



ALLIANCE™

<https://www.globalseafood.org>**Responsible
Seafood**
ADVOCATEInnovation &
Investment

Bioacústica del camarón: Nuevos conocimientos sobre el comportamiento alimentario y la acuicultura de precisión

12 October 2026

By Silvio Peixoto, Ph.D. , Fábio Costa Filho, Ph.D. Student , Gabriel Michereff, Ph.D. Student , Maria Moura Mendonça, M.S. Student , Vinicius Kenji Takahashi, B.S. Student , João Melo, B.S. Student and Roberta Soares, Ph.D.

Mediante la visión artificial o de computadora, la IA y los sistemas de alimentación automatizados, la bioacústica ofrece estrategias para mejorar la eficiencia alimentaria, optimizar la producción y fomentar un cultivo de camarón rentable y sostenible



La tecnología de bioacústica aplicada al camarón está aportando nuevos conocimientos sobre el comportamiento alimentario y la acuicultura de precisión. Esta tecnología – junto con la visión artificial, la IA y los sistemas de alimentación automatizados – permite implementar estrategias más inteligentes que mejoran la eficiencia alimentaria, optimizan la producción y favorecen un cultivo de camarón rentable y sostenible. El monitoreo acústico pasivo proporciona información nueva y no invasiva sobre el comportamiento alimentario de los camarones, al tiempo que impulsa el desarrollo de sistemas de alimentación automatizados más inteligentes y precisos. Fotografía de Salma Achiri.

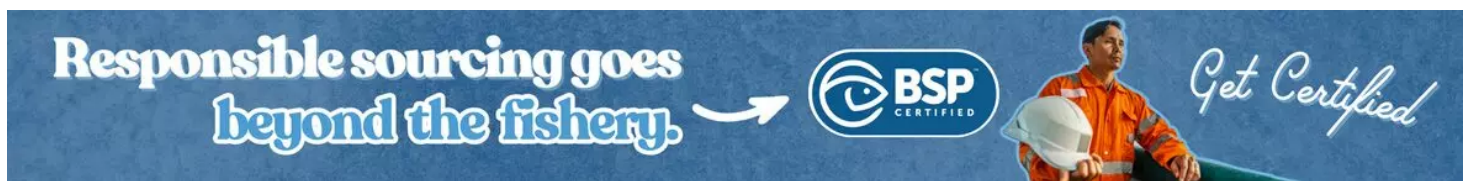
La acuicultura moderna de camarón depende de una comprensión clara del comportamiento alimentario para optimizar las estrategias de alimentación, mejorar la eficiencia de la producción y aumentar la sostenibilidad. Dado que el alimento representa el mayor costo operativo en la producción de camarón, evaluar con precisión el consumo de alimento es fundamental tanto para la rentabilidad como para la gestión ambiental. Para superar los desafíos que implica monitorear visualmente la actividad de alimentación de los camarones, investigadores y empresas tecnológicas han recurrido cada vez más al Monitoreo Acústico Pasivo (PAM, por sus siglas en inglés).

A diferencia del sonar activo, el PAM registra pasivamente los sonidos del entorno acuático – incluidos los característicos chasquidos que emiten los camarones al alimentarse – sin necesidad de emitir señales acústicas. Esta tecnología no invasiva está aportando nuevos conocimientos sobre el comportamiento alimentario de los camarones e impulsando el desarrollo de sistemas de alimentación automatizados más inteligentes y precisos.

Esta tecnología se ha extendido rápidamente por las principales regiones productoras de camarón del mundo, ayudando a los productores a mejorar la precisión en la alimentación y a reducir el desperdicio de alimento. En estos sistemas, hidrófonos submarinos de alta sensibilidad captan los sonidos producidos por los camarones durante la alimentación, y algoritmos de procesamiento de señales

identifican en tiempo real los chasquidos asociados a dicha actividad. A partir de esta información acústica, el suministro de alimento se ajusta automáticamente según el apetito de los animales, lo que mejora la eficiencia alimentaria y reduce la dependencia de las prácticas de alimentación empíricas tradicionales.

