



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PERILA MACIEL REBOUÇAS

**VIBRAÇÕES MECÂNICAS E SEUS EFEITOS NO BEM-ESTAR DE TILÁPIA DO
NILO (*Oreochromis niloticus*) DURANTE O TRANSPORTE**

FORTALEZA

2019

PERILA MACIEL REBOUÇAS

VIBRAÇÕES MECÂNICAS E SEUS EFEITOS NO BEM-ESTAR DE TILÁPIA DO NILO
(*Oreochromis niloticus*) DURANTE O TRANSPORTE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará como requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho.

Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Alberto Apolinário Almeida

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R241v

Rebouças, Perila Maciel.

Vibrações mecânicas e seus efeitos no bem-estar de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) durante o transporte / Perila Maciel Rebouças. – 2019.

110 f. : il. color.

Tese (doutorado)– Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho.

Coorientação: Prof. Dr. Sérgio Alberto Apolinário Almeida.

1. Ambiência. 2. Peixes. 3. Hematologia. 4. Bem-estar. I. Título.

CDD 630

PERILA MACIEL REBOUÇAS

VIBRAÇÕES MECÂNICAS E SEUS EFEITOS NO BEM-ESTAR DE TILÁPIA DO NILO
(*Oreochromis niloticus*) DURANTE O TRANSPORTE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará como requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Sérgio Alberto Apolinário Almeida.
Instituto Federal do Ceará – IFCE

Prof^ª. Dra. Marilena de Melo Braga
Instituto Federal do Maranhão – IFMA

Prof^ª. Dra. Erivânia Gomes Teixeira
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Prof^ª. Dra. Carla Renata Figueiredo Gadelha
Universidade Federal do Ceará – UFC

Dr. Rafael dos Santos Rocha
Universidade Federal do Ceará – UFC

Ao meu pai amado, Pedro Pedrosa Rebouças (in
memorian)! Saudades papai! E a minha querida
mãe, Maria Walmira Maciel Rebouças,
obrigada pelo carinho que sempre me dedicou.
Dedico a vocês esta conquista com muito amor!

AGRADECIMENTOS

Ao Criador, Deus Pai, por sempre me guiar e ajudar, especialmente nos momentos difíceis de minha vida, concedendo-me a graça de estar realizando mais este grande sonho! E não poderia deixar de agradecer também aos meus mentores espirituais por me fortalecer neste momento tão lindo de minha jornada! Obrigada de todo meu coração!

Aos meus pais amados, pelos ensinamentos e encorajamentos, seja fortalecendo meu espírito ou em palavras, e me ajudarem a realizar meus sonhos. Amo muito vocês! Agradeço também ao meu querido padrao Sr. Akiler Omae pelo carinho sempre me dedicado.

A você meu amor, Igor de Souza, por não somente participar deste sonho, como também pela sua grandiosa paciência, pela simplicidade e alegria, pelo carinho, pela força e companheirismo durante toda esta caminhada! Compartilhamos dificuldades e medos, mas também amor e sonhos! Obrigada por você existir! Te amo muito!

Ao meu irmão Pedro Pedrosa, por ter acreditado no potencial do trabalho, pela motivação, conselhos e exemplo de amor a pesquisa acadêmica. À minha irmã Pedrina e minha sobrinha Stephanie que me animaram com carinhos e sorrisos nas visitas que me faziam durante os períodos de estudo. Ao sorriso lindo de minha pequenina sobrinha, Melinda. E ao meu primo Waltério Júnior por tamanha ajuda neste trabalho e amizade.

Aos meus adorados cães Draco e Akim, por me proporcionarem sempre este amor incondicional! Como dizia Chico Xavier “ Nós seres humanos, estamos na natureza para auxiliar o progresso dos animais, na mesma proporção que os anjos estão para nos auxiliar. Portanto quem chuta ou maltrata um animal é alguém que não aprendeu a amar”. Obrigada por existirem meus amores!

Obrigada a todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, pela cordialidade, disponibilidade e gentileza sempre oferecida.

Em especial, ao meu Orientador de Doutorado Professor Dr. José Antonio Delfino (Zeca), pelo acolhimento, pelas palavras de incentivo, pela orientação e dedicação durante este trabalho.

Aos meus Coorientadores professor Dr. Sérgio Alberto Apolinário Almeida e Dr. Rafael dos Santos Rocha, pela gentileza em ter aceitado esta empreitada, pela amizade, pela ajuda incessante nas análises e com suas valiosas sugestões. Com todo coração, muito obrigada!

As professoras participantes da Banca Examinadora, Profa. Dra. Carla Renata Figueiredo Gadelha, Profa. Dra. Erivânia Gomes Teixeira e Profa. Dra. Marilena de Melo Braga por terem aceitado o convite, pelos conselhos e inestimáveis colaborações.

