AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

CARACTERÍSTICAS DA TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DA PESCA ARTESANAL EM CABO VERDE

ANTÓNIO JOSE MEDINA DOS SANTOS BAPTISTA; ADRIANO PROVEZANO GOMES; CRISTIANE MÁRCIA SANTOS;

UNIVERSIDADE JEAN PIAGET DE CABO VERDE

PRAIA - ZZ - PORTUGAL

tozecv@hotmail.com

APRESENTAÇÃO COM PRESENÇA DE DEBATEDOR

AGRICULTURA, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Características da tecnologia de produção da pesca artesanal em cabo verde

Grupo de Pesquisa: Agricultura, meio ambiente e desenvolvimento sustentável

1. Introdução

Os recursos pesqueiros, como sendo naturais, renováveis, de propriedade comum e de livre acesso, são explorados em níveis próximos do limite de esgotamento, porque os pescadores adotam a política de capturar a máxima quantidade possível.

Os produtores sempre buscam a máxima quantidade de pescado, entretanto, devido a restrições tecnológicas, disponibilidade de recursos, informação imperfeita, ineficiências etc, muitas vezes esse intento não é alcançado.

Ciente dessa situação, os governos têm adotado políticas de gestão de recursos pesqueiros. Tais políticas geralmente são medidas de restrições no número de embarcações, restrições nas quantidades de licença de pesca, restrições tecnológicas, taxas, estabelecimentos de direitos de propriedades privadas etc., no sentido de restringir o esforço de pesca. Esforço de pesca é um conceito abstrato que, teoricamente, engloba todos os insumos físicos utilizados na captura de peixes.

Tendo em vista que grande parte das medidas regulatórias adotadas na gestão dos recursos pesqueiros se baseiam em restrições no esforço de pesca, torna-se necessário analisar as características da tecnologia de produção no sentido de conhecer as possibilidades de substituição de insumos e as elasticidades de produção de cada insumo,

assim como os produtos marginais, oferecendo subsídios para que os formuladores de políticas possam adotar medidas mais eficientes de restrição de esforço de pesca.

Quanto mais quantidade e qualidade de informações disponíveis para os tomadores de decisão, mais coerentes serão as políticas adotadas no setor.

A função de produção é um importante instrumento de análise do setor e sua estimação e interpretação de forma correta podem facilitar a tomada de decisão e melhorar significativamente a alocação dos escassos recursos do governo e do setor privado, para melhorar a produção nacional e a gestão dos recursos pesqueiros, permitindo que a pesca participe efetivamente no processo de desenvolvimento da economia.

Embora existam vários estudos com o objetivo de estimar funções de produção, as técnicas empregadas não são, geralmente, as mais adequadas e ideais, visto que se caracterizam pela análise da função de produção média estimada econometricamente.

Neste estudo, pretenderam-se analisar as características da tecnologia da produção, por meio da estimação dos parâmetros de uma metafunção de produção.

6.2. Metodologia

A agregação das microfunções de produção e a subseqüente estimação econométrica para gerar uma macrofunção de produção, sem levar em conta as diferenças na eficiência produtiva, gera resultados viesados. Tais resultados, ao serem utilizados pelos agentes responsáveis pelo processo produtivo, podem comprometer a alocação eficiente dos recursos, os quais são, na maioria das vezes, escassos e caros. Assim, na estimação da função de produção agregada para Cabo Verde, devem-se levar em conta as características de eficiência produtiva de cada ilha.

Incorre-se em erros ao tentar comparar diferentes unidades de produção, baseando apenas na estimação da função de produção média. Isso acontece porque existem diferenças na utilização dos fatores de produção, os quais geram níveis diferentes de eficiência técnica da produção. Assim, para estimar corretamente a função de produção agregada, é preciso, antes de tudo, eliminar as ineficiências existentes em cada unidade produtiva.

Este estudo baseou-se nos princípios da teoria da produção, especificamente no conceito de função de produção, que indica a relação técnica entre a produção máxima obtida em determinada unidade de tempo e os fatores utilizados no processo de produção.

Geralmente, a estimação de funções de produção pode ser realizada por meio de abordagem paramétrica (econométrica) ou não-paramétrica (programação matemática). a maioria dos estudos que pretendem analisar a função de produção utiliza a função de produção média, estimada por técnicas econométricas. entretanto, como citado anteriormente, esse procedimento pode levar a resultados viesados, pelo fato de não levar em conta as diferenças na eficiência produtiva. nesse sentido, torna-se necessário estimar uma função de produção de fronteira que caracteriza a melhor tecnologia (*best pratice*), a partir da qual se podem fazer comparações entre as unidades de produção em termos de eficiência produtiva e estrutura da tecnologia de produção (fare et al., 1994b).

A Figura 1 ilustra a diferença entre uma função de produção média estimada por mínimos quadrados e uma função de produção de fronteira.

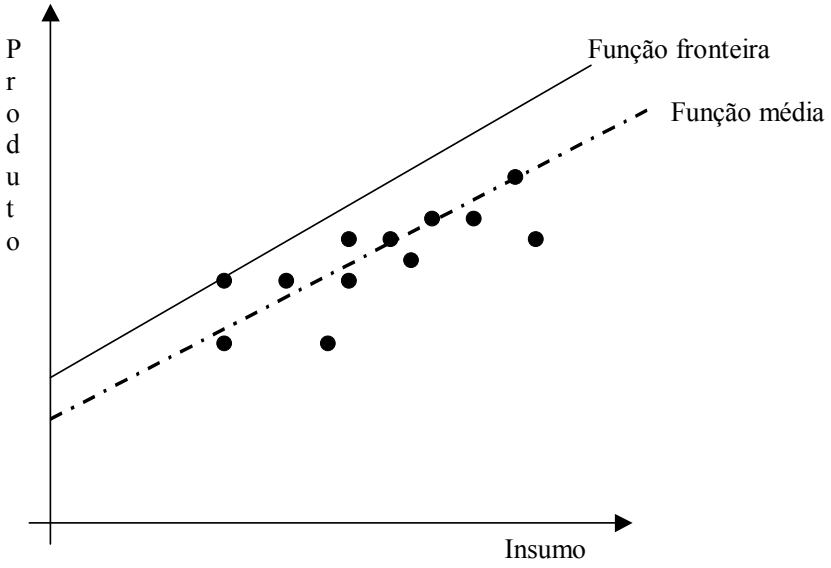


Figura 1 – Representação da função de produção média e de fronteira.