Aunque los sistemas comerciales de alimentación acústica han avanzado rápidamente, los conjuntos de datos y los algoritmos que sustentan estas tecnologías siguen siendo, en gran medida, de propiedad privada e inaccesibles para la comunidad científica. Como resultado, el PAM se ha convertido en una herramienta de investigación cada vez más valiosa para estudiar el comportamiento alimentario de los camarones en condiciones controladas. Actualmente, productores comerciales, fabricantes de alimentos e instituciones de investigación están invirtiendo en laboratorios acústicos especializados para evaluar estrategias de alimentación, optimizar formulaciones de pienso y validar nuevas tecnologías. Al acelerar el desarrollo de estrategias de alimentación de precisión, el PAM contribuye a impulsar una industria camaronera más eficiente, rentable y sostenible.



(<https://bspcertification.org/>).

Avances en la acústica del camarón mediante investigación de laboratorio

A medida que los sistemas de alimentación basados en la acústica siguen demostrando resultados positivos en las granjas camaroneras, la investigación de laboratorio sobre el monitoreo acústico pasivo (PAM, por sus siglas en inglés) avanza en paralelo, aportando conocimientos fundamentales que continúan impulsando mejoras en las aplicaciones comerciales. En los últimos años, el Laboratorio de Tecnología de Acuicultura (LTA) de la Universidad Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), en Brasil, se ha consolidado como un centro de investigación reconocido internacionalmente que estudia el uso del PAM para analizar el comportamiento alimentario del camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*) en condiciones experimentales controladas.

Las investigaciones realizadas por el grupo han demostrado el potencial de la bioacústica, no solo para desarrollar tecnologías de alimentación automatizada, sino también para mejorar nuestra comprensión de cómo la nutrición, las condiciones ambientales y las prácticas de manejo influyen en el comportamiento alimentario de los camarones.

La investigación actual en el LTA se centra en dos áreas complementarias. La primera examina las características acústicas de los chasquidos de alimentación producidos por los camarones y cómo estas señales varían según factores como el tamaño de la mandíbula, la etapa de muda y la textura del alimento granulado (Fig. 1). La segunda utiliza la actividad acústica como indicador conductual de la intensidad de alimentación, lo que permite a los investigadores evaluar cómo variables como el tamaño del camarón, la densidad de siembra y la composición de la dieta influyen en la actividad alimentaria.

En conjunto, estos estudios han demostrado que los sonidos de alimentación de los camarones constituyen un indicador sensible y no invasivo del comportamiento alimentario, permitiendo a los investigadores cuantificar las respuestas conductuales bajo una amplia gama de condiciones