Ao coordenador do programa de Pós-Graduação, prof. Dr. Alexandre por toda gentileza, ajuda e atenção durante todo o doutorado.

Ao laboratório de Processamento de Imagens, Sinais e Computação Aplicada (LAPISCO) do IFCE (Instituto Federal de Educação), e de forma singular e única, ao mestrando Jefferson Almeida pela magnífica contribuição e confecção dos sensores. Muito obrigada pela amizade, pela gentileza, companhia e disponibilidade em todos os momentos que precisei. Minha gratidão por todo auxílio que recebi e, agradeço também ao aluno Diego por nos ajudar sempre com muita gentileza e presteza.

Ao Laboratório Centro de Diagnóstico de Enfermidades de Organismos Aquáticos (CEDECAM), LABOMAR/CE, da Universidade Federal do Ceará, pela utilização dos equipamentos e análises utilizados durante o experimento, e em especial a Msc. Graça, pela colaboração e enorme assistência nas análises hematológicas. Muito obrigada por todo auxílio e inestimáveis ensinamentos.

Ao laboratório de Qualidade de água do Instituto Federal Campus Morada Nova, IFCE/CE, pelas análises de qualidade de água a mim concedidas, em especial ao graduando em engenharia de aquicultura, João Breno Maia de Lima. Obrigada por toda colaboração e grande auxílio seja em campo ou em laboratório. Muito obrigada!

À Associação dos Pescadores e Aquicultores de Morada Nova (APAMN), na figura do Sr. Danúzio, pela concessão e entrada em sua fazenda e pelas doações dos peixes utilizados nesta pesquisa durante o período de qualificação.

À Distribuidora de Tilápia, o Rei do Peixe Vivo, na figura do Sr. Cleuton, pela permissão de instalar os sensores em suas caixas de transporte, pela concessão dos peixes durante este estudo, bem como toda confiança e disponibilidade em contribuir com a realização deste trabalho. Agradeço também por sua gentileza e generosidade para comigo e demais alunos que me acompanhavam!

Ao programa de Pós-graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, em especial aos professores do Departamento da Engenharia de Pesca, Profs. Dr. Aldeney e Prof. Msc. Oscar por todo apoio e disponibilidade em contribuir com a realização desta pesquisa.

Ao grupo NEAMBE (Núcleo de Estudos em Ambiente Agrícola e Bem-estar animal), principalmente à Jennifer e Brenda pela solicitude em campo. Bem como também aos

demais membros do grupo, à Marília, Luanda, Zé Neto, Simone, Patrícia, Daniel Gurgel, Nítalo e Kenio. E de forma ímpar, agradeço principalmente ao Lucas Batista e ao Lucas Sampaio, pela valiosa ajuda e amizade concedida sempre que precisei. Obrigada de coração!

Agradeço também aos amigos pela amizade e força durante o doutorado, em especial a Elivânia Souza, Carine Belarmino e Ítala Dias. E minhas irmãs Bianca, Tânia, Dona Mazé, Ana, Eweline, Branca, Fatinha, Deuzinda, Caroline, Silvana, Vilma e Neiva por todo carinho, vibrações positivas e muito amor compartilhado. Foi maravilhoso compartilhar cada instante com vocês! Salve Deus!

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001.

E a todos que de alguma forma me ajudaram a cumprir esta bela etapa na minha vida! Deus os abençoe!

Lembra-te de que um sorriso de confiança, uma prece de ternura, uma frase de bom ânimo, um gesto de solidariedade e um minuto de paz não têm preço na Terra.