Percebe-se que na função média, ao minimizar o quadrado dos desvios, existem pontos acima e abaixo da função. Já, na função fronteira, todos os pontos situam-se nela, ou abaixo. Os pontos que se encontram em cima da fronteira referem-se às unidades eficientes. De modo equivalente, os pontos abaixo da fronteira apresentam algum tipo de ineficiência (FÄRE et al.,1994b).

A existência de ineficiência impossibilita a estimação correta da função, uma vez que contradiz todos os princípios microeconômicos de maximização de lucro. Nesse sentido, é necessário eliminar as ineficiências, no intuito de projetar as unidades ineficientes para a fronteira eficiente. Feito isso, pode-se estimar a função de produção, a qual expressará melhor as relações entre insumos e produto, já desprovida de ineficiência. No caso da exploração de recursos pesqueiros, melhorias nos níveis de eficiência das unidades de produção podem ter impacto significativo na sustentabilidade da exploração, pois, com as mesmas quantidades de insumos, podem-se capturar mais quantidades de peixes.

Neste estudo, para discriminar as ilhas em termos do nível de eficiência, utilizou-se a abordagem não-paramétrica, conhecida como análise envoltória de dados (DEA). A escolha desse método deveu-se ao fato de poder incorporar a característica multiproduto da produção, variáveis não-discricionárias e variáveis de folga para capturar ineficiências na alocação dos fatores, bem como não ser necessário especificar formas funcionais nem informações sobre preços. Destaca-se que, nos últimos anos, cresceu muito a utilização dessa técnica em trabalhos empíricos da análise de eficiência e produtividade.

6.2.1. Análise de eficiência

Segundo ESTELLITA LINS e MEZA (2000), a abordagem analítica rigorosa, aplicada à análise da eficiência na produção, originou-se do trabalho pioneiro de FARRELL (1957), que, por sua vez, baseou-se nos trabalhos de KOOPMANS (1951) e DEBREU (1951).

As duas abordagens mais utilizadas na análise de eficiência relativa de unidades de produção podem ser classificadas em paramétricas e não-paramétricas. As primeiras utilizam a econometria, especificamente, na estimação das funções de produção e fronteira de produção estocástica. Essa abordagem requer que sejam especificadas formas funcionais que relacionam os insumos e os produtos e utilizadas medidas de tendência central para analisar a eficiência das unidades de produção em relação à unidade "média". A outra abordagem, a não-paramétrica, emprega a programação matemática, especificamente a programação linear. A partir dos dados disponíveis sobre as unidades de produção, é construída uma fronteira linear por partes e, utilizando-se medidas radiais e de função de distância, analisa-se a eficiência das unidades de produção em relação à distância da fronteira construída com as "melhores" unidades de produção (as mais eficientes).

De acordo com CHARNES et al. (1994), o pressuposto inicial é que, se uma unidade de produção "£" for dita eficiente, utilizando-se certa quantidade de insumo, e conseguir produzir certa quantidade de produto, espera-se que qualquer outra unidade, empregando-se a mesma quantidade de insumo, possa produzir o mesmo nível de produto que "£", se estas também operarem eficientemente. A idéia central dessa técnica é encontrar a melhor unidade "virtual" para cada unidade real. Se a unidade "virtual", que pode ser uma combinação convexa de outras unidades reais, conseguir produzir maiores quantidades de produtos, utilizando-se a mesma ou menor quantidade de insumos, então a unidade de produção real será ineficiente. Essa abordagem, não obstante ser determinística, possui inúmeras virtudes em relação à abordagem paramétrica, e seu uso se encontra generalizado nos trabalhos empíricos de análise de eficiência relativa das unidades de produção (ESTELLITA LINS e MEZA, 2000; MARMOLINERO e WORACKER, 1996).

Neste estudo, utilizou-se a abordagem não-paramétrica como modelo analítico, pelo fato de não ser necessário especificar formas funcionais nem informações sobre preços, além da crescente utilização dessa técnica em trabalhos empíricos na análise de eficiência e produtividade na pesca. Como exemplos de trabalhos empíricos, que abordaram a eficiência técnica na pesca, estão os de HERRERO e PASCOE (2001), COGLAN e PASCOE (2001), EGGERT (2000), VASSDAL e ROLAND (1998), VASSDAL e AGUSTSSON (1994), BARDARSON e VASSDAL (1998) e COGLAN et al. (1998), que empregaram a abordagem não-paramétrica, e também os de SHARMA e LEUNG (1999), KIRKLEY et al. (1998) e KIRKLEY et al. (1995), que utilizaram a paramétrica.

De acordo com FORSUND e SARAFOGLOU (2000), embora a análise da função de produção e eficiência pela abordagem de programação matemática já tenha começado bem antes dos anos de 1970, foi o trabalho de CHARNES et al. (1978) que introduziu na literatura o termo *Data Envelopment Analysis* (DEA), técnica não-paramétrica que utiliza a programação matemática para analisar a eficiência relativa das unidades de produção.

A análise envoltória de dados (DEA) é uma técnica não-paramétrica que se baseia na programação matemática, especificamente na programação linear, para analisar a eficiência relativa de DMUs[1].

Segundo CHARNES et al. (1994), para estimar e analisar a eficiência relativa das DMUs, a DEA utiliza a definição de ótimo de Pareto, segundo o qual nenhum produto pode ter sua produção incrementada sem que sejam aumentados os seus insumos ou diminuída a produção de outro produto ou, de forma alternativa, quando nenhum insumo puder ser diminuído sem ter que reduziu a produção de algum produto. A eficiência é analisada, relativamente, entre as unidades.

CHARNES et al. (1978) generalizaram o trabalho de FARRELL (1957), para incorporar a natureza *multiproduto* e *multiinsumo* da produção, propondo a técnica DEA para a análise das diferentes unidades, quanto à eficiência relativa.

