

IRAN RODRIGUES DE OLIVEIRA

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA), NO
DIAGNÓSTICO DA EFICIÊNCIA DE CULTIVO DO CAMARÃO
MARINHO *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)**

Recife – PE - Abril/2008



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOMETRIA E ESTATÍSTICA APLICADA

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA), NO
DIAGNÓSTICO DA EFICIÊNCIA DE CULTIVO DO CAMARÃO
MARINHO *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Modelagem Estatística e Computacional (com ênfase nas áreas agrárias, biológicas e humanas)

Orientador:
Prof. Dr. Paulo de Paula Mendes

Co-Orientadores:
Prof. Dr. Borko Stosic
Prof^ª Dra. Maria Adélia B. Oliveira

Recife - PE - Abril/2008

Ficha catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

O48u	Oliveira, Iran Rodrigues Utilização da análise envoltória de dados (DEA), no diagnóstico da eficiência de cultivo do camarão marinho <i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone, 1931) / Iran Rodrigues Oliveira . – 2008. 45 f. : il. Orientador: Paulo de Paula Mendes. Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística Aplicada) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Inclui referências 1. Cultivo 2. DEA 3. <i>L. vannamei</i> 4. Modelo 5. Biometria I. Mendes, Paulo de Paula II. Título CDD 574.018
------	--

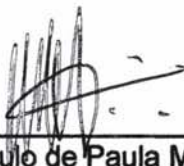
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOMETRIA E ESTATÍSTICA APLICADA

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA), NO DIAGNÓSTICO
DA EFICIÊNCIA DE CULTIVO DO CAMARÃO MARINHO *Litopenaeus vannamei*
(Boone, 1931)**

IRAN RODRIGUES DE OLIVEIRA

Dissertação julgada adequada para
obtenção do título de mestre em Biometria
e Estatística Aplicada da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, defendida
e aprovada por unanimidade em
29/04/2008 pela Comissão Examinadora.

Orientador:



Prof. Dr. Paulo de Paula Mendes
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Borko Stosic
Universidade Federal Rural de Pernambuco



Prof.ª Dra. Viviane Moraes de Oliveira
Universidade Federal Rural de Pernambuco



Prof. Dr. Eudes Correia de Souza
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedicatória

Dedico esse trabalho a meus pais **Ivanildo Coelho (*in memorian*) e Maria Rodrigues**; aos meus irmãos **Ivan Rodrigues, Iranildo Rodrigues e Ivone Rodrigues** e a minha esposa e filhas **Rosa Maria, Daniely Maria e Deysiele Maria** que mesmo com as dificuldades me deram confiança, apoio e amor.

Agradecimentos

Agradeço:

Primeiramente a Deus pelo fôlego para suportar as provas e pela oportunidade de ter concluído mais uma etapa na minha vida.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial ao atual Coordenador da Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada na pessoa do Prof. Dr. Eufázio de Souza Santos por ter me dado à oportunidade de ampliar meus conhecimentos e avançar mais uma etapa na minha formação profissional.

Aos professores Dr. Paulo de Paula Mendes (orientador) e Dr. Borko Stosic e Dra. Maria Adélia B. de Oliveira (co-orientadores), que me transmitiram muita paciência, compreensão e sinceridade em repassarem seus conhecimentos e experiências na orientação deste trabalho, e, acima de tudo, pela amizade e companheirismo.

Aos Professores e funcionários que compõem o Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, em especial Prof^a. Laélia Pumilla, Prof^a. Viviane Moraes, Marco Santos (secretário), Dona Zuleide, meus sinceros agradecimentos.

Aos colegas do curso de Mestrado e Engenharia de Pesca, em especial, Adriano Victor, Angela Alves, Eduardo José, Esdras Adriano, Frank Sinatra, Janilson Alves, Lucas Gallindo, Luiz Henrique, Luiz José, Moacy Vasconcelos, Rosangela Silveira, Sâmia Régia, Dijaci Araujo, Diogo Bessa, Yuri Vinícius e Candida Juliana e os Professores, Maria do Socorro, Aguinaldo Marinho, Walenska Maysa e ao colega Luciano Souza e todos os outros com quem tive o prazer de conviver durante este período, pela amizade, compreensão e ajuda, esperando manter este ciclo de amizade.

A todos os amigos que, direta e/ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Em quem está oculto todo o tesouro da sabedoria e ciência.”

Colossenses c.2, v.3.

Resumo

Para avaliar a eficiência do cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, em sistema dulciaqüícola, utilizou-se a técnica da Análise Envoltória dos Dados (Data Envelopment Analysis - DEA), considerando as variáveis de saída (produtos) produção e peso médio final quando associadas às de entrada (insumos) tempo de cultivo, quantidade de pós-larva, área do viveiro, quantidade de ração ofertada e as variáveis exógenas, marca de ração e laboratório de origem das pós-larvas. Utilizou-se um banco de dados de uma fazenda comercial do Rio Grande do Norte – Brasil, composto por 115 observações, o qual foi gerado durante o período de Agosto de 2002 a Outubro de 2005, sendo utilizado o sistema bifásico (fase berçário e fase engorda). Com a técnica DEA evidenciaram-se 24 cultivos eficientes e 91 ineficientes (eficiência<1). Nos cultivos ineficientes, foram estabelecidas as metas individuais para sua otimização. Verificou-se também que a variável exógena temperatura foi relacionada com produção e o peso médio final dos camarões, enquanto que oxigênio, pH e transparência não tiveram relação significativa ($p \geq 0,05$).

Palavras-chave: Cultivo, DEA, *L.vannamei*, Modelo.

Abstract

In this work, Data Envelopment Analysis was used to evaluate efficiency of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* culture with freshwater systems, considering relation between output variables (production and final mean weight) and input variables (culture production time, post larvae quantity, pond area, ration quantity), offered (pH, water transparency, ration brand and post larvae hatchery source). The database used for this study belongs to a commercial farm at Rio Grande do Norte – Brazil, composed of 115 observations collected from August 2008 to October 2005. Application of DEA indicates that 24 cultures were efficient, while 91 were not efficient (efficiency less than 1). For each of the inefficient cultures individual efficiency optimization goals were established. It was also found that among the exogenous variables only temperature was related with the production efficiency in terms of final mean weight shrimp, while dissolved oxygen pH, water transparency, ration brand and post larvae source do not demonstrate significant relevance ($p \geq 0,05$).

Keywords: Culture, DEA, *Litopenaeus vannamei*, Model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1a - Relação da PROD do <i>Litopenaeus vannamei</i> em função do TC.....	39
Figura 1b - Relação da PROD do <i>Litopenaeus vannamei</i> em função do NPL...	39
Figura 1c - Relação da PROD do <i>Litopenaeus vannamei</i> em função do QOF..	39
Figura 1d - Relação da PROD do <i>Litopenaeus vannamei</i> em função do AV.....	39
Figura 2a - Relação da PMF do <i>Litopenaeus vannamei</i> em função do TC.....	40
Figura 2b - Relação da PMF do <i>Litopenaeus vannamei</i> em função do NPL.....	40
Figura 2c - Relação da PMF do <i>Litopenaeus vannamei</i> em função do QOF.....	41
Figura 2d - Relação da PMF do <i>Litopenaeus vannamei</i> em função do AV.....	41
Figura 3a - Relação entre pH e a eficiência dos cultivos do <i>Litopenaues vannamei</i>	42
Figura 3b - Relação entre temperatura e a eficiência dos cultivos do <i>Litopenaues vannamei</i>	42
Figura 3c - Relação entre transparência e a eficiência dos cultivos do <i>Litopenaues vannamei</i>	42
Figura 3d - Relação entre oxigênio e a eficiência dos cultivos do <i>Litopenaues vannamei</i>	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Produção mundial de camarão cultivado – 2003/2005.....	17
Tabela 2 -	Variáveis produtos e os insumos relacionados ao cultivo do camarão marinho <i>L. vannamei</i> utilizados nas análises.....	29
Tabela 3 -	Análise estatística dos indicadores do camarão <i>Litopenaeus vannamei</i> , quando cultivado em água doce.....	33
Tabela 4 -	Classificação dos grupos de eficiência dos cultivos do <i>L. vannamei</i> quando em água doce	34
Tabela 5 -	Resultados das DMUs ineficientes com suas respectivas metas-Modelo CCR (Orientação insumo) para os cultivos do <i>L. vannamei</i>	35
Tabela 6 -	Eficiência das rações utilizadas no cultivo do camarão marinho <i>Litopenaeus vannamei</i> em água doce.....	37
Tabela 7 -	Relação da eficiência dos laboratórios fornecedores de pós-larva do <i>Litopenaeus vannamei</i>	38
Tabela 8 -	Relação entre a produção do <i>L. vannamei</i> com tempo de cultivo, quantidade de pós-larvas, quantidade de ração ofertada e área do viveiro em água doce.....	39
Tabela 9 -	Relação entre o peso médio final do <i>L. vannamei</i> com tempo de cultivo, quantidade de pós-larvas, quantidade de ração ofertada e área do viveiro em água doce.....	40
Tabela 10 -	Relação entre pH, temperatura, transparência e oxigênio com eficiência dos cultivos do <i>L. vannamei</i>	41
Tabela 11 -	Parâmetros físico-químicos da água do cultivo <i>L. vannamei</i>	43

SUMÁRIO

1.	Introdução	11
2.	REVISAO DE LITERATURA.....	13
2.1.	Carcinicultura no mundo	13
2.2.	Carcinicultura no Brasil	14
2.3.	Análise de Dados	19
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1.	Origem dos dados	28
3.2.	Análise de Dados	29
3.3.	Análise de Correlação	31
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.	CONCLUSÕES	44
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, cultivado em água doce, apresentou no período de 2002 a 2005 uma taxa média de crescimento 33,34%/ano (FAO, 2007). Essa atividade tem contribuído de forma significativa para o desenvolvimento sócio-econômico das populações interioranas e ribeirinhas, levando emprego e renda a essas regiões, onde são baixos os investimentos empresariais e governamentais.

Vários fatores têm contribuído de forma significativa, para o crescimento do agronegócio da carcinicultura, entre eles destacam-se o progresso de novas tecnologias de manejo na fase de larvicultura e de engorda; a busca de técnicas que interajam entre o manejo e as epizootias; e a maximização da produção e produtividade nas fazendas, através de pesquisas nas diversas áreas que compõem a cadeia produtiva do camarão.

O Brasil vem se destacando mundialmente nesse agronegócio, por ter uma das maiores produtividades (4.333 kg/ha/ano), portanto acima da média mundial que foi de 1.609 kg/ha/ano, ou seja, um aumento positivo na produção do cultivo do camarão marinho (FAO, 2007).

Outro segmento da carcinicultura que tem apresentado excelentes resultados é a comercialização do camarão, no mercado interno. Estas ações foram totalmente influenciadas pelas flutuações cambiais, mas, principalmente, com a valorização da moeda brasileira frente ao dólar e ao euro. Ressalta-se que a presença de algumas enfermidades, em especial o vírus IMNV, favorecem a exportação a se tornar menos lucrativa e com isso fortalecendo o mercado interno (Madrid, 2007).

Devido ao crescimento da carcinicultura, faz-se necessário realizar pesquisas constantes, tanto na área de manejo da espécie quanto na área de estatística, analisando a eficiência das variáveis envolvidas no cultivo do *L. vannamei* em

sistema dulciaqüícola, buscando melhores resultados, principalmente na produção e peso médio final dos camarões, e também minimizando os custos da produção da atividade, para que esse agronegócio permaneça crescendo e cooperando para propagação sócio-econômica do estado.