Emmanuel, Chico Xavier

RESUMO

Movimentos oscilatórios presentes no transporte de peixes vivos podem comprometer a estabilidade fisiológica dos animais. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar, em ambiente real de produção, as vibrações e choques mecânicos decorrentes do transporte sobre o estresse e o desempenho da tilápia do Nilo. As vibrações foram obtidas através de sensores previamente instalados em uma caixa de transporte fixada em um caminhão. Cinco sensores dataloggers, confeccionados para este fim, registraram os níveis de força g, velocidade do caminhão, temperatura da água e localização geográfica, além dos níveis de choques mecânicos e vibrações em todos os percursos. A pesquisa foi realizada em uma empresa integradora de piscicultura no Estado do Ceará/Brasil, com o monitoramento de 5 cargas de peixes vivos. O caminhão de transporte utilizado foi do tipo aberto, com capacidade para cinco caixas de fibra de vidro com volume útil de 2400 L, densidade de 236 kg / m³. O período de transporte durou em média três horas para cada tratamento e os peixes tiveram seus parâmetros (diferença de peso, relação peso-comprimento e fator de condição (Kn), lesões físicas, respostas metabólicas, iônicas e hematológicas) comparados a grupos-controle (sem vibração). Os choques mais intensos ocorreram com o caminhão entre 60 e 80 km / h, com vibrações de 1,151 m / s² na caixa de transporte, assim como na água de 0,489 m / s². Níveis mais altos de vibração ocorreram na estrada de asfalto, com um valor médio de 1,13 m / s², enquanto na estrada de terra registraram uma média de 0,57 m / s². As tilápias apresentaram respostas secundárias ao estresse em nível sanguíneo com alterações significativas nos íons magnésio, glicemia, hematócrito e hemoglobina, bem como perdas da carga de peixes vivos em 0,47% e 0,80% kg de peixes, respectivamente, no caminhão e na caixa de transporte após o trajeto. Lesões físicas com 34% de severidade e 21% moderadas mostraram uma condição ambiental desconfortável aos organismos, apesar da ausência significativa na relação peso-comprimento e fator de condição pós-transporte. Conclui-se, assim, que as vibrações e choques mecânicos podem atuar como potencial estressor no transporte desses peixes em curtas distâncias, mas não comprometem o desempenho produtivo da tilápia, caso ocorram em condições semelhantes às realizadas nesta pesquisa.

Palavras-chaves: Ambiência. Peixes. Hematologia. Bem-estar.

ABSTRACT

Oscillatory movements present in live fish transportation can compromise the animals' physiological stability. Therefore, this research aimed to evaluate, in a real production environment, the effects of the transport vibrations and mechanical shocks on Nile tilapia stress and performance. The vibrations were obtained through sensors previously installed in a transport box fixed to the truck. Five purpose-built datalogger sensors recorded g-force, truck speed, water temperature, and geographical location, as well as mechanical shock and vibration levels through all the way. The experiment was conducted by an integrated fish farming company in the state of Ceará/Brazil, monitoring 5 different live fish batches. The vehicle used for the transport was an open type truck, with capacity for five fiberglass boxes with a maximum volume of 2400 L, density of 236 kg / m³. The transport period lasted on average three hours for each treatment and the fish had their parameters (weight difference, weight-length relationship and condition factor (Kn), physical injuries, metabolic, ionic and hematological responses) compared to control groups (without vibration). The most intense shocks occurred when the truck was between 60 and 80 km / h, resulting in vibrations of 1.151 m / s² in the transport box, as well as in the water of 0.489 m / s². Higher vibration levels occurred on the asphalt road, with an average value of 1.13 m / s², while on the dirt road they averaged 0.57 m / s². Tilapia presented secondary responses to stress on blood level with significant changes in magnesium ions, glycemia, hematocrit, and hemoglobin, as well as live fish load losses of 0.47% and 0.80% kg, respectively, in the truck and the transport box after the transportation. Physical injuries at 34% severity and 21% moderate showed an uncomfortable environmental condition to organisms, although there was no significant difference in the weight-length relationship and post-transport condition factor. Thus, it is concluded that vibrations and mechanical shocks may act as a potential stressor in the transport of these fish over short distances, but do not compromise the tilapia's productive performance, if they occur under conditions similar to those performed in this research.

Keywords: Environment. Fish. Hematology. Welfare.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Diagrama generalizado dos elementos neuroendócrinos da resposta ao estresse em peixes teleósteos. ACTH – Hormônio Adreno Corticotrófico, MSH – Hormônio Melanócito Estimulante, β END – Endorfina	27
Figura 2	– Esquema básico de medição de vibração	37
Figura 3	– Vista dorsal de um peixe nadando, mostrando algumas das forças envolvidas	39
Figura 4	– Vista lateral das caixas transportadoras de tilápias do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	44
Figura 5	– Caixas transportadoras anexadas ao assoalho da carroceria do caminhão, com parafusos (A) e borrachas sintéticas (B)	45
Figura 6	– Infográfico de como funcionou a pesquisa	46
Figura 7	– Sensores, dataloggers, vista em perspectiva	47
Figura 8	– Modelos dos sensores que atuaram no transporte da tilápia do Nilo	48
Figura 9	– Ilustração dos dataloggers e descrição dos eixos dos sensores	50
Figura 10	– Orientação adotadas nesta pesquisa em relação ao caminhão no sentido X, Y e Z, respectivamente, X sentido lateral (lado esquerdo para o direito), Y sentido horizontal (da frente para a traseira) e Z sentido vertical (do piso à parte superior)	50
Figura 11	– Tanque-rede antes do transporte, despesca (A) e tanque de recepção após o transporte (B)	51
Figura 12	– Extremidade superior da caixa de transporte aberta com mangueiras micro perfuradas (A). Extremidade superior da caixa de transporte fechada com os dataloggers instalados (B)	51
Figura 13	– Comportamento da velocidade do caminhão e ocorrência dos choques mecânicos; (a) eixo X, (b) eixo Y e (c) eixo Z, do sensor acelerômetro	66