O modelo DEA com orientação-produto[2] procura maximizar o aumento proporcional nos níveis de produto, mantendo fixa a quantidade de insumos. De acordo com CHARNES et al. (1994) e ESTELITA LINS e MEZA (2000), o modelo DEA, com orientação-produto e pressuposição de retornos variáveis à escala, pode ser representado algebricamente por:

$$
\begin{aligned}
&\text{Max}_{\phi,\lambda,s^+,s^-} \quad \phi \\
&\text{s.a} \qquad \phi yi - Y\lambda + S^+ = 0 \qquad\qquad (1)\\
&- xi + X\lambda + S^- = 0 \\
&\quad N1'\lambda = 1 \\
&- \lambda \leq 0 \\
&- S^+ \leq 0 \\
&- S^- \leq 0
\end{aligned}
$$

em que yi é um vetor (m x 1) de quantidades de produto da i-ésima DMU; xi é um vetor (k x 1) de quantidades de insumo da i-ésima DMU; Y é uma matriz (n x m) de produtos das n DMUs; X é uma matriz (n x k) de insumos das n DMUs; λ é um vetor (n x 1) de pesos; S^+ é um vetor de folgas relativo aos produtos; S^- é um vetor de folgas relativo aos insumos; N1 é um vetor (nx1) de números uns; e ϕ é uma escalar que tem valores iguais ou superiores a 1 e indica o escore de eficiência das DMUs, ou seja, um valor igual a 1 indica eficiência técnica da i-ésima DMU, em relação às demais, enquanto um valor maior do que 1 evidencia a presença de ineficiência técnica relativa. O problema apresentado em (1) é resolvido n vezes - uma vez para cada DMU, e, como resultado, apresenta os valores de ϕ e λ, sendo ϕ o escore de eficiência da DMU sob análise, e λ fornece os *peers* (as DMUs eficientes que servem de referência ou *Benchmark* para a i-ésima DMU ineficiente).

6.2.2. FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

As diferenças regionais na produção pesqueira são evidenciadas por meio das funções de produção, que caracterizam a estrutura da tecnologia predominante em cada região. Essa tecnologia pode ser caracterizada através dos parâmetros de elasticidades de

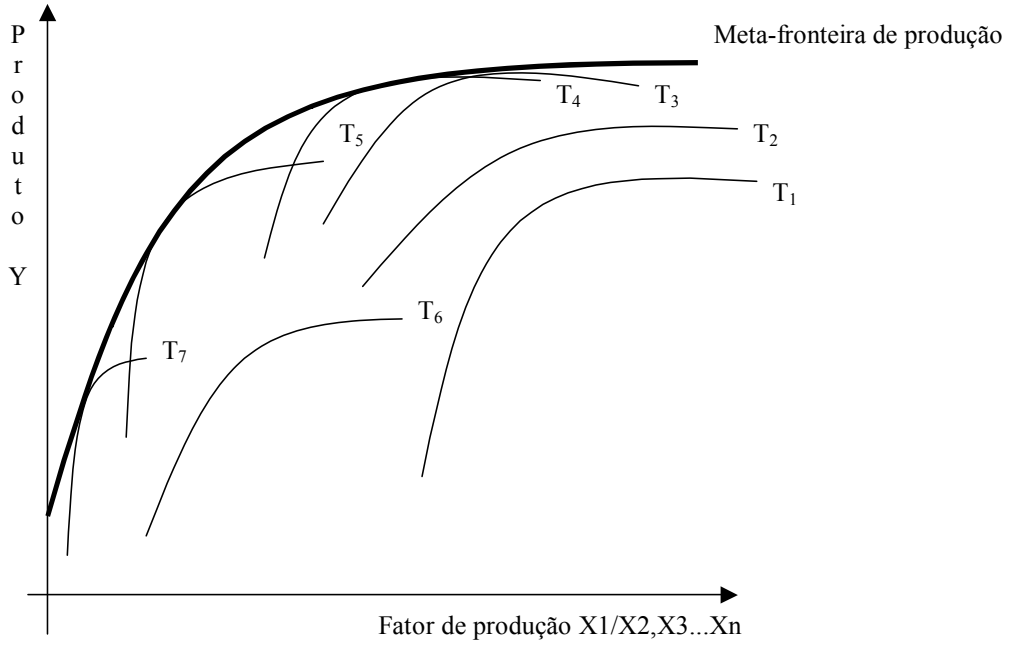
[1] DMUs (Decision Making Units) é um termo utilizado na técnica DEA para referenciar unidades homogêneas que utilizam insumos semelhantes para produzir produtos semelhantes e têm autonomia para tomar decisões.

[2] Neste estudo, utilizou-se o modelo DEA com orientação-produto no sentido de manter coerência com a função de produção utilizada no modelo de regressão (ambos têm a produção como variável dependente).

produção, produtos marginais, elasticidades de escala e elasticidades de substituição dos fatores de produção.

Neste estudo, para evidenciar as diferenças regionais da tecnologia de produção pesqueira, utilizou-se o conceito de metafunção de produção (*meta-production function*), que indica a melhor tecnologia de produção disponível na região e corresponde à envoltória das unidades de produção mais eficientes da região (ver Figura 2). O conceito de metafunção de produção baseia-se na hipótese de que todas as unidades de produção têm acesso potencial à mesma tecnologia de produção e foi primeiramente introduzido por HAYAMI (1969) e posteriormente aperfeiçoado por HAYAMI e RUTTAN (1970) e HAYAMI e RUTTAN (1971).

A utilização de metafunção de produção parece muito oportuna quando se pretendem analisar as diferenças nas tecnologias de produção regional e conhecer o potencial (fronteira) da tecnologia. Dessa forma, as diferenças são computadas em relação a uma mesma referência, que é a metafronteira de produção (HAYAMI e RUTAN, 1971). Diversos trabalhos utilizaram o conceito de metafunção de produção no sentido de analisar as diferenças regionais na produção agrícola. Citando apenas alguns que se tornaram referência na literatura econômica, têm-se os trabalhos de LAU e YATOPOULOS (1989), MUNDLAK e HELLINGHAUSEN (1982) e HAYAMI e RUTTAN (1970).



Obs. T_i indica as diferentes tecnologias de produção disponíveis na região.

Figura 2 – Ilustração da metafronteira de produção.

As diferenças regionais na estrutura da tecnologia de produção serão evidenciadas por meio das diferenças nos parâmetros da função de produção e da metafronteira de produção. Nesse sentido são analisadas as diferenças nas elasticidades de produção, produtos marginais, elasticidades de escala e elasticidades de substituição entre fatores de produção.

Para avaliar as relações (substituição ou complementaridade) entre os fatores serão calculadas as elasticidades parciais de substituição de Allen, através da estimação de uma função Transcendental Logarítmica (Translog), utilizando-se as mesmas variáveis da análise envoltória de dados.

A função de produção Translog é considerada uma forma funcional flexível, pelo fato de não impor restrições "a priori" aos valores das elasticidades de substituição entre os fatores de produção. Além disso, a forma funcional Translog pode representar, de forma mais fiel, a tecnologia de produção, possibilitando testes quanto à separabilidade, homogeneidade, monotonicidade, concavidade, entre outras características desejáveis para a tecnologia de produção.