Entre as técnicas de diagnósticos dos dados das fazendas de camarões comerciais, têm-se atentado, recentemente, para o uso de processos estatísticos no sentido de analisar, com profundidade, a eficiência da produtividade dos cultivos, relacionando-os com os produtos e insumos envolvidos na sua geração. Entre essas técnicas, destaca-se a Análise Envoltória de Dados (DEA), a qual é utilizada por vários autores nos diversos tipos de atividades, como: Avaliações Cruzadas da Produtividade dos Departamentos Acadêmicos da UFSC (Abel, 2000), Análise de Demonstrações Contábeis (Kassai, 2002), Avaliação de Desempenho Acadêmico (Marcilice, 2006) e Avaliação dos Bolsistas de Produtividades em Pesquisa da Engenharia de Produção (Niederauer, 2000), entre outros. Essa técnica tem como referência a programação linear, que serve principalmente, para avaliar a medida da eficiência relativa de cada viveiro e cultivo, classificando como eficiente e ineficiente, e estabelecendo metas para melhoria de produção de unidades ineficientes (Vasconcellos et al., 2006).

Desta forma, objetivou-se analisar os dados de cultivo do *L. vannamei*, em sistema dulciaqüícola, utilizando a técnica DEA (Data Envelopment Analysis) para o diagnóstico dos cultivos eficientes e não eficientes, considerando as variáveis produtos (produção e peso médio final) quando associados aos insumos (tempo de cultivos, quantidades de pós-larva, quantidades de ração ofertada, área do viveiro) e as variáveis exógenas, laboratório de origem das pós-larvas e marca da ração).

2. REVISAO DE LITERATURA

2.1. *Carcinicultura no mundo*

O cultivo do camarão marinho, como cultura de subsistência, teve sua origem no Sudoeste da Ásia, onde essa atividade se manteve por séculos, com características artesanais. No início dos anos de 1930, o técnico Japonês Motosaku Fujinaga conseguiu a primeira desova, em laboratório, da espécie *Marsupenaeus japonicus*, utilizando uma fêmea extraída do mar, e que a partir daí foi o passo inicial para a produção de pós-larvas, em escala comercial. No ano de 1964, Jiro Kitaka, utilizou uma nova técnica de melhoramento para o cultivo de camarão em cativeiro, com isso dando sua contribuição para melhoria do cultivo (Bezerra, 2006).

De acordo com Bezerra (2006), com a crescente demanda mundial por peixes, crustáceos e outros organismos aquáticos, a aquicultura vem tendo uma grande importância na produção de alimentos, especialmente com a finalidade de suprir o déficit da pesca extrativa. Neste contexto, destaca-se a carcinicultura que vem contribuindo para esse crescimento e, atualmente, representa 12% da aquicultura mundial.

De acordo com Rocha (2005), os principais países que mais cultivaram o camarão em 2005 foram China (1.024.949 t), Tailândia (375.320 t), Vietnã (327.200 t), Indonésia (279.539 t), Índia (130.805 t), Equador (130.000 t), México (72.279 t), Brasil (65.000 t), Bangladesh (63.052 t), Filipinas (39.909 t), América Central (41.919 t). Dentre os países produtores de camarão em cativeiro, o hemisfério oriental é responsável por 82,4% da produção mundial, tendo produzido 2.523.936 toneladas no ano de 2005.

O *Litopenaeus vannamei* é a espécie que mais se destacou na produção do camarão em cativeiro no ano de 2005. Sua representatividade foi de 67,37% do total das espécies de camarão cultivados em todo o mundo. Em seguida tem-se o *Penaeus monodon* com 30,46% e logo após com 2,16% *Fenneropenaeus chinensis*

(FAO, 2007). Isto se deve a vários fatores que contribuíram de forma definitiva para esse crescimento, entre eles pode-se destacar os processos tecnológicos de manejo, em especial o monitoramento da qualidade da água de viveiros, o aprimoramento dos métodos de alimentação, maturação, reprodução e larvicultura, técnica de transferência de pós-larvas para as fazendas, melhoramento na qualidade da ração, etc.

Logo no início do desenvolvimento da carcinicultura ela era executada em áreas de várzeas próximas aos manguezais. Mas, no início da década de 80, houveram as primeiras instalações das fazendas de camarão nas áreas mais elevadas, ou seja, mais afastadas dos manguezais. Com essa nova estratégia de implantação de viveiros, a carcinicultura teve melhores rendimentos em termos de produtividade. Mas para se chegar a esses resultados foram necessários vários trabalhos de pesquisa, principalmente nas áreas tecnológicas para resolver outros problemas de planejamento, implantação e operação de fazendas, principalmente com relação à ração e pós-larvas, buscando uma melhoria para uma competitividade no mercado mundial (Rocha et al., 2004).

Com o elevado índice de crescimento comercial, por parte da carcinicultura, houve uma preocupação com os recursos naturais utilizados pela mesma, para que haja um equilíbrio entre o ecossistema costeiro e suas atividades produtivas, ou seja, utilizando prática tecnológica apropriada. No entanto, o mercado internacional, observa-se medidas de cultivo do camarão, como sendo o enfoque de convivência com o meio ambiente, dentro de uma ação conjunto entre governo, regulamentação ambiental, setor privado, implementando regras ambientalistas responsáveis pela biossegurança (Grandi et al., 2004).

2.2. Carcinicultura no Brasil

As primeiras iniciativas para o cultivo do camarão marinho no Brasil, datam da década de 1970, quando o Governo do Rio Grande do Norte, criou o Projeto Camarão na Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio grande do Norte S.A.

(EMPARN), para estudar a viabilidade do seu cultivo em substituição à extração do sal. Os primeiros esforços de cultivo, ocorrerá na década de 1980, utilizando-se a espécie exótica *Penaeus japonicus*, reforçando com isso o Projeto Camarão, e a partir daí desenvolvendo trabalhos de adaptação da espécie exótica às condições locais. Portanto, nesse período, o sistema de cultivo no Brasil, era predominantemente extensivo, sinônimo de baixa densidade (Grandi et al., 2004).

Com o desenvolvimento das técnicas no Brasil, foram criadas as primeiras fazendas de camarão na região Nordeste, dando início a decisão da Companhia Industrial do Rio Grande do Norte (CIRNE), de modificar suas salinas para o cultivo de camarão. Esse evento, pode-se dizer que foi o marco inicial para o envolvimento empresarial desse agronegócio. Mas, com a falta de recursos tecnológicos adequados e pesquisas mais abrangentes, entre os anos de 1983 e 1987, a carcinicultura brasileira obteve seu primeiro fracasso. Mas, com as fazendas e laboratórios de camarão instalados, os técnicos e produtores, com suas experiências e práticas de cultivos, começaram a utilizar as espécies nativas *Farfantepenaeus brasilienses*, *F. subtilis*, *F. paulensis* e *Litopenaeus schimitti* e durante os dez anos seguintes de trabalhos de adaptação dessas espécies, os resultados não foram satisfatórios, devido ao relacionamento com os seus requerimentos protéicos e a não existência de alimentos concentrados que atendessem às suas exigências nutricionais (Grandi et al., 2004).

Com os níveis de produtividade (kg/ha/ano), obtido no cultivo do camarão marinho, traduzidos em termos financeiros, evidenciava-se que era apenas suficientes para cobrir os custos diretos de produção das fazendas com melhor manejo, onde tal situação comprometeu a rentabilidade do agronegócio levando à desativação de algumas grandes unidades produtoras (Rabelo & Nunes, 2006).

De acordo com Oliveira (2006), a partir da década de 1990, os laboratórios brasileiros têm trabalhado na reprodução e larvicultura propriamente dita, do *Litopenaeus vannamei*. Com isso as fazendas que foram desativadas passaram a

utilizar o novo cultivo com técnicas adequadas a essa espécie de camarão e assim obtendo altos índices de produtividade e rentabilidade superiores aos das espécies nativas. Doravante, as nossas tecnologias começaram a se adaptar a nova espécie de camarão, ficando assim demonstrada em 1995/1996 a qualidade comercial de produção no País.

O Brasil fechou o ano de 2005, com uma produção de 65.000 toneladas, ficando atrás do México, que é tradicional em cultivo de camarão em cativeiro. Entre os países que desenvolvem a atividade da carcinicultura no hemisfério ocidental, tem-se ainda Colômbia, Venezuela, Peru, Panamá, Honduras e Nicarágua (FAO, 2007).

Com o grande avanço da tecnologia, a carcinicultura brasileira no ano 2003 obteve uma produção de 90.190 toneladas, levando o país a ser líder em produção do hemisfério ocidental, e ficando à frente do México, que sempre se colocava nas primeiras posições. Outro fator importante que se pode observar é o destaque alcançado pela carcinicultura brasileira em 2004, tendo um índice de produtividade bastante elevado em relação a outros países asiáticos (Tabela 1), mostrando com isso que a nossa tecnologia de manejo é eficiente e condições climáticas e ambientais são favoráveis a essa cultura (Rocha et al., 2004).

No ano de 2004, verificou-se uma queda na produção da carcinicultura brasileira. A produção nacional caiu 27,9%, saindo de 90,2 mil toneladas produzidas em 2003 para 65 mil toneladas em 2005 e com sua área de cultivo tendo uma redução de 9,6%. Com a queda da produção e o aumento na área de cultivo, a produtividade brasileira registrou queda, passando de 6.084 kg/ha/ano em 2003 para 4.333 kg/ha/ano em 2005, um decréscimo de 28,7% (Rocha et al., 2004).

O declínio foi decorrente, principalmente, do aparecimento do vírus IMNV (*Mionecrose Infecciosa*), causando uma queda de sobrevivência e redução no cultivo do camarão. Outro fator que contribuiu para o decréscimo da produtividade brasileira foi à ação *antidumping* promovida pelos EUA contra o produto brasileiro,

levando muitos produtores a reduzirem sua produção (Rocha et al., 2004). Ressalta-se ainda que a valorização cambial, perante o dólar americano favorece muito esse declínio.

Tabela 1 – Produção mundial de camarão cultivado – 2003/2005

Países	Produção o (t)	Área (ha)	Produtividade (kg/ha/ano)	Produção (t)	Área (ha)	Produtividade (kg/ha/ano)
2003			2005			
China	789.373	257.200	3.069	1.024.949	300.000	3.416
Tailândia	330.725	64.000	5.168	376.320	64.000	5.864
Vietnã	231.717	500.000	463	327.200	722.000	453
Indonésia	191.148	480.000	398	279.539	395.000	708
Índia	113.240	195.000	581	130.805	170.000	769
Equador	82.137	130.900	627	130.000	150.000	867
México	45.857	37.469	1.224	72.279	43.000	1.681
Brasil	90.190	14.824	6.084	65.000	15.000	4.333
Bangladesh	56.503	145.000	390	63.052	145.000	436
Filipinas	37.033	30.000	1.234	39.909	30.000	1.330
América Central*	51.484	35.000	1.471	41.919	40.000	1.048
Outros	132.770	118.866	1.117	183.162	161.900	1.131
Total	2.152.173	2.008.259	1.072	2.734.411	2.235.900	22.036

Fonte: ROCHA, 2007. **América Central*** (Bahamas, Belize, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, Nicarágua e Panamá).

De acordo com ABCC (2004), a região Nordeste possui uma área potencial de 300.000 hectares de terras propícias à atividade do cultivo do camarão marinho, devido a suas condições climáticas e seu solo arenoso, permitindo uma vantagem em relação aos outros países. Associado a este fatores tem-se disponível o setor empresarial com vontade de investir na atividade do cultivo do camarão marinho, mostrando seus investimentos em termos tecnológicos e comerciais. Ressalta-se

ainda, que devido às suas características climáticas favoráveis, a região Nordeste conta com uma condição hidrobiológica e topográfica, bastante propícia para o cultivo, observando-se também sua localização geográfica e estratégica para exportação do produto final. E com isso, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento desse agronegócio, minimizando os problemas sociais e gerando empregos diretos a população (Rabelo & Nunes, 2006).