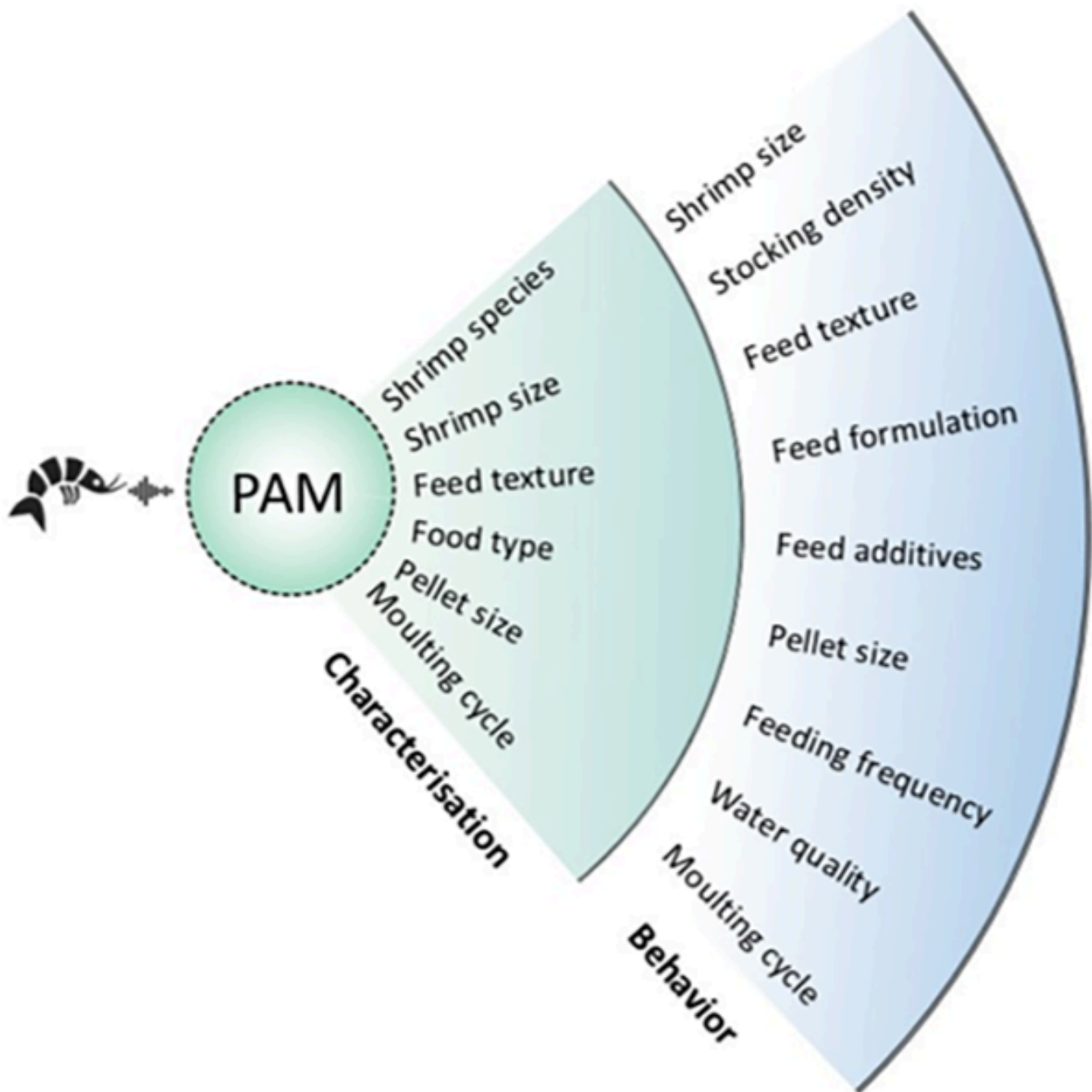


Fig. 1: Ejemplos de aplicaciones de PAM (monitoreo acústico pasivo) probadas para caracterizar los chasquidos de alimentación de los camarones y evaluar su comportamiento alimentario.

experimentales. Al vincular experimentos de laboratorio controlados con aplicaciones comerciales, el PAM está emergiendo como una poderosa herramienta de investigación que contribuye al avance de la acuicultura de precisión del camarón.

Montaje experimental para estudios acústicos

Los ensayos acústicos en el LTA suelen emplear un sistema de monitoreo compuesto por hidrófonos submarinos, grabadoras digitales multicanal y computadoras de alto rendimiento (Fig. 2). Los hidrófonos – el equivalente submarino de los micrófonos – captan los sonidos que se propagan a través del agua, mientras que las grabadoras digitales preservan estas señales acústicas con alta resolución temporal para su posterior análisis. Posteriormente, las grabaciones pueden archivarse para un análisis detallado fuera de línea o procesarse en tiempo real mediante algoritmos computacionales.



Fig. 2: Ejemplos de despliegues de PAM en un estanque experimental de camarones y en un acuario, utilizando grabadoras digitales e hidrófonos sumergidos.

El montaje experimental varía según los objetivos de cada estudio. Las investigaciones destinadas a caracterizar las propiedades acústicas de los chasquidos de alimentación de los camarones se llevan a cabo en tanques revestidos con espuma acústica absorbente, lo que minimiza las reflexiones sonoras y reduce las distorsiones causadas por las paredes del tanque (Fig. 3). Este entorno controlado permite una caracterización más precisa de las propiedades acústicas de los chasquidos.