Pressupondo-se separabilidade fraca entre os fatores de produção, de tal forma que eles possam ser agregados em três grupos X_1, X_2 e X_3, a função de produção passa a ser

$$\ln Y_i = \ln \alpha_0 + \sum_{j=1}^{3} \alpha_j \ln X_{ji} + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{3} \beta_{jk} \ln X_{ji} \ln X_{ki} + \mu_i \qquad (2)$$

em que i = 1, 2, 3, ..., N são unidades de produção; X_{jk}, j, k = 1, 2, 3 são os fatores de produção; Y é a variável dependente (produção); e μ_i é um erro aleatório pressuposto normal, independente e de variância constante.

Em (2), a igualdade $\beta_{jk} = \beta_{kj}$, j, k = 1, 2, 3 é a condição imposta pelo teorema de Young, referente à igualdade das derivadas cruzadas de segunda ordem, garantindo as condições de simetria.

Estimando-se os parâmetros da função de produção Translog, podem-se calcular as elasticidades de produção (η), produtos marginais (*Pma*), elasticidades de escala (ε) e as elasticidades de substituição (σ), através das seguintes expressões:

$$\eta_i = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln X_i} = \alpha_{ij} + \sum_j \beta_{ij} \ln X_j. \tag{3}$$

$$Pma_i = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln X_i} \frac{Y}{X_i} = \left(\alpha_{ij} + \sum_j \beta_{ij} \ln X_j \right) \frac{Y}{X_i} \tag{4}$$

$$\varepsilon = \sum_i \alpha_i + \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln X_j. \tag{5}$$

$$\sigma_{ij} = \frac{X_1 f_1 + X_2 f_2 + X_3 f_3}{X_i X_j} \frac{F_{ij}}{F} \tag{6}$$

para i, j = 1, 2, 3; X_i é a quantidade média de cada fator, f_i, a derivada primeira da função de produção (2), *F* o determinante da matriz hessiana orlada da função de produção e F_{ij} o co-fator do elemento f_{ij} no determinante *F*. Nota-se que as elasticidades cruzadas são simétricas, isto é: $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$. Para maiores detalhes sobre a elasticidades de substituição de fatores, ver LIMA (2000).

Para valores positivos (negativos) de σ_{ij}, os fatores i e j podem ser classificados como substitutos (complementares) no processo produtivo. Elasticidade de substituição igual a zero indica que o par de fatores é empregado em proporções fixas, e elasticidade infinita implica fatores substitutos perfeitos. Valores intermediários indicam o grau de facilidade ou dificuldade em substituir os fatores.

De acordo com BERNDT e CHRISTENSEN (1973), as condições de monotonicidade e concavidade podem não ser satisfeitas globalmente pela função Translog. Entretanto, tais propriedades devem ser testadas localmente (sendo o ponto médio das variáveis o mais utilizado). A monotonicidade é satisfeita quando as elasticidades de produção dos fatores forem positivas. A concavidade da função se verifica quando a matriz hessiana orlada é negativa semidefinida.

6.2.3. Dados utilizados no estudo

Neste estudo, obtiveram-se dados anuais referentes à produção pesqueira em cada ilha do arquipélago de Cabo Verde e os respectivos números de embarcações, pescadores e o índice de CPUE calculado para o período. Esses dados foram obtidos nos boletins estatísticos publicados pelo Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas em Cabo Verde (INDP, vários números). O Índice de CPUE foi obtido em BAPTISTA (2005).
Dessa forma, as variáveis utilizadas podem ser discriminadas da seguinte forma:

Produtos[3] (Y_{1i})

- Y_{1i} = índice da produção do período de um ano para a i-ésima ilha (foram utilizados os preços relativos médios, valores constantes de 1999, como fator de ponderação na construção do índice).

Insumos (X_{1i}, X_{2i} e X_{3i})

- X_{1i} = quantidades de embarcações motorizadas e ativas durante o ano na i-ésima ilha;
- X_{2i} = quantidades de pescadores da i-ésima ilha; e
- X_{3i} = índice da disponibilidade de estoque[4] durante o ano na i-ésima ilha.

Nota-se que foram utilizadas três variáveis referentes a **insumos**, número de embarcação ativa e número de pescadores ativos durante o período e considerou-se também a variável CPUE, que foi utilizada como *proxy* da disponibilidade de recursos. Essa variável, embora não seja um insumo (porque não está sob o controle das unidades de produção), foi tratada na análise como variável, dada a sua importância para a produção pesqueira e, de acordo com HANNESON (1983) e ALVAREZ (2001), incorre-se em erros significativos se não levar em consideração o capital natural (estoque de recursos pesqueiros) na análise da produção pesqueira.

6.2.4. Procedimentos

Inicialmente foram calculados Problemas de Programação Linear (PPL) como os apresentados em (1), para cada ilha. Esse procedimento teve como objetivo calcular o escore de eficiência das ilhas e discriminá-las em termos do nível de eficiência. Após calcular o escore de eficiência para cada ilha, os valores projetados das variáveis foram utilizados para estimar uma função de produção agregada na forma funcional Translog, objetivando analisar a produção, caso não ocorram ineficiências na alocação de recursos e no processo produtivo.

Para estimar a função de produção média, definiu-se o modelo de regressão apresentado em (2), em que α e β referem-se aos parâmetros a serem estimados e u_i representa o termo de erro aleatório, que se pressupõe ter média 0 e variância constante. As demais variáveis foram anteriormente definidas.

A função de produção de fronteira foi estimada de forma semelhante à função média, diferindo apenas nas variáveis utilizadas, isto é:

$$\ln Y_i^p = \ln\alpha_0 + \sum_{j=1}^{3}\alpha_j \ln X_{ji}^p + \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{3}\beta_{jk} \ln X_{ji}^p \ln X_{ki}^p + \varepsilon_i \qquad (7)$$

Sendo:

$$Y_i^P = \phi_i * Y_i + S_i^+$$
$$X_{1i}^P = X_{1i} - S_{1i}^-$$
$$X_{2i}^P = X_{2i} - S_{2i}^-$$
$$X_{3i}^P = X_{3i}$$

[3] Quanto aos produtos, convém salientar que grandes pelágicos (tunídeos), pequenos pelágicos, demersais e diversos referem-se aos grandes grupos em que são classificados os diferentes tipos de pescado produzidos em Cabo Verde.