O manejo empregado na carcinicultura brasileira apresenta variações entre as fazendas. O sistema de cultivo mais utilizado, entre os produtores de camarão é o bifásico, ou seja, utiliza-se fase de berçário e a de engorda (Silva, 2006). Na fase berçário, é utilizado uma estrutura em alvenaria com aproximadamente 50-80 m³, denominado tanques-berçário. Normalmente a densidade de estocagem varia de 20 a 25 pós-larva/litro (PL/L), e o tempo de cultivo de 10 a 12 dias. A utilização desses tanques, basicamente, serve para adaptação das pós-larvas oriundas dos laboratórios de larvicultura, para serem submetidas ao campo. A segunda fase, ou o processo de engorda propriamente dito dos camarões inicia-se a partir da transferência das pós-larvas para os viveiros de engorda. Esses viveiros, normalmente, possuem área de 1,0 a 5,0 ha, as pós-larvas são estocadas a 20-80 PL/m², durante 100 a 120 dias de cultivo.

Como estratégia de alimentação utiliza-se o voleio para distribuir a ração na primeira fase e, posteriormente, a alimentação é colocada em bandejas. Essas bandejas são dotadas de bóias ou amarradas em estacas e a quantidade diária a ser administrada são determinadas de acordo com densidade de estocagem de camarões e o consumo rações pelos camarões (Nunes, 2004; Ximenes, 2005).

O cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em águas de baixa salinidade é uma atividade recente no país, mas que já vem despertando o interesse de vários empreendedores. Atualmente o Brasil possui uma área de 16.000 ha para o cultivo do camarão (ABCC, 2008). Desse total estima-se que 400 a 800 ha seja destinado ao *Litopenaeus vannamei* em água doce. No entanto, este total é variável, pois

muitas fazendas são abastecidas com água com grandes variações anuais na salinidade.

Independendo do sistema de cultivo, na maioria das vezes a despesca dos camarões é feita no período entre 90 e 120 dias de engorda, o que tem propiciado camarões com peso médio de 10-12g. Entretanto, existem situações em que é mais lucrativo estender o tempo de engorda para que possa melhorar o preço no mercado. A despesca pode ser utilizada de duas maneiras: mecânica ou manual. No Brasil, normalmente utiliza-se o manual com redes denominadas bag-net.

2.3. Análise de Dados

Várias técnicas têm sido utilizadas por pesquisadores, (Ximenes, 2005 e Bezerra, 2006) nos últimos anos, para relacionar as variáveis respostas (produtividade, sobrevivência, fator de conversão alimentar, etc.) com os de manejo (densidade, dias de cultivo, fornecedor de pós-larvas, etc.), no cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. Esse acompanhamento serve como base para monitorar cada viveiro, buscando otimizar a produção e minimizar seus custos. Entre essas técnicas as mais utilizadas tem sido com o uso de Regressão linear simples ou múltipla. Por outro lado, para estes estudos pode-se também utilizar a técnica econométrica da Análise Envoltória de Dados (DEA), que tem como objetivo estimar a eficiência das unidades avaliadas (Decision Making Units – DMUs), na base de uso de insumos para gerar produtos. No caso atual, as variáveis produtos tais como produção e peso médio final podem ser relacionadas com os insumos (tempo de cultivo, quantidade de pós-larva, área do viveiro, quantidade de ração ofertada, marca de ração e laboratório de origem das pós-larvas), através dessa tecnologia e ainda pode ser verificado se as variáveis exógenos (oxigênio, temperatura, pH e transparência) afetam significativamente à produção.

Segundo Brunetta (2004), questões como sustentabilidade, competitividade e qualidade, têm sido intensamente estudadas nos últimos anos. Na área da carcinicultura não é diferente, visto que para tornar este agronegócio sustentável e

lucrativo, faz-se necessário rever alguns paradigmas preconizados pelo atual modelo de produção e organização adotadas pelo setor. De acordo com Souza (2007), tais paradigmas possuem três elementos básicos: i) a seleção das variáveis, ou seja, esta seleção ou decisão se relaciona com as variáveis do problema; ii) estabelecer algumas restrições que definam o conjunto de valores dos quais foram selecionadas; iii) finalmente conhecer a função que determina os diferentes valores para o êxito de alternativas de decisão.

No contexto de produtividade, os profissionais das Ciências Agrárias precisam aperfeiçoar seus conhecimentos, dominando informações e tecnologias que contribuam de forma positiva, para a solução dos problemas da produtividade. Ou seja, existe a necessidade de produtores se tornarem ágeis, precisos e rápidos em suas decisões, não podendo mais administrar seus negócios como no passado, devido às mudanças econômicas mundiais (Brunetta, 2004).

A Função de Produção para qualquer produto é uma equação, tabela ou gráfico que evidencia a quantidade (máxima) que pode ser produzida na unidade de tempo, para cada conjunto de insumos alternativos, quando a melhor técnica de produção disponível é utilizada. Conforme Silva & Azevedo (2004), a função de produção pode ser expressa da seguinte forma:

$$Y = f(X) \quad (\text{Eq. 1})$$

em que $Y=(y_1, y_2, \dots, y_k)^T$ - vetor de produtos obtidos e $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ vetor de insumos e T é a transposta.

O conceito de retornos de escala está relacionado à forma como os produtos ou insumos responde à variação dos insumos ou produtos, e se referem, portanto, ao tamanho (escala) das operações de uma DMU (Shimonishi, 2005), ou seja, se é possível ou não esperar aumento proporcional de produtos com aumento arbitrário de insumos. É natural pensar que os modelos para medida de eficiência devem incorporar informações de retornos de escala. Do ponto de vista geométrico, os retornos de escala influenciam a forma das fronteiras de eficiência e, conseqüentemente, escore de eficiência resultante. A maioria dos modelos para

medida de eficiência utilizam, segundo Souza (2007) a seguinte classificação para os retornos à escala:

- **Retornos à escala constantes:** situações quando insumos e produtos podem manter proporção um em relação ao outro, para qualquer escala (volume) de produção. Isto é, uma tecnologia exibe RCE, se:

$$f(ax) = f(ax_1, ax_2, ax_3, \dots, ax_p) = af(x_1, x_2, x_3, \dots, x_p), \text{ para } a > 1 \quad (\text{Eq. 2})$$

- **Retornos à escala crescentes:** ocorrem quando uma razão entre os produtos e insumos cresce com diminuição de insumos, assim dobrando-se a quantidade de insumos, para continuar ser eficiente, os produtos têm que ser maiores que o dobro:

$$f(ax) = f(ax_1, ax_2, ax_3, \dots, ax_p) > af(x_1, x_2, x_3, \dots, x_p), \text{ para } a > 1 \quad (\text{Eq. 3})$$

- **Retornos à escala decrescentes:** ocorrem quando um aumento proporcional em todos os insumos exige aumento menor nos produtos para manter eficiência, assim dobrando-se a quantidade de insumos, os produtos menores que o dobro é suficiente para manter eficiência:

$$f(ax) = f(ax_1, ax_2, ax_3, \dots, ax_p) < af(x_1, x_2, x_3, \dots, x_p), \text{ para } a > 1 \quad (\text{Eq. 4})$$

A forma funcional para as fronteiras de produção mais utilizada nas áreas de economia (econometria) foi introduzida em 1928 por Cobb & Douglas (1928). De forma geral, a função de produção pode conter o componente aleatório, e os modelos correspondentes podem ser divididos em determinísticos e estocásticos. A fronteira de produção determinística abrange todas as observações, identificando a distância entre a produção observada e a produção máxima, definida pela fronteira e pela tecnologia corrente, como ineficiência técnica. Por outro lado, fronteira de produção estocástica permite distinguir entre eficiência técnica e ruídos estatísticos (Abel, 2000).

Conforme Farrell (1957) o sucesso em produzir a maior quantidade possível de produto, dados os insumos, define uma organização eficiente. Para organizações que não atingem este objetivo, ineficiência técnica quantifica o fracasso (distância) para alcançar a fronteira de eficiência (Charnes & Cooper, 1990).

Para discutir eficiência precisa-se observar seus conceitos. O conceito de eficiência pode ser encontrado de diversas formas. Entretanto, na maioria das vezes ele sempre é interpretado como eficiência técnica (Abel, 2000). A eficiência técnica relaciona a conversão de insumos físicos em produtos físicos, com a melhor prática (teórica ou observada). Pode-se então dizer que, dada a tecnologia corrente, não deverá haver desperdício de insumos, qualquer que seja para produzir a quantidade dos produtos observados. Se a organização opera na melhor prática observada ela é dita 100% tecnicamente eficiente. Caso contrário, a eficiência técnica da organização é expressa como uma porcentagem da melhor prática. Práticas gerenciais, escala ou tamanho das operações podem afetar a eficiência técnica a qual é baseada em relações, mas não nos preços ou custos.

De acordo com Souza (2007), outro conceito de eficiência é de Eficiência Alocativa, o qual se avalia os insumos, dado um nível de produto e o preço dos insumos, são escolhidos para minimizar os custos de produção, assumindo que a organização sob análise já é tecnicamente eficiente. A Eficiência Alocativa pode ser expressa em porcentagem, em que o escore de 100% indica que a organização usa seus insumos numa proporção adequada, ou seja, na proporção que os custos são minimizados.

Uma organização que opera na melhor prática, em termos técnicos, pode ser ineficiente em termos alocativos se ela não usa os insumos na proporção adequada que minimize os custos, dados os preços relativos dos insumos.

O método da Análise Envoltória de Dados (DEA) baseia-se em consideração de fronteira empírica de eficiência, constituída pela Unidade Tomadora de Decisão (DMUs), que usam a menor quantidade de insumos (entrada) para produzir a maior quantidade de produtos (saída), dentro de uma amostra observada. Comparação simultânea de valores de múltiplas variáveis de entrada e de saída é efetuada para todas DMUs de amostra, onde as DMUs que produzem a maior quantidade de produtos, usando a menor quantidade de insumos (na fronteira de eficiência), estão

atribuídas valor unitário de eficiência, enquanto os demais recebem valores numéricos de eficiência entre zero e um.

O método DEA baseia-se em construir fronteira empírica de eficiência como envelope convexo (convex hull) englobando dados empíricos, dentro de espaço multidimensional definido pelas variáveis de entrada e de saída. Em seguida, a eficiência de cada DMU é definida como razão de sua distância (Euclidiana) e distância de sua projeção radial na fronteira, em relação de origem de coordenadas. Conseqüentemente, todas as DMUs que geram fronteiras empíricas de eficiência, são atribuídas eficiência unitária, enquanto as demais DMUs recebem eficiência menor do que um (ineficiente). Este conceito foi introduzido por Farrell em 1957 com formulação para um único produto e múltiplos insumos, enquanto aplicação com sucesso para múltiplas variáveis de entrada (insumos), e múltiplas variáveis de saída (produtos), tornou-se possível só duas décadas mais tarde, depois do trabalho de Charnes et al. (1978).

Os modelos DEA são classificados de acordo com o tipo de superfície de envelopamento, a medida de eficiência e a orientação (insumo ou produto) Paridi et al., (1998). Logo quanto à superfície de envelopamento, existem dois tipos de modelos básicos, os quais são conhecidos como CCR (Charnes, Cooper e Rhodes) e BCC (Banker, Charnes e Cooper). Cada um destes modelos faz suposições implícitas no que se refere aos retornos de escala associada com cada tipo de superfície.

