1 e 7 hectares, bem como uma amplitude de 5 colaboradores entre as unidades, inferindo que maiores áreas aliadas a um maior número de pessoas se associam a maiores produtividades, com amplitude de produção de até 10 vezes entre a mínima e a máxima produção entre as unidades piscícolas.

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis de estudo, Três Marias/MG, 2018.

Variáveis	Unidade	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Tamanho (Input 1)	hectares	2,85	2,13	0,1	7
Nº pessoas (Input 2)	Nº	5	2,34	3	8
Custo (Input 3)	R\$/kg	4,35	0,28	3,90	4,80
Salário (Input 4)	R\$/mês	1.693,33	170,51	1.400,00	2.000,00
Produtividade (Output1)	t/ciclo	30,55	17,11	6	60

Fonte: dados da pesquisa.

Desta forma, na Tabela 2 é possível inferir que os produtores da região de Três Marias/MG necessitam reduzir em média apenas 15,8% a utilização intensiva de seu conjunto de insumos, de forma a potencializar a produção, para o modelo CCR (constante de escala).

De acordo com Kassai (2002), este modelo CCR permite uma avaliação objetiva da eficiência global e identifica as fontes e estimativas das ineficiências identificadas. Neste contexto, 66,7% das unidades obtiveram 100% de eficiência, sendo *benchmarks* (unidades referenciais) para as demais. De forma geral, houve uma média de 84,2% de eficiência entre as unidades piscícolas.

De acordo com Gomes, Soares de Mello e Biondi (2003), indicadores como mão de obra e área de cultivo, sendo trabalhados de maneira otimizada, apresentam redução de custos no ciclo produtivo. Destaca-se que o modelo CCR admite a possibilidade de retornos constantes de escala, ou seja, se uma unidade avaliada aumentar os recursos em um dado nível, sua produção deverá aumentar na mesma proporção, assim como, se esta unidade diminuir os recursos, sua produção deverá reduzir na mesma proporção.

Já em relação ao modelo BCC na teoria da convexidade à curva de fronteira, este não apresentou alguma variação para o presente estudo, pressupondo-se assim aumentar a escala produtiva média na mesma magnitude, para que as unidades atinjam a escala ótima de produção.

Tabela 2. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos constantes, Três Marias/MG, 2018.

Estatísticas descritivas	Eficiência técnica		Eficiência de escala*
	CCR	BCC	
Mínimo	0,230	1,000	0,230
Máximo	1,000	1,000	1,000
Média	0,842	1,000	0,842
Desvio Padrão	0,270	-	0,270
Coef. Variação (%)	32,07	-	32,07

\* eficiência de escala = CCR, devido aos retornos variáveis de escala (BCC) não obterem variação em sua amplitude. Fonte: dados da pesquisa.

Na região de estudo, o sistema utilizado é o intensivo em tanques-rede, reforçando que de forma proporcional à utilização dos insumos, existe uma boa escala média de produção, em 84%. Por outro lado, as unidades com ineficiência de escala necessitam aumentar seus níveis de eficiência, por meio de manejo adequado no sistema produtivo, bem como à capacitação direcionada aos piscicultores, de forma a reduzirem os riscos da atividade.

Neste sentido, a compilação dos dados em *software* indicou que há uma predominância de retornos crescentes de escala para 33,3% das unidades piscícolas, evidenciando que dado o conjunto de insumos utilizados no ciclo, podem expandir a produção obtida, limitada em 60 t/ciclo, para uma média de 30,5 toneladas entre as propriedades consideradas.

Com o propósito de testar estatisticamente os efeitos de algumas variáveis que podem influenciar a eficiência dos piscicultores da região de Três Marias/MG, a Tabela 3 apresenta a estimação do modelo Tobit. Destaca-se que este modelo é utilizado nos casos em que a variável dependente (eficiência CCR) está compreendida entre determinados valores ou concentrada em pontos iguais a um valor-limite (FERREIRA, 2005).

Observa-se que a maior parte das variáveis consideradas no modelo mostraram-se estatisticamente significativas. Avaliando-se a experiência média para a região em torno de 5 anos com até 12 anos na atividade, pressupõe-se que maior tempo na atividade propicia melhoria no conhecimento do ambiente produtivo. Da mesma forma, no tocante à capacitação, Olinger (2010) infere que os processos educativos, mediante a troca permanente de informações entre profissionais e produtores, constituem em verdadeiro intercâmbio de culturas e devem ser parte integrante e indissociável da extensão rural.