[4] A modelagem da DEA, que incorpora a variável CPUE como um insumo, seguiu a orientação proposta por LOVELL (2001) e COELLI et al. (1998). Outras possibilidades de incorporar variáveis ambientais na modelagem DEA podem ser encontradas em COELLI et al. (1998), capítulo 7.

em que ϕ_i é o escore de eficiência estimado por meio do modelo de envoltória para a i-ésima ilha, e S_{ji} refere-se às folgas na j-ésima variável estimadas em cada ilha.

6.3. Resultados e discussão

Inicialmente, utilizou-se a análise envoltória de dados, pressupondo-se retornos variáveis à escala, a fim de se obter a medida de eficiência técnica para cada observação da amostra. Conhecendo a medida de eficiência e as folgas dos insumos para cada observação, puderam projetar os ineficientes na fronteira eficiente inter-regional e intertemporal, determinada por aquelas observações consideradas eficientes. Dessa forma, eliminam-se dos dados originais os excessos de uso dos fatores (ineficiência), obtendo novos valores para as variáveis, desprovidas de ineficiência, com os quais se estimou a função de produção de fronteira (metafronteira).

A Tabela 1 ilustra os parâmetros das funções de produção estimadas juntamente com as respectivas estatísticas t.

Tabela 1 – Resultados da estimação das funções de produção média e metafronteira para a pesca em Cabo Verde, com base nos dados referentes ao período de 1990 a 1999

Variáveis	Parâmetros	Função média	Metafronteira
CONSTANTE	α_0	-5,8185	-45,3267
		(-0,5008)	(-6,3115)
LnX1	α_1	10,1516	6,2386
		(2,5151)	(1,9814)
*Ln*X2	α_2	-3,7907	0,8682
		(-1,3429)	(0,4042)
*Ln*X3	α_3	-1,5613	16,2831
		(-0,2802)	(4,3223)
½ $(LnX1)^2$	β_{11}	0,3336	-0,4252
		(0,5988)	(-1,1996)
½ $(LnX2)^2$	β_{22}	0,2901	-0,1076
		(0,9654)	(-0,5735)
½ $(LnX3)^2$	β_{33}	1,1212	-3,2816
		(0,7010)	(-2,8300)
*Ln*X1 x *Ln*X2	β_{12}	-0,4876	-0,0938
		(-1,2892)	(-0,3869)
*Ln*X1 x *Ln*X3	β_{13}	-2,1779	-0,8394
		(-1,9909)	(-0,9868)
*Ln*X2 x *Ln*X3	β_{23}	1,2174	0,1242
		(1,5314)	(0,2076)
R^2 ajustado		0,8037	0,9336
Log verossimilhança		-22,9491	29,8234

Fonte: Resultados da pesquisa.

Obs. Estatísticas t entre parênteses.

Na Tabela 2, apresentam-se as médias anuais das variáveis utilizadas para estimar os valores das elasticidades no estudo.

Tabela 2 – Média das variáveis utilizadas no estudo, referentes aos dados de pesca em Cabo Verde, no período de 1990 a 1999

Período	Y	X1	X2	X3
1990	196,17	70,44	488,00	46,600
1991	187,25	69,78	508,44	48,790
1992	164,32	75,00	460,33	45,840
1993	181,50	89,00	486,22	45,411
1994	201,49	111,11	609,00	44,904
1995	181,00	112,22	615,33	43,411
1996	199,42	109,56	600,67	46,765
1997	197,72	109,56	630,56	48,095
1998	203,67	109,56	630,56	50,072
1999	233,69	102,22	475,89	51,541

Fonte: Adaptado de INDP (vários números).
Obs. Y = índice de produção, X1 = embarcações, X2 = pescadores e X3 = estoque de recursos.

Nas Tabelas 3 e 4, são apresentadas as elasticidades de produção, elasticidades de escala e produto marginal dos fatores de produção utilizados na pesca em Cabo Verde, durante o período de 1990 a 1999, calculadas com base na função média e na metafronteira, respectivamente.

Nota-se que todas as elasticidades de produção e produtos marginais dos fatores estimadas no ponto médio da amostra foram positivos, satisfazendo a condição de monotonicidade em ambas as funções estimadas. Os resultados apresentados na Tabela 3 indicam que no período inicial, de 1990 a 1993, o estoque apresentou maiores elasticidades de produção em relação aos demais fatores de produção. Entretanto, pode-se verificar também que essa participação tem diminuído significativamente ao longo do tempo. O fator de produção "pescadores" manteve a elasticidade de produção com menores oscilações durante o período. A elasticidade de escala diminuiu ao longo do tempo, ressaltando-se que no ultimo ano analisado prevê retornos decrescentes à escala. Esses indicadores podem ser interpretados como evidências de que o estoque tem apresentado problemas de regeneração ao longo do período. E, se se interpretarem as elasticidades de produção como indicador de abundância do fator, pode-se notar que, nitidamente, o estoque de recursos tem diminuído no período.

Tabela 3 – Elasticidades de produção, produto marginal e elasticidades de escala na pesca em Cabo Verde, calculadas com base na função média do período de 1990 a 1999

Período	Elasticidades de produção			Produtos marginais			Elasticidades Escala (ε)
	η_1	η_2	η_3	*Pma* X1	*Pma* X2	*Pma* X3	
1990	0,1858	0,6073	1,0155	0,5175	0,2441	4,2748	1,8086
1991	0,0626	0,6797	1,1376	0,1681	0,2503	4,3660	1,8800
1992	0,2710	0,5398	0,7895	0,5938	0,1927	2,8300	1,6003
1993	0,3219	0,4608	0,4728	0,6565	0,1720	1,8897	1,2555
1994	0,3106	0,4042	0,2510	0,5633	0,1337	1,1265	0,9658
1995	0,3825	0,3612	0,2041	0,6169	0,1062	0,8508	0,9478
1996	0,2242	0,4565	0,3105	0,4080	0,1516	1,3241	0,9912
1997	0,1394	0,5048	0,4011	0,2516	0,1583	1,6488	1,0452
1998	0,0517	0,5538	0,4463	0,0960	0,1789	1,8152	1,0517
1999	0,1028	0,5411	0,2870	0,2350	0,2657	1,3010	0,9309

Fonte: Resultados da pesquisa.