Charnes et al. (1978), introduziram o modelo CCR (CRS – Retornos Constantes de Escala) o qual assume que o aumento dos produtos é proporcional ao aumento dos insumos para quaisquer escala de produção e Banker et al. (1984), o BCC (VRS – Retornos Variáveis de Escala), admitindo que a tecnologia de produção exponha retornos crescentes, retornos decrescentes, bem como retornos constantes.

Quanto à orientação, os modelos podem ser classificados em orientação insumo (visa maximizar os insumos), orientação produto (visa maximizar os produtos) e aditivo (insumos e produtos são minimizados e maximizados, respectivamente), baseados na direção da projeção da DMU até à fronteira. No entanto, o modelo DEA mais apropriado para um estudo de eficiência, depende primariamente no próprio fenômeno estudado, considerando tipo de organização envolvida, dados disponíveis e capacidade de decisão em escolher aquele que melhor reflita a realidade dos fatores (insumos e produtos) (Vasconcellos et al. 2006).

Usa-se o modelo CCR (CRS) quando o estudo assume que as DMUs sob análise operam com Retornos Constantes de Escala. Já o modelo BCC (VRS) é utilizado quando se assume Retornos Variáveis de Escala (crescentes ou decrescentes, bem com retornos constantes).

O modelo DEA original (com orientação insumo) determina a eficiência de uma DMU maximizando a razão entre a soma ponderada dos produtos e a soma ponderada dos insumos. O resultado deste procedimento resulta em um conjunto de escores de eficiência menor ou igual a 1, onde o conjunto de DMUs com eficiência unitária representa a fronteira de produção. Aqui o escore de eficiência é determinado mantendo-se os produtos constantes e avaliando até que ponto os insumos precisam ser diminuídos para uma DMU ser considerada eficiente (Vasconcellos et al. 2006).

Uma DMU eficiente não possui possibilidade de melhora (supondo que amostra observada é representativa para a população), enquanto DMUs ineficientes têm escores de eficiência refletindo o potencial de melhoria baseado no desempenho de DMUs eficientes. Para determinar os escores de eficiência relativa, um programa linear deve ser executado para cada DMU.

Segundo Silva & Azevedo (2004), o modelo com orientação produto é similar ao modelo com orientação insumo, mas neste caso, busca-se maximizar a razão

entre a soma ponderada dos insumos e a soma ponderada dos produtos para determinar o montante que cada produto das DMUs pode ser aumentado enquanto mantêm-se os insumos constantes. De novo, como no modelo com orientação insumo, DMUs ineficientes têm escores de eficiência refletindo o potencial de melhoria baseado no desempenho de DMUs eficientes.

No modelo CCR (CRS) os escores de eficiência são os mesmos para ambas as orientações. Já no modelo BCC (VRS), os escores de eficiência dependem da orientação. O modelo CCR (CRS) que assume retornos constantes de escala é apropriado em situações quando DMUs consideradas não diferem muito pelo volume de produção, enquanto em casos mais gerais (ex. conjunto de empresas muito grandes e muito pequenas), retornos crescentes (Zardkoohi & Kolon, 1994; Drake & Howcroft, 1994) ou decrescentes (Giokas, 1991) são mais apropriados. O modelo CCR (CRS) é mais restritivo que o modelo BCC (VRS) apresentando um menor número de DMUs eficientes e também diminui os escores de eficiência entre todas as DMUs. Isto é devido ao fato de que o CCR (CRS) ser um caso especial do modelo BCC (VRS).

De acordo com Mendes (1999) & Triola et al., (2005), para analisar a relação entre duas ou mais variáveis, utiliza-se o coeficiente de determinação, conhecido por coeficiente de Pearson “ r ”, onde o uso desta análise tem como principal objetivo estudar a relação das variáveis, seja ela linear ou não linear.

As relações entre as variáveis podem ser representadas por três tipos: correlação linear positiva; correlação linear negativa e nenhuma correlação. O campo de variação do coeficiente de correlação linear de Pearson r varia entre -1 a +1 ($-1 \leq r \leq +1$). Quanto mais próximo de -1, diz-se haver uma forte correlação linear negativa e quanto mais próximo de +1 diz-se haver uma forte correlação linear positiva (Souza, 2007),

Para analisar uma coleção de dados amostrais emparelhados e determinar se existe uma relação entre duas variáveis ($X \times Y$) ou três variáveis (X_1/ Y , X_2/ Y) ou (Y_1/ X , Y_2/ X), utiliza-se o gráfico de dispersão. A análise gráfica atende os seguintes objetivos: Observar o comportamento de cada DMU com respeito as variáveis consideradas; Verificar se o plano de produção indica retornos constantes ou variáveis de escala; Investigar a existência de DMUs influentes.

Na análise do DEA, faz-se necessário que seja realizada a análise de agrupamento. Essa análise representa um conjunto de técnicas que se utilizam para agrupar um conjunto de dados em um determinado conjunto de grupos, mutuamente exclusivos, com elementos de mesmo tipo dentro de cada grupo e elementos diferentes entre os grupos. Estas técnicas de agrupar objetos pelo tipo, utilizando-se dados destes objetos, têm-se sugerido pela própria estrutura dos dados, sem que ocorra qualquer preferência externa do pesquisador. O problema que a análise de agrupamento propõe, é a de resolver através dos dados de uma amostra de k objetos, onde cada variáveis possui seu valor, com isso podendo elaborar um esquema de agrupamento dos objetos em classes e de maneira que os mais semelhantes estejam na mesma classe do grupo (Souza, 2007).

O processo de agrupar pode ser iniciado tomando-se “ y ” medidas sobre cada um dos “ x ” objetos. Em que a matriz ($k \times L$) dos dados é então transformada em uma matriz ($k \times k$) homogênea. Com isso, pode-se calcular a distância entre pares de objetos dentre as variáveis homogêneas. Em seguida, um algoritmo de agrupamento é selecionado, o qual define as regras relativas de agrupamento usando os objetos em subgrupos com base nas homogeneidades entre os objetos Dillon & Goldstein (1984).

Neste trabalho, o método de agrupamento por k -médias foi utilizado para agrupamento de cultivos de camarão pela eficiência (obtida por DEA), sendo o método o mais simples e o mais utilizado na literatura. O método k -médias minimiza a distância quadrada entre vetor central de agrupamentos ou centróides de grupos, e as observações que pertencem aos grupos. O método k -médias exige

conhecimento prévio do número de agrupamentos ao qual se queira trabalhar, buscando com isso alocar observações em grupos distintos (e exclusivos), na base de distância entre observações no espaço de parâmetros.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Origem dos dados

Foram utilizados dados de 115 cultivos, oriundos de 22 viveiros de uma fazenda comercial que cultiva o camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em água doce. A referida fazenda localiza-se no Rio Grande do Norte/Brasil e os cultivos foram realizados no período de Agosto de 2002 a Outubro de 2005. Dos viveiros utilizados, 14 possuíam abastecimento de água com renovação parcial e área de 3,5 ha cada. Os demais viveiros possuíam sistema de recirculação de água e área de 2,2 ha cada.

O sistema de cultivo adotado na fazenda foi o bifásico, em que na primeira etapa, denominada fase berçário, as pós-larvas foram estocadas em tanques-berçário à densidade de 20 a 25 PL/L, durante 10 a 20 dias. Nesse período utilizou-se uma dieta constituída de biomassa de artemia e ração comercial a cada duas horas. Na segunda etapa, chamada fase de engorda, as pós-larvas foram transferidas dos tanques-berçário e estocadas em viveiros de engorda a densidade de 6,8 a 57,1 PL/m². O período de cultivo variou de 73 a 186 dias ou até adquirir o peso adequado para comercialização. Os parâmetros da água foram monitorados às 05, 08, 16 e 20 h, diariamente.

Com base nos 115 cultivos constituiu-se o banco de dados, formado pelas variáveis produtos e insumos e as variáveis exógenas. Os produtos selecionados foram produção (PRD) e peso médio final (PMF), enquanto que os insumos (dados de entrada) foram tempo de cultivo (TC), quantidade de pós-larvas (NPL), quantidade de ração ofertada (QOF), área do viveiro (AV) e as variáveis exógenas, laboratório de origem das pós-larvas (LOPL) e marca da ração (MR). A variável laboratório de origem das pós-larvas (LOPL) representou os diferentes laboratórios comerciais dos quais foram adquiridas as pós-larvas. Ao total foram utilizadas pós-larvas oriundas de oito laboratórios que foram representadas por LOPL₁, LOPL₂, LOPL₃, LOPL₄, LOPL₅, LOPL₆, LOPL₇ e LOPL₈. A variável marca da ração (MR) representou os fabricantes das rações comerciais as quais foram denominadas de

MR₁, MR₂, MR₃, MR₄, MR₅, MR₆, MR₇, MR₈ e MR₉. A nomenclatura MR₁₀ representou uma mistura de soja e uma ração comercial não determinada e MR₁₁ o uso de peixe triturado. Quanto à concentração de proteína nas rações elas possuíam, de acordo com Silva, 2006 40% (MR₄), 30% (MR₅) e o restante 35% de proteína bruta (PB).

Para analisar a tendência de cada uma das variáveis (produto) no cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* com relação às estabelecidas no manejo (variável insumo), foram utilizados as técnicas da Análise Envoltória dos Dados (DEA), que serviu para selecionar as variáveis insumos mais representativas em relação a cada variável produto.

3.2. Análise de Dados

As variáveis relacionadas ao cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema dulciaqüícola, que foram selecionadas para análise dos dados, estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Variáveis produtos e os insumos relacionados ao cultivo do camarão marinho *L.vannamei* utilizadas nas análises.

Variáveis produtos	Variáveis insumos
Produção – PRD (t)	Tempo de cultivos - TC (dias)
Peso Médio Final – PMF (g)	Número de pós-larvas-NPL (ind/m ²)
	Quantidade de ração ofertada-QOF (kg)
	Área do viveiro - AV (ha)

Para analisar as tendências das variáveis do manejo e da qualidade da água, utilizou-se o software Microsoft Excel/2000, determinando os valores mínimos, máximos e o intervalo de confiança para a média, resultantes dos cultivos, obtidos durante o período de estudo.

Foi utilizado o modelo de Charnes, Cooper e Rhodes (CCR), também conhecido como Constant Return to Scale ou Retorno Constantes à Escala (CRS). Esta formulação tem orientação ao insumo, ou seja, este modelo busca minimizar o

consumo de insumo de forma a produzir no mínimo o nível de produção almejada. Segundo Lins & Calôba, (2006) e Talluri, (2000), o modelo matemático de Charnes, Cooper e Rhodes (CCR), pode ser expresso da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} \max_{u,v} h_k &\equiv \frac{\sum_{m=1}^M u_m y_{km}}{\sum_{n=1}^N v_n x_{kn}} \\ \text{Sujeito a } \frac{\sum_{m=1}^M u_m y_{jm}}{\sum_{n=1}^N v_n x_{jn}} &\leq 1 \quad j = 1, \dots, k, \dots, K \quad (\text{Eq. 5}) \\ u_m &> 0 \quad m = 1, \dots, M \\ v_n &> 0 \quad n = 1, \dots, N \end{aligned}$$

em que u_m - peso designado ao output m ; v_n - peso designado ao input n ; y_{jm} - quantidade do output m para a DMU j ; x_{jn} - quantidade de input n para a DMU j .