A variável organização coletiva foi significativa e negativa a 10%, inferindo que a não participação em arranjos organizacionais como associações e/ou cooperativas tendem a limitar a eficiência em seus sistemas produtivos. Vale destacar que no município de Morada Nova de Minas/MG existe uma cooperativa (COOPEIXE) com 45 participantes, com objetivos de obter avanços e melhorias na atividade, e que processa 3 t/dia para diferentes praças de comercialização, dentre as quais Belo Horizonte/MG, Sete Lagoas/MG e Brasília/DF.

Entretanto, as variáveis assistência técnica e nível de endividamento mostraram-se nível de significância positivas, destacando-se que o acompanhamento na atividade por técnicos e ausência de dívidas são fatores contributivos à melhoria da eficiência. Por outro lado, a tecnologia mesmo não sendo significativa, pelo fato dos produtores abordados possuírem a disponibilidade de alguns equipamentos em seus sistemas de cultivo, reflete em si para uma melhoria do fator produtividade na tilapicultura.

Tabela 3. Resultados do modelo Tobit aplicados às variáveis explicativas de eficiência das unidades piscícolas, Três Marias/MG, 2018.

Variáveis	Coefficiente	Erro Padrão	z
Experiência	0.0213797**	0.0107706	1.9850
Capacitação	-0.79138***	0.0131583	-60.1428
Organização Coletiva	-0.325149***	0.0718129	-4.5277
Endividamento	0.322779***	0.0824788	3.9135
Assistência	0.248538***	0.0907788	2.7378
Tecnologia	0.0347419 <sup>ns</sup>	0.069437	0.5003
Constante	0.863705***	0.200075	4.3169

Nota: ns – não significativa; \*\*\* - significância a 10%, \*\* - significância a 5%

Fonte: dados da pesquisa.

A empresa de assistência técnica e extensão rural do Estado de Minas Gerais atende aos piscicultores do entorno do reservatório de Três Marias/MG, encaminhando aos mesmos a devida orientação dos técnicos da empresa. Neste sentido, o apoio vai desde os trabalhos de legalização da atividade até assistência técnica e orientação na parte de produção para produtores individualizados, familiares e organizados, através de associações (EMATER, 2015).

Vale reforçar que a aquicultura na região do Reservatório de Três Marias é uma atividade consolidada e com grande potencial de crescimento. Observa-se um crescimento altamente significativo na produção anual em relação ao ano de 2016 comparativamente a 2017 na ordem de 42,2%, o que indica que mesmo com a diminuição do número de pisciculturas, as que existem atualmente estão investindo fortemente no aumento da produção, com boas prospecções para os próximos anos (CODEVASF, 2017).

## CONCLUSÕES

Os empreendimentos piscícolas da região demonstram que os produtores eficientes são aqueles que conseguem produzir mais com uma menor quantidade de insumos. Assim, algumas propriedades com ineficiência de escala devem otimizar a produção para uma melhor gestão da atividade.

No que tange às variáveis explicativas que podem afetar a eficiência dos piscicultores da região de Três Marias/MG, algumas variáveis que podem influenciar negativamente foram capacitação e organização coletiva (na falta destes); por outro lado, experiência na atividade, ausência de endividamento e assistência técnica representam variáveis de influência positiva para a atividade no tocante à eficiência produtiva.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo), pelo apoio neste trabalho, através do auxílio à pesquisa vigente.

## REFERÊNCIAS

BATALHA, M. O.; BUAINAIN, A. M.; SOUZA FILHO, H. M. **Tecnologia de gestão e agricultura familiar**. In: SOUZA FILHO, H. M.; BATALHA, M. O. (Orgs.). *Gestão integrada a agricultura familiar*. São Carlos: Edufscar, 2005.

CHARNES, A., COOPER, W.W; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v.2, 1978, p.429-444. **A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis program**. Armidale, Austrália: University of New England. 1996, 49 p. (CEPA Working Papers, 08/96).

CODEVASF. **Relatório sobre o censo aquícola do reservatório de Três Marias/MG**, 2017. 20 p.