Na Tabela 4 são apresentadas as elasticidades de produção, elasticidades de escala e produto marginal dos fatores de produção utilizados na pesca em Cabo Verde, durante o período de 1990 a 1999, calculadas com base na metafronteira. Os resultados foram semelhantes aos encontrados na análise da função de produção média. As elasticidades do estoque, embora tenham apresentado maior valor em relação aos demais fatores, diminuíram de forma consistente ao longo do período analisado. A elasticidade de escala diminuiu ao longo do período e, embora apresentasse retornos crescentes no início do período analisado, pode-se verificar que, nos dois últimos anos, os retornos foram decrescentes à escala, indicando mais evidências de que o estoque pode ter diminuído ao longo do período, apontando possível situação de problemas na sustentabilidade da produção.

Tabela 4 – Elasticidades de produção, produto marginal e elasticidades de escala na pesca em Cabo Verde, calculadas com base na função meta-fronteira do período de 1990 a 1999

Período	Elasticidades de produção			Produtos marginais			Elasticidades Escala (ε)
	η_1	η_2	η_3	*Pma* X1	*Pma* X2	*Pma* X3	
1990	0,6243	0,2798	0,8742	1,7385	0,1125	3,6801	1,7783
1991	0,5859	0,2820	0,7366	1,5724	0,1039	2,8268	1,6045
1992	0,6169	0,2782	0,8683	1,3516	0,0993	3,1126	1,7634
1993	0,5469	0,2551	0,7623	1,1153	0,0952	3,0468	1,5643
1994	0,4409	0,2086	0,6409	0,7995	0,0690	2,8759	1,2904
1995	0,4640	0,2024	0,7448	0,7485	0,0595	3,1053	1,4112
1996	0,4141	0,2165	0,5177	0,7537	0,0719	2,2077	1,1483
1997	0,3860	0,2147	0,4317	0,6966	0,0673	1,7749	1,0324
1998	0,3522	0,2197	0,2995	0,6547	0,0710	1,2183	0,8714
1999	0,3838	0,2601	0,2278	0,8773	0,1277	1,0331	0,8717

Fonte: Resultados da pesquisa**.**

As elasticidades de substituição de Allen, calculadas por meio da função de produção média, encontram-se apresentadas na Tabela 5. Convém salientar que não foram satisfeitas as condições de concavidade[5] para a função média. Entretanto, segundo SQUIRES (1987), os testes de concavidade não podem ser considerados como testes estritos de regularidade, pelo fato de que, quando se trabalha com formas funcionais flexíveis, mesmo com dados provenientes de tecnologias "bem-comportados" esses testes podem falhar.

Os resultados da Tabela 5 indicam que as elasticidades apresentaram valores pequenos. A relação entre embarcações e pescadores é de substituição, enquanto as embarcações e estoque são complementares. A relação entre pescadores e estoque é de substituição. Nota-se, nessa tabela, que todos os pares de fatores apresentaram elasticidades de substituição muito pequenas, indicando que existe pouca facilidade de substituição ou complementaridade.

Pela análise da Tabela 5, pode-se verificar que as elasticidades têm diminuído ao longo do tempo, indicando que a substituição está cada vez mais difícil ao longo do tempo.

Tabela 5 – Elasticidades de substituição de Allen na pesca em Cabo Verde, estimadas com base na função média do período de 1990 a 1999

Período	Elasticidades de substituição de Allen

[5] A concavidade é uma das condições de regularidade da função de produção. Essa condição é testada através do Hessiano Orlado, que deve ser negativo semidefinido, mas pode ser verificado na diagonal principal da matriz das elasticidades, cujos valores devem ser negativos.

	σ_{11}	σ_{12}	σ_{13}	σ_{22}	σ_{23}	σ_{33}
1990	1,5613	0,5431	-0,6105	-0,8532	0,4109	-0,1340
1991	2,3164	0,9341	-0,6857	-0,6393	0,3306	-0,1598
1992	0,8671	0,3260	-0,5205	-0,7870	0,4262	-0,1127
1993	0,3084	0,1978	-0,4027	-0,5245	0,3764	-0,0926
1994	0,0762	0,1391	-0,3184	-0,2891	0,2933	-0,0783
1995	0,0418	0,1146	-0,2813	-0,3148	0,3424	-0,0786
1996	0,1354	0,1831	-0,3669	-0,2496	0,2348	-0,0804
1997	0,2648	0,2656	-0,4264	-0,2223	0,1874	-0,0877
1998	0,3634	0,3513	-0,4780	-0,1286	0,1190	-0,0923
1999	0,0992	0,1982	-0,4093	-0,1004	0,1183	-0,0765

Fonte: Resultados da pesquisa.

A Tabela 6 indica as elasticidades de substituição de Allen calculadas por meio da metafronteira de produção. A metafronteira indica uma situação desprovida de ineficiência, isto é, a tecnologia característica das ilhas operava de forma eficiente. Na análise dos resultados, pôde-se constatar que foram satisfeitas as condições de concavidade em todos os anos analisados.

Tabela 6 – Elasticidades de substituição de Allen na pesca em Cabo Verde, estimadas com base na função metafronteira do período de 1990 a 1999

Período	Elasticidades de substituição de Allen					
	σ_{11}	σ_{12}	σ_{13}	σ_{22}	σ_{23}	σ_{33}
1990	-1,5679	1,5170	0,6341	-3,4595	0,0241	-0,4605
1991	-1,4565	1,4854	0,5899	-3,0091	-0,0295	-0,4580
1992	-1,5762	1,5168	0,6339	-3,4379	0,0238	-0,4580
1993	-1,5623	1,5175	0,6131	-3,2149	-0,0130	-0,4355
1994	-1,5923	1,5367	0,5951	-3,0708	-0,0575	-0,3907
1995	-1,7047	1,5785	0,6333	-3,5528	-0,0181	-0,3896
1996	-1,4476	1,4748	0,5411	-2,5539	-0,1117	-0,3861
1997	-1,3555	1,4291	0,5011	-2,2633	-0,1519	-0,3724
1998	-1,1876	1,3221	0,4264	-1,8294	-0,2124	-0,3455
1999	-1,0469	1,2208	0,3697	-1,5903	-0,2406	-0,3480

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os resultados indicaram que a facilidade de substituir embarcações por pescadores tem diminuído ao longo do tempo, assim como a substituição embarcação/estoque. A relação pescador/estoque foi durante grande parte do período mais recente, de complementaridade com elasticidade muito baixa, indicando pouca facilidade na

substituição. Embora no início do período fosse constatado que esses fatores são substitutos, notou-se que, a partir do ano de 1991, as ilhas mais eficientes tenderam a utilizar esses fatores de forma complementar. A facilidade de complementaridade aumentou ao longo do período analisado.