O problema fracionário descrito acima, pode ser reformulado como um problema linear. Para isto, supõe-se o denominador não nulo e igual a 1, transformando-se em um modelo linearizado (Charnes et al. , 1993). Com isso obtém-se, o seguinte modelo:

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^N v_n x_{kn} &= 1 \quad \text{e então o problema se torna} \\ \max_{u,v} h_k &\equiv \sum_{m=1}^M u_m y_{km} , \\ \text{sujeito a } \sum_{m=1}^M u_m y_{jm} - \sum_{n=1}^N v_n x_{jn} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, k, \dots, K \quad (\text{Eq. 6}) \\ \sum_{n=1}^N v_n x_{kn} &= 1 \quad u_m > 0 \quad m = 1, \dots, M \\ v_n &> 0 \quad n = 1, \dots, N \end{aligned}$$

Logo se pode optar pela utilização da formulação dual para o insumo, tendo o mesmo resultado que no modelo descrito acima. Então este modelo é descrito da seguinte maneira:

$$\theta_k \equiv \min_{\theta, \lambda} (\theta) , \quad (\text{Eq. 11})$$

$$\text{sujeito a} \quad \theta x_{kn} \geq \sum_{j=1}^K \lambda_j x_{jn} \quad n = 1, \dots, N \quad (\text{Eq. 12})$$

$$y_{km} \leq \sum_{j=1}^K \lambda_j y_{jm} \quad m = 1, \dots, M \quad (\text{Eq. 13})$$

$$\theta, \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, K \quad (\text{Eq. 14})$$

em que x_k - os n inputs; y_k - os m outputs; λ_j - constantes positivas a serem ajustadas para cada DMU k , e θ_k - indicador de eficiência que se deseja minimizar no lugar dos fatores de escala u_m e v_n na formulação multiplicadora (Cooper et al., 2000).

3.3. Análise de Correlação

Para relacionar os dados do *Litopenaeus vannamei*, foi utilizado a análise de correlação de Pearson, que segundo Mendes (1999) & Souza (2007), descreve o quanto duas variáveis estão relacionadas. O Coeficiente de Pearson foi estimado com base na fórmula matemática da seguinte forma:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2)^{1/2}} \quad (\text{Eq. 15})$$

em que a variável x_i representa os insumos e $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ - média, y_i representa os produtos onde $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ sua média e n o número de DMUs.

Utilizou-se ainda o critério de k-médias para definir inicialmente um vetor central de agrupamento ou centróides, selecionando os cultivos mais próximos do centro. Para se calcular esta medida central ou média dos k agrupamentos, utilizou-se a seguinte expressão matemática:

$$\mu_t = \frac{1}{M_t} \sum_{m \in P_t} x_m \quad (\text{Eq.16})$$

em que M_t - número de atributos no cluster t ; μ_t - média do cluster t , para $t = 1, 2, \dots, K$ e com $k < m$.

Para calcular os k centróide de um dado conjunto de observações, utilizou-se a fórmula da distância, ou seja:

$$d_t = \sum_{i=1}^k \sum_{s=1}^m \|x_s^{(t)} - \mu_t\|^2 \quad (\text{Eq. 17})$$

em que m - número de atributos; d_t - medida de homogeneidade; $x_s^t = (x_1^t, x_2^t, x_3^t, \dots, x_m^t)$ indica o vetor característicos do cluster t, para $t = 1, 2, \dots, k$ e $i = 1, 2, \dots, m$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar os dados de produção do *L. vannamei*, quando cultivados em sistema dulciaqüícola, foram observados que a menor produção (O_1) foi obtida no cultivo 111 (DMU 111) com 534,00 kg e que a maior no cultivo 52 (DMU 52) com 10.671,00 kg. O menor peso médio final (O_2) foi oriundo do cultivo 45 com peso de 6,50g, enquanto que o cultivo 114 (DMU 114) propiciou o maior peso (19,20g). Em relação aos insumos verificou-se que o menor número de pós-larva (I_1) utilizado para produção foi no cultivo 60 (DMU 60) com 260.053 pós-larvas e o maior no 114 (DMU 114) com 2.600,048 pós-larvas. Quanto ao tempo de cultivo (I_2) a DMU 13 utilizou 73 dias enquanto que o extremo foi na DMU 111 com 281 dias. Em relação à área dos viveiros (I_3) houve uma variação de 2,20 a 3,50 ha. Os volumes de ração utilizados para o processo de engorda variam de 1.253 kg a 14.573 kg, nos cultivos 31 (DMU 31) e 5 (DMU 5), respectivamente (Tabela 3).

Ao comparar o resultado do peso médio final no período de 2005 a 2007 ($9,31 \pm 0,60$ g) de Albertim (2008) com os da referida fazenda que foi de $11,22 \pm 0,22$ g no período de 2002 a 2005, pode-se observar que houve um aumento significativo de 17,02 %, mostrando o quanto a fazenda teve um peso de preço do mercado.

Tabela 3. Análise estatística dos indicadores do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, quando cultivado em água doce.

Indicadores	Mínimo	Máximo	Média $\pm$ erro padrão
Produção (O_1) – kg	534,00	10671,00	4962,02 $\pm$ 201,20
Peso médio final (O_2) – g	6,50	19,20	11,22 $\pm$ 0,22
Número de pós-larvas (I_1)	260053	2600048	812112 $\pm$ 8050
Tempo de cultivos (I_2) – dias	73	186	120,70 $\pm$ 5,15
Área do viveiro (I_3) – ha	2,20	3,50	3,35 $\pm$ 0,65
Quantidade de ração ofertada (I_4) – kg	1253,00	14573,00	5871,50 $\pm$ 141,80

Ao utilizar a mesma classificação de Souza (2007) para definir a eficiência máxima, média e baixa, verificaram-se 27 cultivos com a máxima eficiência (0,995 a

1,000), que 71 cultivos tiveram eficiência média (0,704 a 0,981) e os demais (17 cultivos) foram classificados em eficiência baixa (0,447 a 0,690) (Tabela 4).

Tabela 4: Classificação dos grupos de eficiência dos cultivos do *L. vannamei* quando em água doce.

Eficiência							
Máxima (1,000 – 0,995)		Média (0,995 – 0,705)				Baixa (0,705 – 0,447)	
DMU1	1,000	DMU58	0,982	DMU104	0,858	DMU46	0,696
DMU5	1,000	DMU40	0,975	DMU93	0,858	DMU90	0,691
DMU6	1,000	DMU98	0,970	DMU11	0,856	DMU20	0,674
DMU9	1,000	DMU10	0,964	DMU97	0,847	DMU7	0,662
DMU13	1,000	DMU115	0,955	DMU76	0,835	DMU30	0,659
DMU16	1,000	DMU99	0,952	DMU85	0,834	DMU39	0,648
DMU17	1,000	DMU60	0,951	DMU88	0,833	DMU82	0,642
DMU24	1,000	DMU111	0,948	DMU113	0,812	DMU38	0,638
DMU34	1,000	DMU26	0,948	DMU108	0,812	DMU14	0,627
DMU41	1,000	DMU81	0,946	DMU50	0,806	DMU54	0,605
DMU47	1,000	DMU72	0,945	DMU89	0,805	DMU96	0,603
DMU51	1,000	DMU65	0,933	DMU35	0,803	DMU59	0,594
DMU52	1,000	DMU25	0,925	DMU73	0,802	DMU95	0,575
DMU55	1,000	DMU43	0,924	DMU71	0,793	DMU45	0,568
DMU56	1,000	DMU57	0,917	DMU79	0,793	DMU74	0,540
DMU69	1,000	DMU3	0,911	DMU110	0,791	DMU8	0,478
DMU70	1,000	DMU109	0,906	DMU94	0,786	DMU15	0,447
DMU80	1,000	DMU42	0,906	DMU21	0,775	Total = 17	
DMU91	1,000	DMU36	0,896	DMU63	0,774		
DMU100	1,000	DMU48	0,892	DMU101	0,771		
DMU103	1,000	DMU66	0,885	DMU27	0,767		
DMU105	1,000	DMU19	0,884	DMU102	0,761		
DMU112	1,000	DMU33	0,883	DMU61	0,756		
DMU114	1,000	DMU107	0,882	DMU92	0,752		
DMU32	0,999	DMU44	0,881	DMU62	0,749		
DMU31	0,998	DMU84	0,876	DMU68	0,741		
DMU28	0,996	DMU2	0,876	DMU83	0,741		
Total = 27		DMU87	0,875	DMU18	0,740		
		DMU106	0,873	DMU77	0,738		
		DMU4	0,870	DMU23	0,737		
		DMU49	0,869	DMU29	0,722		
		DMU78	0,869	DMU86	0,719		
		DMU37	0,864	DMU53	0,713		
		DMU12	0,863	DMU22	0,712		
		DMU64	0,860	DMU67	0,705		
		DMU75	0,859	Total = 71			

Ao aplicar o modelo de Charnes, Cooper e Rhodes (CCR), proposto por Lins & Calôba (2006) e Talluri (2000) nos 115 cultivos, foram detectados 24 cultivos eficientes (eficiência=1) e 91 ineficientes com eficiência <1. Nos cultivos ineficientes (Tabela 5) foram propostas metas de melhoria para a maximização da produção e peso médio final dos camarões, através da diminuição de seus insumos (TC, NPL, QOF e AV).

Tabela 5: Resultados das DMUs ineficientes com suas respectivas metas – Modelo CCR (orientação insumo) para os cultivos do *L. vannamei*.

DMU	PROD {O}	PMF {O}	Dados originais				Metas (Insumo orientado)			
			NPL {I}	QOF {I}	AV {I}	TC {I}	NPL {I}	QOF {I}	AV {I}	TC {I}
2	6887,00	11,10	800581	7283,00	3,5	101	701090	7283,00	3,1	88
3	5801,00	10,60	656979	4690,00	3,5	88	598431	4690,00	3,2	80
4	4079,00	10,60	499754	5260,00	3,5	87	434917	5260,00	3,0	76
7	5780,00	10,20	869120	8993,00	3,5	177	575636	8993,00	2,3	107
8	1674,00	8,70	572660	4415,00	3,5	148	274115	4415,00	1,7	71
10	7849,00	11,30	899743	7237,00	3,5	96	763208	7237,00	3,3	92
11	7563,00	10,90	803070	9434,00	3,5	123	687255	9434,00	3,0	105
12	6861,00	12,50	843133	9063,00	3,5	127	727891	9063,00	3,0	110
14	5503,00	9,60	930566	8565,00	3,5	176	564151	8565,00	2,2	98
15	2110,00	9,50	1645224	9861,00	3,5	186	326919	9861,00	1,6	83
18	6151,00	8,90	682254	5774,00	3,5	117	504791	5774,00	2,6	80
19	7136,00	11,50	944477	6883,00	3,5	106	755179	6883,00	3,1	94
20	4848,00	10,20	1000619	7270,00	3,5	120	611207	7270,00	2,4	81
21	1714,00	9,80	1494854	1715,00	3,5	144	455029	1715,00	2,7	111
22	3893,00	11,40	533580	4686,00	3,5	161	380049	4686,00	2,5	100
23	6260,00	9,60	997069	6420,00	3,5	154	556611	6120,00	2,6	90
25	7075,00	11,20	700328	5593,00	3,5	100	647562	5593,00	3,2	92
26	4372,00	14,00	498858	4934,00	3,5	116	472693	4934,00	3,3	110
27	5708,00	10,20	665407	7675,00	3,5	113	510094	7675,00	2,7	87
28	8497,00	10,30	913567	7858,00	3,5	96	690257	7858,00	3,4	96
29	5870,00	10,40	1049113	7565,00	3,5	128	660172	7565,00	2,5	92
30	5435,00	10,10	1921852	7354,00	3,5	199	526452	7354,00	2,3	99
31	1326,00	11,10	801741	1253,00	3,5	125	434554	1253,00	3,0	125
32	8000,00	12,80	797193	8638,00	3,5	105	796168	8638,00	3,5	105
33	6975,00	11,10	700533	5581,00	3,5	108	618860	5581,00	3,1	95
35	5816,00	11,10	681357	5658,00	3,5	118	547252	5658,00	2,8	95
36	8508,00	11,10	950975	9301,00	3,5	121	852137	9301,00	3,1	108
40	5699,00	13,00	781230	7011,00	3,5	94	764975	7011,00	3,4	92
42	4226,00	12,00	500236	3858,00	3,5	99	453217	3858,00	3,2	90
43	7353,00	10,90	914074	6908,00	3,5	95	747984	6908,00	3,1	88
44	8822,00	10,20	1266327	11180,00	3,5	129	873859	11180,00	3,1	114