- COELLI, T. J. **A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis program**. Armidale, Austrália: University of New England. 1996, 49 p. (CEPA Working Papers, 08/96).
- CONCEIÇÃO, J.C.P.R.; ARAÚJO, P.F.C. Fronteira de produção estocástica e eficiência técnica na agricultura. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 38, n. 1, 2000, p. 45-64.
- COTTRELL, A; LUCHETTI, R. **Gretl User's Guide**. 2013. Disponível em: <<http://ricardo.ecn.wfu.edu/pub/gretl/manual/en/gretl-guide.pdf>>. Acesso em: 06 Jan 2016.
- EMATER. **Sudoeste de Minas é polo de produção de tilápia**. 2015. Disponível em: <<https://g37.com.br/c/estadual/sudoeste-de-minas-e-polo-de-producao-de-tilapia>>. Acesso em: 22 Mai 2018.
- FERREIRA, M. **Eficiência técnica e de escala de cooperativas e sociedade de capital na indústria de laticínios do Brasil**. Viçosa, MG: UFV, IMPRENSA Universitária, 2005, 177p.
- FETHI, M. D.; JACKSON, P. M.; WEYMAN-JONES, T. G. Measuring the Efficiency of European Airlines: An Application of DEA and *Tobit* Analysis. In: **Annual Meeting of the European Public Choice Society**, Siena, Italy, 2000. 32 p.
- GOMES, A. P. **Impactos das transformações da produção de leite no número de produtores e requerimentos de mão de obra e capital**. 1999. 161 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- GOMES, E. G. E MANGABEIRA, J. A. C. Uso de Análise Envoltória de Dados em Agricultura: o caso de Holambra. **Engevista**. v. 6, n. 1, 2004, p. 19-27.
- GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; BIONDI, L. N. **Avaliação de Eficiência por Análise de Envoltória de Dados: conceitos, aplicações à agricultura e integração com sistemas de informação geográfica**. - Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003. 39 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 28).
- GREENE, W.H. **Econometric analysis**. 5. ed. Londres: Prentice-Hall, 2012.
- KASSAI, S. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. 2002. 318 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- MACEDO, M. A. S. Indicadores de Desempenho: uma contribuição para o monitoramento estratégico através do uso de análise envoltória de dados (DEA). In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 7, São Paulo. **Anais do VII SIMPOI**. São Paulo: FGV-SP, 2004.
- MACEDO, M. A. S, STEFFANELLO, M.; OLIVEIRA, C. A. Eficiência combinada dos fatores de produção: aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA) à produção leiteira. **Revista Custos e Agronegócios on line**. v. 3, n. 2, 2007, p.59-86.
- MADALOZZO, I. A. **A utilização de recursos e capacidades na gestão de propriedades rurais em diferentes faixas de lucratividade: uma abordagem sistêmica**. 2003. 163 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L.A; GOMES, E.G; NETO, L.B. **Curso de análise de envoltória de dados**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Pesquisa Operacional e o Desenvolvimento Sustentável. Gramado/RS, 2005.
- OLINGER, G. **Extensão Rural**: definição, filosofia e princípios. Florianópolis: Secretaria de Estado da Agricultura do Estado de Santa Catarina, 2010, 5 p.
- PEIXE BR. **Anuário brasileiro da piscicultura**. 2018. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura, 138 p.
- PINDYCK, R. RUBINFELD, D. **Microeconomia**. 6ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. p. 641.
- RODRIGUES, M.H.S; SOUZA, M.P.; GONÇALVES, R.M.L; RIVA, F.R; SOUZA, D.B. **Análise de eficiência dos produtores de leite do município de Rolim de Moura no estado de Rondônia**. Campo Grande/MS. 48º Congresso da SOBER, 2010. Disponível em <[HTTP//www.sober.org.br/palestra/15/949.pdf](http://www.sober.org.br/palestra/15/949.pdf)>. Acesso em: 22 Abril 2016.
- SABBAG, O.J; COSTA, S.M.A.L. Eficiência técnica da produção de tilápias em Ilha Solteira, SP: uma análise não paramétrica. **Boletim da Indústria Animal**, v.72, n.2, 2015, p.155-162.
- SANTOS, V. F.; VIEIRA, W. C.; RUFINO, J. L. S.; LIMA, J. R. F. Análise da eficiência técnica de talhões de café irrigados e não-irrigados em Minas Gerais: 2004-2006. **Revista Economia e Sociologia Rural**. v.47, n.3, 2009, p. 677-698.
- TUPY, O.; YAMAGUCHI, L.C.T. Identificando benchmarks na produção de leite. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 40, n. 1, p. 81-96, 2002.