Os resultados indicaram que, no geral, as elasticidades de substituição apresentaram tendência de queda no período analisado, e alguns pares de fatores exibiram limitadas possibilidades de substituição. Elasticidades muito baixas, com valores próximos a zero, indicam que o par de fatores é empregado em proporções quase fixas, com certo grau de dificuldade em substituir os fatores.

Geralmente, para afirmar sobre as relações substituição e complementaridade entre os fatores, convém calcular as elasticidades de Morishima para confrontar as classificações entre essas duas abordagens (Allen x Morishima).

No Apêndice, Tabelas 1A e 2A, encontram-se as notas metodológicas e os resultados do cálculo da elasticidade de Morishima[6]. De acordo com a elasticidade de substituição de Morishima na metafronteira, todos os pares de fatores são substitutos e apresentam baixas elasticidades (inelásticas), que vêm diminuindo ao longo dos anos. Esses resultados corroboram a idéia principal de que as substituições dos fatores têm-se tornado cada ano mais difícil, tanto na média como nas ilhas mais eficientes.

6.4. Conclusões

Neste estudo, o objetivo foi analisar as características da tecnologia de produção da pesca em Cabo Verde, no sentido de verificar o comportamento dos parâmetros de elasticidades de produção, produto marginal, elasticidade de escala e elasticidades de substituição ao longo do tempo. Tendo em vista que as políticas de gestão das pescarias necessitam de informações sobre a facilidade de substituição dos fatores de produção, e respostas da produção em razão de aumentos nos fatores, torna-se necessário estimar e analisar o comportamento desses indicadores.

Utilizando a abordagem não-paramétrica de envoltória de dados, foi possível corrigir os dados de ineficiências e, dessa forma, estimar uma fronteira de produção intertemporal, ou melhor, uma metafronteira de produção, que indica a tecnologia de produção das unidades eficientes.

Os resultados indicam evidências de que a elasticidade de produção do estoque tem diminuído, de forma significativa, ao longo do tempo. Essa constatação pode ser interpretada como evidências de diminuição do estoque no período analisado. A elasticidade de escala tem diminuído no período de forma significativa, sendo nos dois últimos anos analisados os retornos decrescentes à escala, indicando que o aumento na captura foi menos do que proporcional ao aumento nos fatores de produção, indicando que podem existir problemas na sustentabilidade da pesca em Cabo Verde.

Esses resultados no geral indicam que as políticas de gestão da atividade pesqueira em Cabo Verde não devem apresentar muitas dificuldades em termos de restrição nos fatores de produção, pelo fato de que existe uma limitada possibilidade de substituição dos fatores na média das ilhas. E, ao longo do tempo, a situação tem-se tornado mais favorável

[6] A elasticidade de substituição de Morishima indica resultados mais robustos em comparação com as elasticidades de Allen, pelo fato de que essas elasticidades (de Morishima) entre pares de fatores não apresentam muita dependência em relação às demais variáveis utilizadas no estudo (em relação ao tamanho da amostra utilizada, medidas das variáveis e quantidades de variáveis utilizadas (LIMA, 2000).

para os formuladores de políticas de gestão das pescas, no sentido de que a substituição tem-se tornado mais inelástica com o passar dos anos.

Em relação às ilhas mais eficientes, a situação dos gestores de recursos não é tão confortável, pelo fato de as elasticidades de substituição, embora em queda, terem apresentado valores acima de 1, que por sua vez indica facilidade de substituição entre embarcações/pescadores.

Referência bibliográfica

ALVAREZ, A. Some issues on the estimation of technical efficiency in fisheries. **Efficiency Series Paper**, Universidad de Oviedo, Espanha, v. 2, 2001.

BAPTISTA, A. J. M. S**. Sustentabilidade da produção pesqueira em Cabo Verde.** 155 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

BARDARSON, H.; VASSDAL, T. Efficiency in norwegian fisheries: a non-parametric frontier production analysis. In: BIENNIAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL INSTITUTE OF FISHERIES ECONOMICS AND TRADE, 9., 1998, Tromso. **Proceedings...** Tromso: NCFS/UTROM, 1998.

BERNDT, E.R.; CHIRSTENSEN, L. The internal structure of functional relationships: separability, substitution, and aggregation. **Review of Economics Studies**, v. 40, p. 403-410, 1973.

CHAMBERS, R.G. **Applied production analysis** – a dual approach. New York: Cambridge University Press, 1988. 331 p.

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.

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; LEWIN, A.Y.; SEIFORD, L.M. **Data envelopment analysis**: theory, methodology, and application. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994.

COELLI, T.J.; RAO, P.; BATTESE, G.E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1998.

COGLAN, L.; PASCOE, S. **The contribution of unmeasurable inputs to fisheries production**: an analysis of technical efficiency of fishing vessels in the English channel. [S.l.], 2001. (Mimeogr.).

COGLAN, L.; PASCOE, S.; MARDLE, S. DEA versus econometric analysis of efficiency in fisheries. **Tromsö IIFET Proceedings**, 1998.

DEBREU, G. The coefficient of resource utilization. **Econometrica**, v. 19, p. 273-292, 1951.

EGGERT, H. Technical efficiency in the Swedish trawl fishery for Norway lobster. In: IIFET, 10., 2000, Oregon. **Proceedings...** Oregon: Oregon State University, 2000.

ESTELLITA LINS, M.P.; MEZA, L.A. **Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente de apoio à tomada de decisão**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; LOVELL, C.A.K. **Production frontiers**. Cambridge: Cambridge University, 1994b. 295 p.

FARRELL, M.J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, p. 252-290, 1957.

FERRIER, G.D.; LOVELL, C.A.K. Measuring cost efficiency in banking: econometric and linear programming evidence. **Journal of Econometrics**, v. 46, p. 7-38, 1990.

FORSUND, R.F., SARAFOGLOU, N. ***On the origins of data envelopment analysis****. Oslo, Norway: Department of Economics, University of Oslo, 2000. (Memorandum, 24).*

HANNESON, R. Bioeconomic production function in fisheries: theoretical and empirical analysis. **Can. J. Fish. Aquat. Sci**., v. 40, p. 968-982, 1983.

HAYAMI, Y. Sources of agricultural productivity gap among selected countries. **American Journal of Agricultural Economic**, v. 51, p. 564-575, 1969.