45	4499,00	6,50	1338788	5045,00	3,5	105	398016	5045,00	2,0	56
46	1250,00	13,40	533049	6064,00	3,5	161	371215	6064,00	2,4	112
48	6174,00	10,90	579756	5785,00	3,5	117	516926	5785,00	2,7	101
49	4621,00	10,70	499848	5684,00	3,5	95	434480	5684,00	2,8	83
50	4298,00	11,00	999302	4012,00	3,5	106	581881	4012,00	2,8	85
53	6502,00	10,40	1404926	9552,00	3,5	183	645076	9552,00	2,5	112
54	4366,00	9,30	650224	6092,00	3,5	140	393749	6092,00	2,1	85
57	8503,00	10,80	958970	7232,00	3,5	117	795502	7232,00	3,2	102
58	9715,00	10,30	949852	9451,00	3,5	137	932614	9451,00	3,4	121
59	4946,00	9,10	1199815	7476,00	3,5	174	483029	7476,00	2,1	90
60	1072,00	13,30	2600048	1631,00	3,5	141	399280	1631,00	3,3	134
61	1995,00	11,00	515237	2742,00	3,5	106	389720	2742,00	2,6	80
62	5865,00	10,50	656370	6188,00	3,5	130	491813	6188,00	2,6	97
63	1903,00	10,70	500987	2604,00	3,5	98	387986	2604,00	2,7	76
64	6967,00	11,00	958190	6017,00	3,5	110	655915	6017,00	3,0	95
65	9316,00	11,30	934721	11588,00	3,5	170	872211	11588,00	3,3	141
66	3492,00	13,40	2004592	3035,00	3,5	163	599739	3035,00	3,1	112
67	1980,00	13,50	533333	7693,00	3,5	160	375792	7693,00	2,5	113
68	2965,00	9,30	498151	2989,00	3,5	106	369205	2989,00	2,6	79
71	5083,00	9,60	849886	4184,00	3,5	109	554782	4184,00	2,8	80
72	8314,00	12,40	949693	7959,00	3,5	118	896363	7959,00	3,3	112
73	7427,00	10,40	1000188	9353,00	3,5	123	789818	9353,00	2,8	99
74	4344,00	8,70	1499430	7409,00	3,5	168	425228	7409,00	1,9	86
75	1936,00	12,50	619520	2010,00	3,5	148	531868	2010,00	3,0	127
76	3033,00	9,40	500247	2567,00	3,5	97	417719	2567,00	2,9	81
77	5855,00	9,10	655868	6398,00	3,5	118	483773	6398,00	2,5	82
78	4633,00	10,50	499703	4439,00	3,5	95	434124	4439,00	2,8	83
79	5388,00	9,20	807796	4361,00	3,5	108	557313	4361,00	2,8	76
89	2465,00	13,30	1506815	2698,00	3,5	155	577447	2698,00	2,8	125
90	1681,00	12,50	517230	3281,00	3,5	148	357163	3281,00	2,4	102
92	3971,00	10,00	956867	3673,00	3,5	106	621547	3673,00	2,6	80
93	6648,00	11,10	750524	6402,00	3,5	107	644017	6402,00	3,0	92
94	7622,00	9,80	999685	8825,00	3,5	124	781123	8825,00	2,8	97
95	4693,00	9,20	899662	7574,00	3,5	171	464186	7574,00	2,0	91
96	3913,00	9,30	697765	8695,00	3,5	125	421176	8695,00	2,1	75
97	2542,00	10,90	525250	2318,00	3,5	114	444640	2318,00	3,0	97
98	8746,00	10,50	749732	9822,00	3,5	128	727545	9822,00	3,4	124
99	10154,00	8,30	1002765	14573,00	3,5	169	951898	14573,00	3,3	128
101	2818,00	12,20	619258	3726,00	3,5	120	477686	3726,00	2,7	93
102	2667,00	8,70	500084	2549,00	3,5	92	380599	2549,00	2,7	70
104	2805,00	9,80	500392	3008,00	2,2	98	371121	3008,00	1,9	84
106	2810,00	9,80	500409	2606,00	2,2	104	355379	2606,00	1,9	87
107	2118,00	14,30	350146	3800,00	2,2	155	308655	3800,00	1,9	137

108	2064,00	9,30	415609	2615,00	2,2	94	337642	2615,00	1,8	76
109	3081,00	13,30	386090	4129,00	2,2	155	304082	4129,00	2,0	134
110	1683,00	9,20	414818	2492,00	2,2	94	327949	2492,00	1,7	74
111	534,00	18,20	564243	6579,00	2,2	281	246509	6579,00	2,1	188
113	2978,00	9,20	424797	3174,00	2,2	100	344744	3174,00	1,8	81
115	1698,00	18,00	466996	4185,00	2,2	203	259082	4185,00	2,1	184

Os resultados de eficiência média, obtido através do DEA para cada marca de ração, são apresentados na Tabela 6. Com base nesses resultados, evidenciou-se que as marcas denominadas 2 e 9, apresentaram os maiores valores de eficiência média, ou seja, 96,84 % e 97,54 %, respectivamente. Silva (2006) ressaltou que para o bom desenvolvimento do camarão, quando em salinidades acima de 45 partes por mil (g/l) e abaixo de 10 g/l, os alimentos utilizados necessitam ter um alto valor nutritivo, para compensar o aumento do gasto de energia e manter o equilíbrio hídrico, enquanto que, Santos et al.,(2002), ao trabalhar com dietas naturais (rações comerciais) obteve camarão com um ganho no peso como também no comprimento dos camarões *Litopenaeus vannamei*. Portanto, selecionar as melhores marcas de rações para um cultivo, contribuirá de forma positiva para produção rentabilidade do agronegócio.

Tabela 6: Eficiência das rações utilizadas no cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em água doce.

Marca Ração	Eficiência (%)
1	80,84
2	96,84
3	69,79
4	86,41
5	75,62
6	89,81
7	75,04
8	70,51
9	97,54
10	80,56
11	85,94
12	81,84

De acordo com Ximenes (2005), ao utilizar o processo de stepwise sua análise de regressão para selecionar os laboratórios que contribuíram de forma eficiente para sobrevivência dos camarões, apenas alguns laboratórios apresentaram significância nos modelos que apresentaram índice determinístico de 45 e 85%. Segundo Bezerra (2006), as variáveis laboratórios influenciaram de forma positiva no que diz respeito ao peso médio final dos camarões, os quais explicaram 77,15% da variável resposta.

Comparando-se os resultados obtidos de Ximenes (2005) e Bezerra (2006), evidenciou-se que é necessário selecionar os melhores laboratórios para que venha contribuir com o crescimento desse agronegócio. Logo, ao estimar as eficiências dos laboratórios fornecedores de pós-larvas com base na Análise Envoltória de Dados (DEA), verificou-se uma variação de 73,14 % (LOPL₅) a 91,75 % (LOPL₈). Portanto, dos nove laboratórios que forneceram pós-larvas a fazenda, apenas o laboratório 1 (LOPL₈) apresentou eficiência superior a 90 % (Tabela 7).

Tabela 7: Relação da eficiência dos laboratórios fornecedores de pós-larva do *Litopenaeus vannamei*.

Laboratório	Eficiência (percentual %)
1	88,42
2	77,41
3	86,57
4	78,14
5	73,14
6	85,62
7	88,21
8	91,75
9	88,86

Ao relacionar a variável produto (PROD) com as variáveis insumos (TC, NPL, QOF e AV), individualmente, verificou-se que apenas a variável QOF foi significativa, explicando 66,53% da variável produto, enquanto que, relacionando coletivamente, obteve um incremento de 13,47%. Portanto, ao comparar os resultados obtido na análise, com os de Albertim (2008), que ao trabalhar com as variáveis independentes (mês de cultivo, área do viveiro, densidade de estocagem, laboratório fornecedor de pós-larva e marca de ração), obtiver um índice determinístico de

75,24%. Observou-se que ao utilizar as variáveis em conjunto (Análise múltipla), pode-se ter mais eficientes para a estimativa da produção (Tabela 8 e Figura 1).

Tabela 8 – Relação entre a PROD com (TC, NPL, QOF e AV) do *L. vannamei* em água doce.

Modelos	R ²
PROD = -7,493 (TC) + 5912,8	0,0098
PROD = 0,002 (NPL) + 3315,7	0,0958
PROD = 0,6929 (QOF) + 893,89	0,6653
PROD = 2456,4 (AV) + 3274,4	0,1585
PROD = 3073,11 + 0,0003 (NPL) + 0,7638 (QOF) + 223,3 (TC)	0,8000

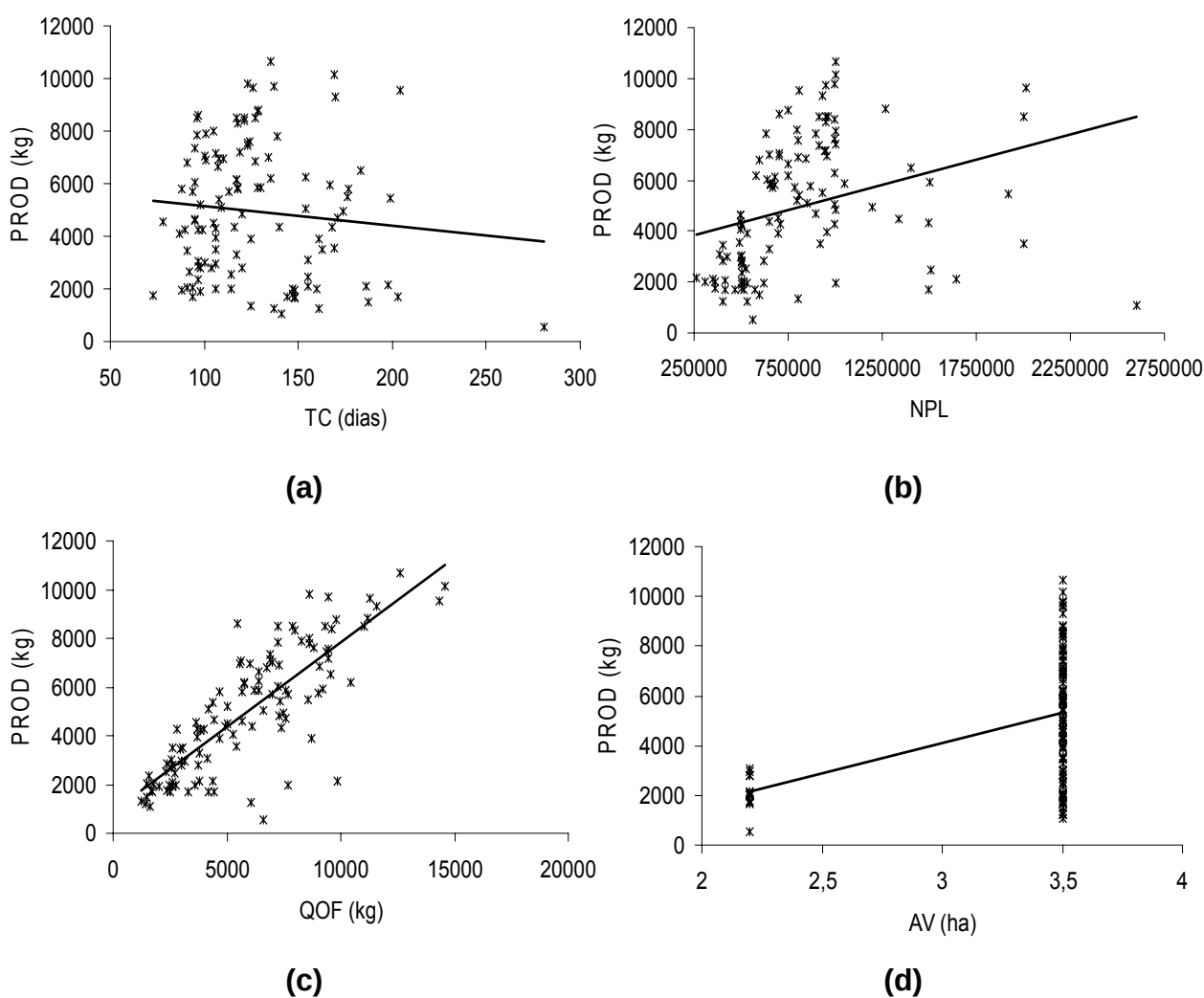
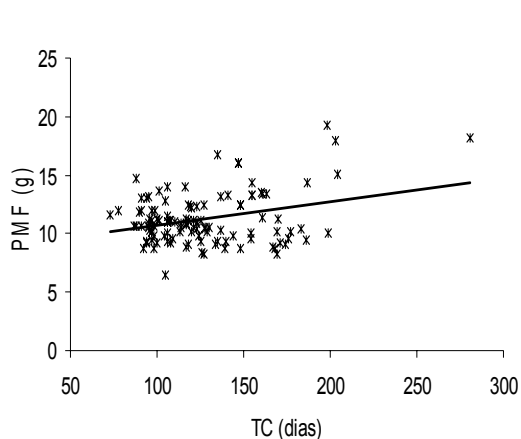