Por el contrario, los experimentos centrados en el comportamiento alimentario – en particular aquellos que evalúan las tasas de producción de chasquidos a lo largo del tiempo – se llevan a cabo en tanques convencionales de diversos tamaños y con distintas densidades de siembra de camarones (Fig. 3). Estas condiciones se asemejan más a los sistemas de producción comercial, lo que permite a los investigadores estudiar cómo los factores nutricionales, biológicos y ambientales influyen en la actividad alimentaria de los camarones.

¿Producen sonido los camarones únicamente cuando se alimentan de pellets?

Para responder a esta pregunta, un estudio reciente investigó los sonidos producidos por juveniles de *P. vannamei* mientras consumían diversos tipos de alimento, incluidos poliquetos, peces, camarones, bivalvos, Artemia, insectos y pellets de alimento comercial (Fig. 4). Durante el experimento, se utilizaron grabaciones sincronizadas de audio y video para confirmar que los característicos chasquidos provenían de las mandíbulas de los camarones durante la alimentación. Posteriormente, las señales acústicas se analizaron mediante un software especializado en análisis de sonido.

Fig. 3: Esquema de los sistemas PAM de laboratorio utilizados para evaluar el comportamiento alimentario de los camarones en acuarios convencionales y para caracterizar la acústica de los chasquidos de alimentación en tanques experimentales revestidos con espuma.

Los resultados mostraron que todos los alimentos generaban señales acústicas durante la ingestión. Sin embargo, la textura y la composición del alimento influían claramente en la firma acústica de los chasquidos de alimentación. Los alimentos más duros, incluidos los pellets comerciales, el tejido de camarón y los insectos (Fig. 4B, D), requerían una mayor fuerza mecánica durante la masticación, produciendo chasquidos con mayor energía acústica. Por el contrario, los alimentos más blandos, como la Artemia y los bivalvos (Fig. 4C), generaban señales acústicas más débiles.

Estos hallazgos tienen importantes implicaciones prácticas. Demuestran que el análisis acústico permite distinguir los sonidos de alimentación asociados a diferentes tipos de alimento, proporcionando información valiosa para el desarrollo de algoritmos capaces de reconocer cambios en las características acústicas de la actividad alimentaria del camarón. Más allá de la gestión de la alimentación, este enfoque también podría ayudar a identificar otros eventos biológicamente relevantes dentro de los sistemas de cultivo, incluido el comportamiento caníbal.

“¿Puede la acuicultura irse completamente a la IA?

(<https://www.globalseafood.org/advocate/puede-la-acuicultura-irse-completamente-a-la-ia/>)”

Uso de la acústica para evaluar atrayentes alimentarios

Fig. 4: Ejemplares juveniles de *P. vannamei* alimentándose de diferentes productos: (A) pescado, (B) insecto, (C) nauplios de Artemia y (D) camarón.

Una gestión eficaz de la alimentación implica algo más que suministrar simplemente la cantidad correcta de alimento. La aceptación del alimento depende de la eficiencia con la que los camarones detectan, localizan y consumen las partículas de alimento. Por esta razón, los atrayentes alimentarios se incorporan ampliamente en las dietas comerciales para mejorar la palatabilidad y estimular la actividad alimentaria.

Los factores de estrés ambiental, como las caídas bruscas de temperatura o los cambios en la salinidad, pueden reducir considerablemente el apetito de los camarones y afectar negativamente al rendimiento de la producción. En estas condiciones, se ha demostrado que los atrayentes alimentarios ayudan a mantener la ingesta de alimento. Sin embargo, su eficacia depende de unos niveles de inclusión adecuados. Concentraciones más elevadas no estimulan necesariamente un mayor consumo e incluso pueden interferir en la capacidad del camarón para reconocer el alimento, reduciendo finalmente la actividad alimentaria.

Un experimento reciente ilustra esta relación. Se alimentó a juveniles de *P. vannamei* con dietas que contenían un atrayente aromático en tasas de inclusión de 1, 3 y 5 gramos por kg, bajo condiciones de baja temperatura (24 grados-C). El monitoreo acústico reveló que el nivel de inclusión más bajo (1 g/kg) produjo sistemáticamente las tasas iniciales de chasquidos más elevadas y mantuvo una mayor actividad de alimentación durante todo el periodo de observación de 30 minutos, lo que indica una respuesta alimentaria más intensa que la observada con las dosis más altas (Fig. 5).