Figura 14 – Quanti-qualificação da intensidade dos choques mecânicos em relação a velocidade do caminhão	68
Figura 15 – Ocorrência dos choques mecânicos e comparativo com as intensidades em relação à média eficaz RMS nos eixos X, Y e Z	69
Figura 16 – Médias da temperatura interna (em azul) e externa (em vermelho) ao tanque durante o transporte da tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	69
Figura 17 – A: Diagrama de dispersão da relação peso/comprimento pré-transporte; B: Diagrama de dispersão da relação peso/comprimento pós-transporte	82

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1	–	Aceleração em r.m.s. em relação ao conforto	38
Tabela 2	–	Valores médios de vibração em aceleração (m / s ²) durante o transporte da tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	61
Tabela 3	–	Valores médios da força da gravidade (g), força relativa e temperatura da água durante o transporte da tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	64
Tabela 4	–	Valores médios ± desvio-padrão (entre parênteses) dos parâmetros físicos e químicos da água, antes e após o transporte	70
Tabela 5	–	Médias ± desvio padrão das respostas metabólicas, iônicas e hematológicas (n = 28) das tilápias do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) antes e após os estímulos vibratórios e choques mecânicos durante o transporte...	73
Tabela 6	–	Valores médios da contagem total e diferencial de leucócitos (n = 28) das tilápias do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) antes e após os estímulos vibratórios e choques mecânicos durante o transporte	78
Tabela 7	–	Distribuição e frequência de lesões físicas agonísticas observadas nas tilápias (<i>Oreochromis niloticus</i>) após o transporte	80
Tabela 8	–	Relação da carga total (kg) e perdas de peso vivo (%) oriundos das cinco viagens	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FAO	Food and Agriculture Organization
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
SNC	Sistema Nervoso Central
CPI	Cérebro-pituitária-inter-renal
CSC	Células Simpáticas de Cromafina
°C	Graus Celsius
pH	Potencial Hidrogeniônico
L	Litros
mL	Mililitros
µL	Microlitros
fL	Fentolitros
µm	Micrômetros
t	Tonelada
Kg	Quilograma
g	Gramma
Kg	Quilograma
mg	Miligrama
cm	Centímetros
nm	Nanômetro
rpm	Rotações por minuto
Hb	Hemoglobina
Ht	Hematócrito
CHCM	Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média
RCB	Contagem de Células Vermelhas

VCM Volume Corpuscular Médio

LISTA DE SÍMBOLOS

B	Beta
%	Porcentagem
®	Marca Registrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1	Tilápia do Nilo	22
2.2	Fisiologia do estresse em peixes	23
2.3	Parâmetros hematológicos	27
2.4	Transporte de peixes	31
2.5	Qualidade da água	32
2.6	Vibração mecânica	35
2.6.1	<i>Vibração mecânica em peixes</i>	37
3	MATERIAL E MÉTODOS	42
3.1	Local de estudo	42
3.2	Animais experimentais	42
3.3	Variáveis ambientais dos sensores	45
3.3.1	<i>Obtenção e confecção dos sensores</i>	46
3.3.2	<i>Instalação dos sensores</i>	48
3.4	Variáveis da qualidade de água	50
3.5	Variáveis hematológicas dos peixes	51
3.6	Observação das lesões físicas	54
3.7	Variáveis do desempenho produtivo dos peixes	55
3.8	Análises estatísticas	56
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
4.1	Parâmetros ambientais dos sensores	59
4.2	Parâmetros físico-químicos da água	68
4.3	Parâmetros hematológicos	71
4.4	Lesões físicas	79

4.5	Desempenho produtivo	80
4.5.1	<i>Relação peso-comprimento e fator de condição</i>	80
4.6	Perdas de peso vivo	83
5	CONCLUSÃO	85
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
	REFERÊNCIAS	87
	ANEXO A – CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA)	110
	ANEXO B – EXEMPLOS DE LESÕES DE PEIXES – PROTOCOLO	111
	ANEXO C – EXEMPLOS DE LESÕES DE PEIXES – PROTOCOLO	112
	APÊNDICE A – CONDIÇÃO GERAL DO PEIXE ANTES E APÓS O TRANSPORTE	113
	APÊNDICE B – DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE LESÕES E CRITÉRIOS GERAIS DE SAÚDE	114