Figura 1-Relação da PROD do *L. vannamei* em função do TC (a), NPL (b), QOF (c) e AV(d).

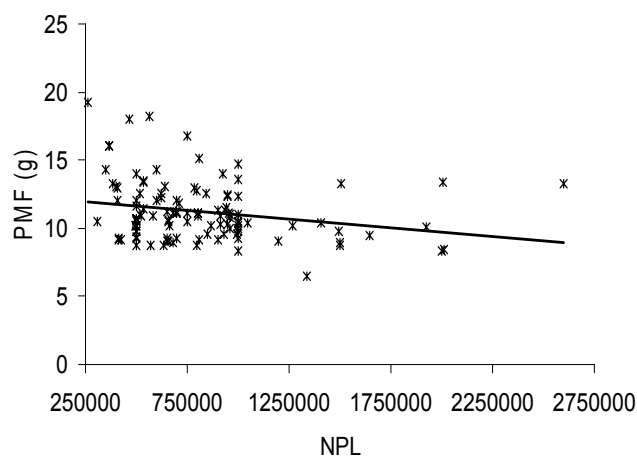
Relacionando-se as variáveis de entrada (TC, NPL, QOF e AV) com o peso médio final, individualmente ou coletivamente, observou-se que a área do viveiro explicou apenas 11,72%, enquanto que, coletivamente 29,64%. Ao comparar esses resultados com o de Spanghero (2008) ($R^2=31,66\%$), que ao trabalhar com as variáveis independentes (laboratório de fornecedor de pós-larva, números de cultivo, densidade de estocagem, etc.) em relação ao produto (peso médio final), verificou-se que a referida fazenda ficou abaixo da estimativa com -2,02%. Evidenciou-se com estes resultados que, as variáveis envolvidas para estimação do peso médio final dos camarões, foram significativas apenas coletivamente (Tabela 9 e Figura 2).

Tabela 9 – Relação entre o PMF com os variáveis insumos TC, NPL, QOF e AV do *L. vannamei* em água doce.

Modelos	R^2
PMF = 0,0203 (TC) + 8,6347	0,0991
PMF = -1E-06 (NPL) + 12,241	0,0538
PMF = -0,0001 (QOF) + 11,905	0,0263
PMF = -1,801 (AV) - 17,255	0,1172
PMF = 12,18 + 0,0248 (TC) - 0,0001 (QOF) - 0,7512 (AV)	0,2964



(a)



(b)

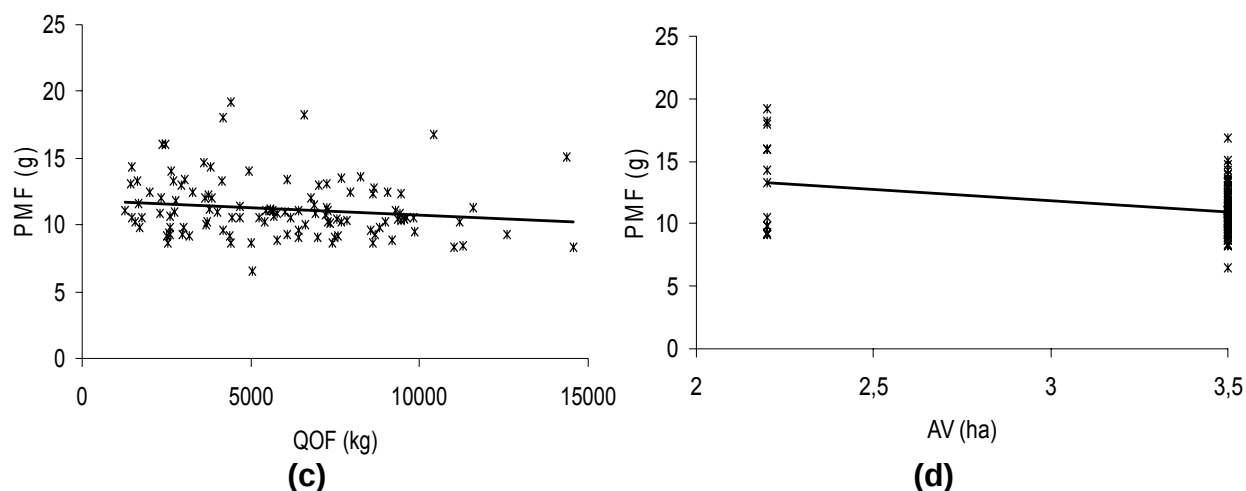
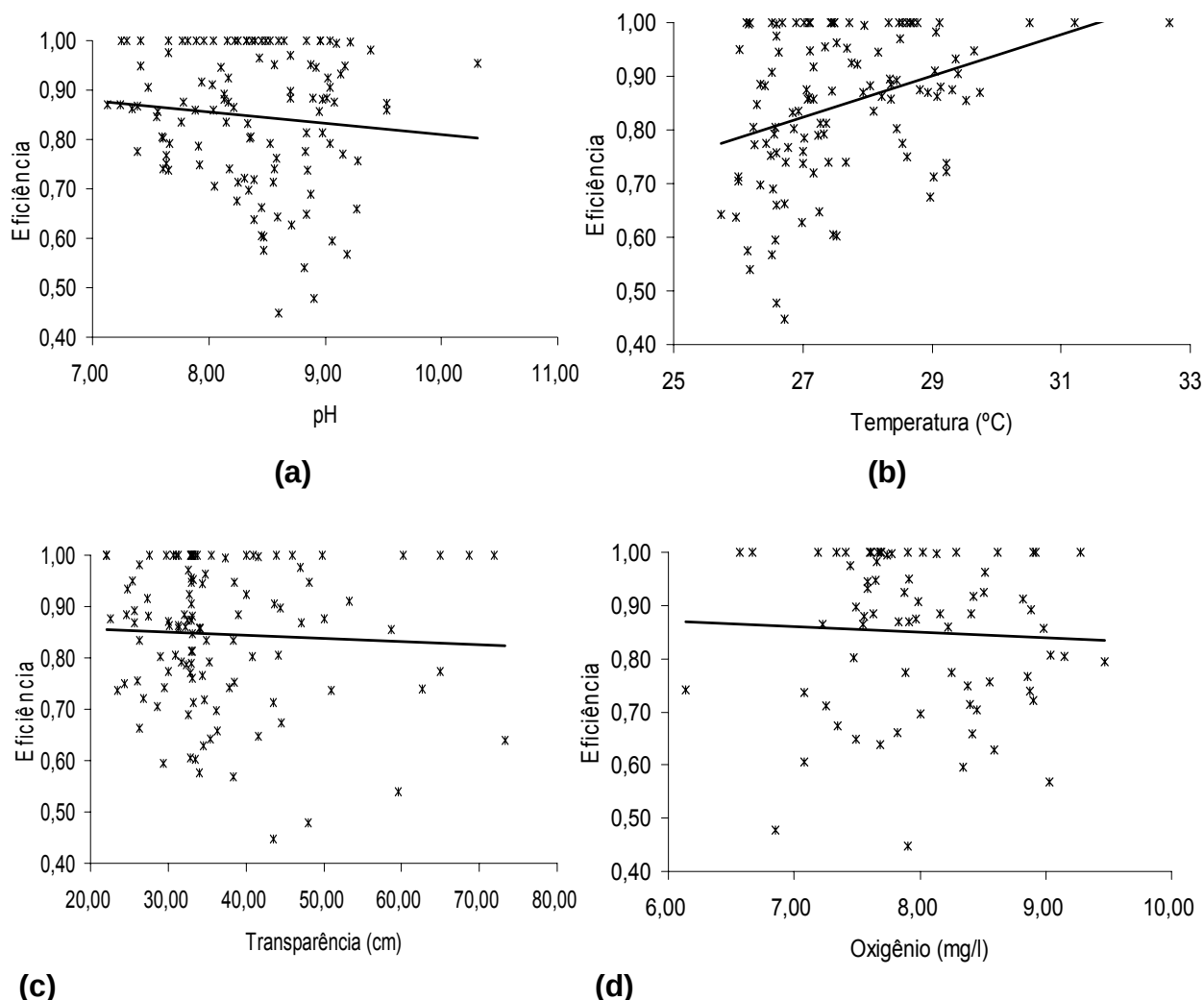


Figura 2: Relação do PMF do *L. vannamei* em função do TC (a), NPL (b), QOF (c) e AV (d).

Ao relacionar as variáveis físico-químicas da qualidade da água (oxigênio, temperatura, transparência e pH) em relação à eficiência individual ($R^2=11,72\%$) e coletiva ($R^2=29,64\%$) dos cultivos, foi observado um declínio em torno de aproximadamente 47,33%, comparando-se com os resultados de Lima (2005) que foi de $R^2=88,69\%$ (Tabela 10).

Tabela 10 – Relação entre pH, temperatura, transparência e oxigênio com eficiência dos cultivos do *L. vannamei*.

Modelos	R^2
EF = -0,0232 (pH) + 1,0406	0,0108
EF = 0,0368 (temp.) + 0,1656	0,1165
EF = -0,0006 (transp.) + 0,8687	0,0022
EF = -0,0056 (oxig.) + 0,8922	0,001
EF = -0,0635 – 0,0052 (pH) + 0,0369 (temp.) + 0,001 (transp.) – 0,009 (oxig.)	0,1253



(a) **(b)**
(c) **(d)**
 Figura 3: Relação entre (a) pH, (b) temperatura, (c) transparência e (d) oxigênio e a eficiência dos cultivos do *Litopenaeus vannamei*.