Fig. 5: Análisis de regresión de la producción de chasquidos de alimentación en *P. vannamei* alimentados con dietas que contenían diferentes niveles de un atrayente aromático y una dieta control.

Este enfoque experimental se ha aplicado a una amplia gama de estudios nutricionales, incluida la evaluación de atrayentes alimentarios, sales orgánicas, la sustitución parcial o total de la harina de pescado y formulaciones de dietas especializadas diseñadas para condiciones de producción desafiantes. Además, se ha comparado el comportamiento alimentario entre camarones “ingenuos” (expuestos a una dieta por primera vez) y camarones “no ingenuos” (previamente aclimatados a la misma dieta) (Fig. 6).

En conjunto, estos estudios demuestran que el PAM constituye una herramienta práctica y objetiva para evaluar la aceptación del alimento, optimizar las formulaciones de las dietas y respaldar estrategias de alimentación más fundamentadas en el cultivo comercial de camarón.

Cuando el sonido se une a la imagen

Si bien los chasquidos de alimentación aportan información valiosa sobre el consumo de alimento, el análisis de video añade otra dimensión al revelar cómo se desplazan, ocupan el espacio e interactúan los camarones mientras se alimentan. Al sincronizarse con las grabaciones acústicas, el video permite vincular directamente la producción de sonido con el comportamiento observado, ofreciendo así una imagen más completa de la alimentación como una respuesta biológica integrada al entorno de cultivo.

Tras la recopilación de datos, los videos pueden procesarse mediante software de visión artificial capaz de detectar a cada camarón individualmente, fotograma a fotograma, y de rastrear sus movimientos a lo largo del tiempo. Más allá de servir como un simple registro visual, el video se convierte en una fuente cuantitativa de información sobre la actividad de nado, la distribución espacial y el uso de la zona de alimentación.

Fig. 6: Diagrama de flujo del diseño experimental para evaluar el comportamiento alimentario acústico y el consumo de alimento en camarones con y sin experiencia previa.

La visión artificial también puede facilitar el monitoreo biométrico automatizado. Al calibrar el tamaño aparente de los camarones en las imágenes de video con datos biométricos medidos, los algoritmos pueden estimar el peso corporal y la longitud sin necesidad de manipular a los animales. Como

resultado, una sola grabación puede proporcionar simultáneamente información sobre el comportamiento alimentario y el rendimiento del crecimiento (Fig. 7).

Al integrarse con el monitoreo acústico pasivo (PAM, por sus siglas en inglés), el análisis de video ofrece información valiosa sobre cómo la calidad del agua, la salud animal y la dieta influyen en el movimiento, los patrones de agregación y las respuestas alimentarias de los camarones. Estos flujos de datos combinados pueden incorporarse a sistemas de monitoreo en tiempo real, lo que permite detectar tempranamente cambios de comportamiento asociados al estrés y respaldar decisiones de gestión proactivas antes de que se produzcan pérdidas en la producción.

Inteligencia artificial para la detección automatizada de chasquidos

Estudios recientes han demostrado claramente el potencial del PAM para evaluar el comportamiento alimentario de los camarones en condiciones controladas y para respaldar la alimentación automatizada basada en señales acústicas en la camaronicultura comercial. Sin embargo, su aplicación a mayor escala sigue limitada por la falta de métodos estandarizados para detectar y cuantificar los chasquidos de alimentación en grabaciones de audio continuas. Los enfoques actuales suelen depender del análisis manual o semiautomatizado de espectrogramas mediante software, lo que hace que el procesamiento de los grandes conjuntos de datos acústicos – generados tanto en laboratorio como en sistemas de producción comercial – requiera mucho tiempo y sea difícil de estandarizar.

Fig. 7: Análisis automatizado de video que muestra la detección de camarones (a), la segmentación corporal (b) y la integración de múltiples resultados analíticos (c).