HAYAMI, Y., RUTAN, V.W. Agricultural productivity differences among countries. **American Economic Review**, v. 60, p. 895-911, 1970.

HAYAMI, Y., RUTAN, V.W. **Agricultural development: an international perspective**. Baltimore: The John Hopkins University Press, 1971.

HERRERO, I., PASCOE, S. **Technical efficiency and inefficiency of vessels in the Spanish south-Atlantic trawl fishery**. Spain: University of Huelva, 2001. (Working Paper).

INSTITUTO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO DAS PESCAS – INDP. **Boletim estatístico**. Mindelo, Cabo Verde. (vários números).

KIRKLEY, J.E.; SQUIRES, D.; STRAND, I.E. Assessing technical efficiency in commercial fisheries: the mid-Atlantic sea scallop fishery. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 77, n. 3, p. 686-697, 1995.

KIRKLEY, J.E.; SQUIRES, D.; STRAND, I.E. Characterizing managerial skill and technical efficiency in a fishery. **Journal of Productivity Analysis**, v. 9, p. 145-160, 1998.

KOOPMANS, T.C. Analysis of production as an efficient combination of activities. In: KOOPMANS, T.C. **Activity analysis of production and allocation**. New York: Wiley, 1951.

LAU, L.J.; YOTOPOULOS, P.A. The meta-production function approach to technological change in world agriculture. **Journal of Development Economics**, v. 31, p. 241-269, 1989.

LIMA, J.E. Definições e aplicações de elasticidades de substituição: revisão e aplicação. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 9-44, 2000.

LOVELL, C.A.K. **Future research opportunities in efficiency and productivity analysis**. Oviedo: Universidad de Oviedo, 2001. (Efficiency Series Paper, 1).

MARMOLINERO, C.; WORACKER, D. Data envelopment analysis: a non-mathematical introduction. **Operational Research Insight**, v. 9, n. 4, p. 22-33, 1996.

MUNDLAK, Y.; HELLINGHAUSEN, R., The intercountry agricultural production function: another view. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 64, p. 664-672, 1982.

SHARMA, K.R.; LEUNG, P. Technical efficiency of the longline fishery in Hawaii: an application of a stochastic production frontier. **Marine Resource Economics**, v. 13, p. 259-274, 1999.

SHEPHARD, R.W. **The theory of cost and production functions**. Princeton: Princeton University, 1970.

SQUIRES, D. Fishing effort: its testing, specification and internal structure in fisheries economics and management. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 14, p. 268-282, 1987.

APÊNDICE

ELASTICIDADES DE MORISHIMA

A elasticidade de substituição de Morishima possui relação com as elasticidades de substituição de Allen na classificação de fatores como substitutos ou complementares. De acordo com CHAMBERS (1988), dois fatores podem ser complementares pela elasticidade de substituição de Allen, mas substitutos pela elasticidade de substituição de Morishima. No entanto, se dois fatores são substitutos pela elasticidade de substituição de Allen, eles também o serão pela elasticidade de substituição de Morishima. Essas relações podem ser usadas para decidir a classificação de fatores em complementares e substitutos.

As elasticidades de substituição de Morishima não são simétricas, podendo ser calculadas da seguinte forma:

$$\sigma_{ij} = \frac{f_j}{X_i}\frac{F_{ij}}{F} - \frac{f_j}{X_j}\frac{F_{jj}}{F} \qquad (1C)$$

$$\sigma_{ji} = \frac{f_i}{X_j}\frac{F_{ij}}{F} - \frac{f_i}{X_i}\frac{F_{ii}}{F} \qquad (2C)$$

para i, j = 1, 2, 3; X_i é a quantidade média de cada fator; f_i, a derivada primeira da função de produção Translog; F, o determinante da matriz hessiana orlada da função de produção; e F_{ij}, o co-fator do elemento f_{ij} no determinante F. A elasticidade de substituição de Morishima é definida como a razão entre a mudança percentual na relação de fatores e a mudança percentual na taxa marginal de substituição entre X_i e X_j, mantendo-se constante o nível de produção e todas as outras taxas marginais de substituição. Para maiores detalhes sobre as elasticidades de substituição de fatores, ver LIMA (2000).

Tabela 1A – Elasticidades de substituição de Morishima na pesca em Cabo Verde, estimadas com base na função média

Período	Elasticidades de substituição de Morishima					
	σ_{12}	σ_{21}	σ_{13}	σ_{31}	σ_{23}	σ_{32}
1990	0,4688	-0,1046	-0,2676	-0,2232	0,3059	0,4244
1991	0,5689	-0,0461	-0,3182	-0,1000	0,2967	0,3507
1992	0,3754	-0,0916	-0,2012	-0,2350	0,2659	0,4092
1993	0,2651	-0,0284	-0,1168	-0,1823	0,1766	0,3306
1994	0,1792	0,0202	-0,0624	-0,1269	0,0966	0,2437
1995	0,1637	0,0294	-0,0436	-0,1304	0,0906	0,2505
1996	0,1993	0,0108	-0,0897	-0,1136	0,0988	0,2231
1997	0,2356	0,0001	-0,1300	-0,0922	0,1056	0,1979
1998	0,2527	-0,0006	-0,1637	-0,0413	0,0897	0,1304
1999	0,1736	0,0109	-0,1026	-0,0561	0,0601	0,1271

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 2A – Elasticidades de substituição de Morishima na pesca em Cabo Verde, estimadas com base na função metafronteira

Período	Elasticidades de substituição de Morishima					
	σ_{12}	σ_{21}	σ_{13}	σ_{31}	σ_{23}	σ_{32}
1990	0,7831	1,0830	0,5381	0,7730	0,2382	0,5482
1991	0,7900	1,0743	0,4810	0,7473	0,1967	0,5237
1992	0,7817	1,0821	0,5377	0,7732	0,2372	0,5461
1993	0,7717	1,0768	0,5110	0,7605	0,2059	0,5221
1994	0,7449	1,0691	0,4896	0,7473	0,1654	0,4872
1995	0,7359	1,0796	0,5398	0,7688	0,1961	0,5069
1996	0,7595	1,0538	0,4180	0,7171	0,1237	0,4604
1997	0,7679	1,0410	0,3653	0,6941	0,0922	0,4391
1998	0,7947	1,0142	0,2653	0,6523	0,0458	0,4078
1999	0,8388	0,9983	0,1876	0,6236	0,0281	0,4027

Fonte: Resultados da pesquisa.