A seguir estão discriminados os valores mínimos, máximos e o intervalo de confiança para a média dos parâmetros físico-químicos da água (Tabela 11). De acordo com os resultados obtido na análise, o oxigênio apresentou valor mínimo e máximo de 5,43 e 14,23 mg/l, respectivamente. Estes resultados diferem do trabalho de Brock e Main (1994), que relatam que baixa concentração de oxigênio na água tem efeito sobre as condições de saúde dos camarões (faixa ideal de concentração de oxigênio para o *Litopenaeus vannamei* é 6,0-9,0 mg/l). Para a temperatura foram observados os valores 25,7-32,7 °C, que segundo Igarashi (1995), cita que a temperatura ótima da água pode varia de 24-28 °C e que temperaturas inferiores de 20 °C e superiores a 31 °C podem retardar o crescimento e interferir em seu

processo de reprodução e alimentação (Valenti, 1985). O pH e a transparência variaram de 7,1-9,5 e 22,1-73,33 cm, respectivamente, ficando acima dos níveis considerados ideais por Marques e Andreatta (1998) e Croccia (2006) que é de 6,0-9,0 e 35-45 cm.

Tabela 11 – Parâmetros físico-químicos de água do cultivo do *L. vannamei*.

Variáveis	Máximo	Mínimo	Média $\pm$ erro
Oxigênio de dissolvido (mg/l)	14,23	5,43	7,9 $\pm$ 1,92
Temperatura (°C)	32,7	25,7	27,6 $\pm$ 0,23
pH	9,5	7,1	8,3 $\pm$ 0,12
Transparência (cm)	73,33	22,1	37,5 $\pm$ 2,14

5. CONCLUSÕES

A utilização da Data Envelopment Analysis (DEA), para análise de eficiência do cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, em sistema dulciaqüícola, mostrou-se bastante útil no que se refere à determinação de diretrizes para os cultivos em situação de ineficiência, fornecendo metas e caminhos para melhoria desse agronegócio.

Com a técnica DEA foi possível detectar os cultivos eficientes e os ineficientes. Pode-se verificar também a relação entre as variáveis: produto, produção e peso médio final e as variáveis insumos tempo de cultivo, número de pós-larvas, quantidade de ração ofertada e área do viveiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SETOR TÉCNICO DA ABCC (Associação Brasileira de Criadores de Camarão). **Informações de caráter sócio-econômico sobre a carcinicultura marinha no Nordeste**. Recife, 2004. Disponível em: <http://mcraquacultura.com.br/arquivos/INFORMA%20OES%20DE%20CARATER%20SOCIOECONOMICAS%20DO%20CAMARAO>. Acesso em: 17 jun. 2007.

ABCC (Associação Brasileira de Criadores de Camarão), **Evolução do Desempenho da Carcinicultura Brasileira (1998-2007*)** Disponível em: <http://www.abccam.com.br/> Acesso em: 7 de março de 2008.

ALBERTIM, A. M. **Seleção de Variáveis Significativas em Modelos de Estimação dos Parâmetros de Cultivo do Camarão Marinho *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931)**. 2006. 64 f. (Prelo). Dissertação (Mestrado em Biometria) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ABEL, I. **Avaliação Cruzada da produtividade do Departamento Acadêmicos da UFSC utilizando DEA (Data Envelopment Analysis)**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p 28 - 30.

BANKER, R., A. CHARNES ; W.W. COOPER, 1984, **Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis**, *Management Science* n °30, 1078-1092.

BEZERRA, A. M. **Seleção de Variáveis Significativas em Modelos de Estimação dos Parâmetros de Cultivo do Camarão Marinho *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931)**. 2006. 64 f. (Prelo). Dissertação (Mestrado em Biometria) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BROCK, J. A & MAIN, K. **A guide to the common problems and diseases of cultured *Paenaeus vannamei***. The Oceanic Institute, Honolulu, EUA, 1994. 242 p.

BRUNETTA, M. R. **Avaliação da Eficiência e de Produtividade. Usando Analise Envoltória de Dados: Um Estudo de caso Aplicado a Produtores de Leite**. 2004 Dissertação (Mestrado em Método Numéricos em engenharia)-Universidade Federal de Paraná, Paraná.

CHARNES, A., W.W. COOPER, D.B. Sun, and Z.M. HUANG, **polyhedral cone-ratio DEA models with an illustrative application to lar ge commercial banks**, *Journal of econometrics* n°46, p73-91, 1990.

CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. **Measuring the efficiency of decision making units**, European Journal of Operational Research, Amsterdam, n. 2/6, p.429-444, 1978.

CHARNES, A.; COOPER, W. LEWIN, A.; SEINFORD, L. **Data envelopment analysis:Theory, Methodology and Application**, Boston: 2. edn. Kluwer Academic Publishers, 1993.

COBB, C.; DOUGLAS, P. **A theory of production American economic review** n.18, p. 139-165, 1928.

COOPER, W.W., SEIFORD, L.M. and TONE, K., 2000, **Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**, Kluwer Academic Publishers, Boston.

CROCCIA, A. G. **Influência da Mudança Brusca do pH da Água, na Sobrevivência de Pós-Larvas do Camarão Marinho *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931)**. 2006. Dissertação (Mestrado Recursos Pesqueiros e Aqüicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

DILLON, W.; GOLDSTEIN, M. **Multivariate analysis: methods and applications**. New York: John Wiley & Sons, p. 587,1984.

DRAKE, L.; HOWCROFT, B. **Relative efficiency in the branch network of a UK bank: an empirical study**. Omega, v. 22, n. 1, p. 83-90, 1994.

FAO (Food and Agriculture Organisation). **Aquacult-PC: fishery information, data and statistics (FIDI), time series of production from aquaculture (quantities and values) and capture fisheries (quantities)**. Programa computacional. Rome, 2007.

FARREL, M.J. **The measurement of technical efficiency**. The Journal of the Royal Statistical Society series A, London, n. 120, p. 253-281, part. 3, 1957.

GIOKAS, D. **Bank branch operating efficiency: a comparative application of DEA and the loglinear model**. Omega, v. 19, n. 6, p.549-557, 1991.

GRANDI, E. M. V.; FILHO, N. C. **Cultivo do Camarão em Santa Catarina**. BRDE – Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul, Agencia de Florianópolis, Gerencia de Planejamento - Florianópolis - Dezembro de 2004.

IGARASHI, M. A, **Estudo sobre o Cultivo do *Macrobrachium rosenbergii***, Fortaleza: SEBRAE,1995. 66p.

LIMA, R.J.W. **Análise estatística das variáveis de cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)**. 2005 (24f. Monografia para obtenção de grau no curso de Engenharia de Pesca). UFRPE.

LINS, M. P. E.; CALÔBA, G. M.; **Programação Linear**. Editora Interciência Ltda., Rio de Janeiro, RJ, 2006, p 256-283.

MADRID, M. R.; **Panorama Atual da Carcinicultura - Análise dos Custos de Produção Frente aos Preços Praticados no Mercado Externo**. IBAMA – CE/LABOMAR - UFC, Junho de 2007.

MARCELICE, G. J. H. **Aplicando Análise de Envolvória de Dados – DEA à Avaliação de Desempenho Acadêmico: Um Estudo em Programas de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Produção no Brasil**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN.

MARQUES, L. C.; ANDREATTA, E. R., **Efeito da Salinidade Sobre o Consumo de Ração, Crescimento e Sobrevivência de Juvenis de Camarão Rosa Penaeus Paulensis (Perez – Farfante, 1967)**. In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 10., 1998, Recife. Anais Recife: ABCC, 1998 p. 315-327.

MENDES, P. P. **Estatística aplicada à aquicultura**. Recife: Bagaço, p 172-176, 1999.

NIEDERAUER, C. A. P.; **Avaliação dos Bolsistas de Produtividade em Pesquisa de Engenharia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

NUNES, A. J. P. Guia Purina – **Fundamentos da Engorda de Camarões Marinhos**. 2 ed. Recife, 2004. 42.p. Disponível em: <www.purinabrasil.com.br>. Acesso em: 19 mar. 2004.

KASSAI, S. **Utilização da Análise Envolvória de Dados (DEA)**. 2002. Tese de Doutorado em Contabilidade e Controladoria - Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, L. E. C.; **Carcinicultura: Panorama da Atividade e de Seu Processo Licenciatório**. I Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica Natal – RN - 2006.

PARADI, J. C.; REHM.; SCHAFFNIT, C. **Performance analysis for engineering design teams at bell Canada using DEA**. Center for management of technology and entrepreneurship, University of Toronto, may, 1998.

RABELO, D.; NUNES, T., **Carcinicultura no Ceará - Oportunidade e Desafios** Fortaleza, 2006, p3.

ROCHA, I. P., RODRIGUES, J., LEITE, L. **A carcinicultura Brasileira em 2003**. Recife, 2004. Disponível em: <<http://mcraquacultura.com.br/arquivos/A%20CARCINICULTURA%20EM%202003>>. Acesso em: 10 de Março de 2008.

ROCHA, L.H. **Impactos Sócio-econômicos e Ambientais da Carcinicultura Brasileira: Mitos e Verdades**. Revista da ABCC, Recife, p.29. Dezembro de 2005.

SANTOS. A. H. C; ROCHA, B. R.; IGARASHI, A. M.; **Cultivo de Camarão Marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em Água Doce, Alimentos Com Dieta Naturais**. Ciência Agronômica: v.33, Nº. 1, p 58-63, 2002.

SHIMONISHI. S. L. M.; **Análise Envoltória de Dados Aplicada na Avaliação do Emprego dos Recursos Humanos dos Centros Municipais de Educação Infantil do Município de Maringá**. Dissertação (Mestrado em Ciências) Universidade Federal do Paraná, 2005.

SILVA, A. H. G.; **Avaliação Estatística das variáveis do cultivo *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em Água Doce**. 2006. Dissertação (Mestrado Recursos Pesqueiros e Aqüicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SILVA. M. C. A; AZEVEDO, W. H. G.; **Eficiência e Sobrevivência: Binômio Fundamental para a Previdência privada Aberta**. Revista Brasileira de Risco e Seguro: v.1, Nº. 0, Dezembro de 2004.

SOUZA. L.; **Aplicação de Data Envelopment Analysis – DEA para obtenção de mapas de exclusão e inclusão social**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007. 309 p.

SPANGHERO. D. B. N.; **Utilização de Modelos Estatísticos para Comparar Dados de Produção do Camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) Cultivados em Água Doce e Salgada**. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiro e Aqüicultura) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008.

TALLURI. S.; **Data Envelopment Analysis: Models and Extensions**. Silberman College of Businen Administration, Fairleigh Dickinson University, Dicision Line, May 2000.

TRIOLA. M. F.; FLORES. V. R. L. F.; FARIAS, A. M. L.; **Introdução à Estatística. LTC – Livro Técnico e Científico** Editora S.A Rio de Janeiro, RJ, 2005, p 381-386.

VALENTI, W. C., **Cultivo de Camarões de Água Doce**. São Paulo: Editora Nobel, 1985, 82p.

VASCONCELLOS. A. V.; CANEN, G. A.; LINS, E. P. M.; **Identificando os Modelos Práticos Operacionais através da Associação. Benchmarking-DEA: ocaso das Refinarias de Petróleo**, Pesquisa Operacional: v.26, Nº. 1, p 51-67, Janeiro a Abril de 2006.

XIMENES, N. P. **Aplicação de Modelos Lineares na Estimativa de Parâmetros de Produtividade do Camarão Marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em Berçários e Viveiro de Engorda**. 2005. 64 f. (Prelo). Dissertação (Mestrado em Biometria) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ZARDKOOHI, A ;KALAN, J. **Branch Office economics of scale and scope: evidence from savings banks in Filand.** Journal of banking and finance, v.18, n.3, p. 421-432. 1994.