Para que el monitoreo acústico automatizado sea científicamente fiable y prácticamente aplicable, los algoritmos de detección deben ser transparentes, estar rigurosamente validados frente a datos de referencia anotados manualmente y ser capaces de funcionar de manera consistente bajo las condiciones acústicas complejas y ruidosas típicas de los sistemas acuícolas. Se espera que la inteligencia artificial desempeñe un papel fundamental para superar estos desafíos. En este contexto, el aprendizaje automático supervisado ofrece un enfoque práctico: utiliza características acústicas extraídas de segmentos de sonido etiquetados para entrenar modelos capaces de distinguir los chasquidos de alimentación de los camarones de otros eventos acústicos de fondo.

Recientemente, LTA ha estado desarrollando un sistema basado en inteligencia artificial (IA) capaz de detectar automáticamente los chasquidos de alimentación de *P. vannamei* y de reproducir con precisión los patrones de actividad alimentaria identificados mediante análisis acústico semiautomatizado (Fig. 8). El sistema logró distinguir los chasquidos de alimentación de otros sonidos submarinos, y la validación mediante grabaciones de laboratorio y de estanques confirmó su capacidad para monitorear los cambios en la actividad alimentaria del camarón bajo diversas condiciones biológicas y ambientales.

Fig. 8: Comparación del promedio de detecciones de chasquidos por minuto realizadas por el modelo de IA y el software semiautomatizado durante grabaciones de 30 minutos de juveniles de *P. vannamei*.

Al automatizar el análisis de las grabaciones acústicas, este enfoque reduce considerablemente el tiempo y el esfuerzo necesarios para el procesamiento manual o semiautomatizado de datos, a la vez que proporciona una herramienta consistente y objetiva para el monitoreo de la alimentación del camarón y la acuicultura de precisión.

Perspectivas

La bioacústica está transformando nuestra comprensión del comportamiento alimentario del camarón y, al mismo tiempo, creando nuevas oportunidades para la gestión precisa de la alimentación. Mediante el monitoreo acústico pasivo (PAM, por sus siglas en inglés), los sonidos de alimentación pueden convertirse en información valiosa sobre el apetito del camarón, el consumo de alimento y las respuestas a las condiciones ambientales cambiantes. A medida que avanzan las investigaciones y se expande su adopción comercial, el PAM está evolucionando de ser una herramienta de gestión de la alimentación a convertirse en una plataforma de innovación más amplia. En combinación con la visión artificial, la inteligencia artificial y los sistemas de alimentación automatizados, esta tecnología promete ofrecer estrategias de gestión más inteligentes que mejoren la eficiencia alimentaria, optimicen la producción y respalden una industria camaronera más rentable y sostenible.

Authors



SILVIO PEIXOTO, PH.D.

Corresponding author

Full Professor and Research Coordinator for Shrimp Bioacoustics

Laboratory of Aquaculture Technology (LTA), Department of Fisheries and Aquaculture (DEPAq),
Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco 52171-900, Brazil

silvio.peixoto@ufrpe.br (<mailto:silvio.peixoto@ufrpe.br>)



FÁBIO COSTA FILHO, PH.D. STUDENT

Laboratory of Aquaculture Technology (LTA), Department of Fisheries and Aquaculture (DEPAq),
Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco 52171-900, Brazil



GABRIEL MICHEREFF, PH.D. STUDENT

Laboratory of Aquaculture Technology (LTA), Department of Fisheries and Aquaculture (DEPAq),
Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco 52171-900, Brazil

**MARIA MOURA MENDONÇA, M.S. STUDENT**

Laboratory of Aquaculture Technology (LTA), Department of Fisheries and Aquaculture (DEPAq),
Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco 52171-900, Brazil

**VINICIUS KENJI TAKAHASHI, B.S. STUDENT**

Laboratory of Aquaculture Technology (LTA), Department of Fisheries and Aquaculture (DEPAq),
Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco 52171-900, Brazil

**JOÃO MELO, B.S. STUDENT**

Laboratory of Aquaculture Technology (LTA), Department of Fisheries and Aquaculture (DEPAq),
Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco 52171-900, Brazil

**ROBERTA SOARES, PH.D.**

Laboratory of Aquaculture Technology (LTA), Department of Fisheries and Aquaculture (DEPAq),
Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco 52171-900, Brazil

Copyright © 2026 Global Seafood Alliance

All rights reserved.