

Cultivo de microalgas em meio alternativo e de baixo custo, enriquecido com resíduos de compostagem: uma proposta para melhoria de vida dos pescadores da Paraíba

Marcos Aversari^{1,*}, Brenda Luany Almeida do Nascimento²,
Nathália Correia Martins², Reinaldo Farias Paiva de Lucena¹,
Kallyne Machado Bonifácio¹

¹Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA/UFPB. Campus I. João pessoa-PB (CEP 58051-900). *E-mail: marcosaversari@yahoo.com.br.

²Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Curso de Graduação em Ciências Biológicas. Campus I. João pessoa-PB (CEP 58051-900).

Resumo. As microalgas são elementos essenciais em diversas aplicações, incluindo a produção de biomassa e o uso como alimento para aquicultura, já que são a base da cadeia alimentar marinha. Tais algas podem ser cultivadas em vários ambientes, desde que contem com a presença do meio de cultivo adequado para seu desenvolvimento. No entanto, meios de cultivo naturais nem sempre estão disponíveis, fazendo necessário o emprego de métodos artificiais para o cultivo. Existem diversos meios de cultivo artificiais disponíveis, porém, nenhum apresenta baixo custo. Esta pesquisa se propõe a elaborar e testar meios de cultivo artificiais para três espécies de microalgas marinhas (*Isochrysis* sp., *Chaetoceros* sp. e *Tetraselmis* sp.), sendo estes de baixo custo e produzidos a partir de água marinha artificial e água de descarte de dessalinizador enriquecidas com resíduos de compostagem. Os meios de cultivo propostos foram elaborados, sendo realizados testes e coletados os resultados referentes à evolução das populações das algas. A microalga *Isochrysis* sp. apresentou os melhores resultados, em meio artificial elaborado a partir de água de descarte de dessalinizador, com uma densidade celular máxima de $108,7 \times 10^4$ cél/mL atingida no 18º dia de cultivo. Já a *Chaetoceros* sp. apresentou a maior explosão de crescimento, atingindo o pico de 87×10^4 cél/mL no 6º dia de cultivo. Foi, portanto, validada a viabilidade dos meios de cultivo artificiais enriquecidos com extrato de compostagem para o cultivo de microalgas, podendo ser aplicado como alimento em diversas modalidades de aquicultura, como também ser utilizado para a melhoria da qualidade de vida das comunidades pesqueiras do Estado da Paraíba.

Palavras-chave: Microalgas; Pescadores; Meio de cultivo; Artificial.

Recebido:
05/08/2018

Aceito:
29/12/2018

Publicado:
31/12/2018

Corrigido
14/11/2019



Acesso aberto



ORCID

0000-0001-5663-7332
Marcos Aversari

0000-0001-6926-6200
Brenda Luany Almeida
do Nascimento

0000-0002-6643-6224
Nathália Correia
Martins

Abstract. *Cultivation of microalgae in alternative medium of low cost, enriched with compost residues: a proposal to improve the life of the fishermen of Paraíba.* Microalgae are essential elements in many applications, including biomass production and use as food for aquaculture, as they form the basis of the marine food chain. Such algae can be grown in various environments, provided that it contains the appropriate culture medium for its development. However, natural culture media are not always available, implicating in the use of artificial methods for cultivation. There are several artificial cultivation methods available, but none of them are inexpensive. This research proposes to elaborate and test artificial culture media for three species of marine microalgae (*Isochrysis* sp., *Chaetoceros* sp. and *Tetraselmis* sp.), these being low cost and produced from artificial marine water and desalinator discard water enriched with compost residues. The proposed means of cultivation were elaborated, being carried out tests and collected the results referring to the evolution of the populations in the same ones. The microalgae *Isochrysis* sp. presented the best results in an artificial medium made from desalinator discard water, with a maximum cell density of 108.7×10^4 cells/mL reached on the 18th day of culture. Also *Chaetoceros* sp. showed the highest growth burst, reaching the peak of 87×10^4 cells/mL on the 6th day of culture. Therefore, the viability of the artificial culture media enriched with compost extract for the cultivation of microalgae was validated, being able to be applied as food in diverse aquaculture modalities and to be used to improve the quality of life of the fishing communities of Paraíba State.

Keywords: Microalgae; Fishers; Culture medium; Artificial.

0000-0003-4775-7775

Reinaldo Farias Paiva
de Lucena

0000-0002-0767-9226

Kallyne Machado
Bonifácio

Introdução

As microalgas são de grande importância na dieta alimentar na fase inicial da aquicultura, ou seja a da fase larval de camarões, lagostas, ostras, peixes e diversas espécies de interesse econômico, pois esta é a fase em que as larvas devem receber toda a atenção tanto sobre o ponto de vista alimentar quanto das condições biológicas da água (Lourenço, 2006).

Um dos motivos que potencializam o cultivo de microalgas, é que as mesmas podem ser cultivadas em solos inadequados para a aquicultura e agricultura, ou em terras inóspitas como os desertos, utilizando água salobra e ou água de descarte da dessalinização, processo que de acordo com sua composição, o meio de cultivo pode ser

acrescentado aos nutrientes que limitam a cultura (Mata et al., 2010).

Neste sentido inúmeras pesquisas vêm tentando definir quais as mais adequadas condições nutricionais para que se consiga o maior ganho na produção de bioprodutos pretendidos, sejam eles, lipídeos, carboidratos ou proteínas, já que o meio de cultivo é a parte mais cara do processo (Baumgartner et al., 2013). Estas pesquisas vêm sendo realizadas na busca por alternativas para a alimentação das microalgas com o uso de águas residuais de estações de tratamento de esgoto doméstico (Bhatnagar et al., 2011), e águas residuais de atividades do setor industrial e agropecuário (Kumar et al., 2010).

Estes organismos podem multiplicar sua biomassa em períodos

médios que variam de 2 a 5 dias atingindo altas concentrações, e com uma grande vantagem sobre as plantas terrestres, eles não precisam da aplicação de pesticidas, herbicidas ou fungicidas. Enquanto as plantas terrestres modificadas geneticamente ou não para duplicação de biomassa podem levar meses ou anos.

As microalgas para fabricarem proteínas gastam três vezes menos água do que fabricar a mesma quantia de proteína de soja que até o momento é a planta que tem a maior concentração deste nutriente (Dismukes et al., 2008).

Sabendo que a maior parte dos custos para cultivar microalgas são as fontes de nutrientes, este trabalho tem como objetivo analisar três meios de cultivo (água marinha natural, água marinha artificial e água de descarte de dessalinizador), enriquecidos com nutrientes de compostagem, para o desenvolvimento de três espécies de microalgas marinhas (*Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp., e *Tetraselmis* sp.) a fim de demonstrar a implicação socioeconômica desse cultivo como fonte de renda alternativa para as comunidades de pescadores do Estado da Paraíba e suas famílias, que se encontram economicamente marginalizados, em situação de pobreza e com poucas alternativas profissionais, tornado-se excluídos da sociedade (Do Nascimento et al., 2007).

Material e métodos

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Estudos Ambientais (LEA), do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), no período de junho a dezembro de 2017. As cepas das três microalgas cultivadas para realização do experimento, *Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp. e *Tetraselmis* sp., todas de ambiente marinho, foram doadas pelo Laboratório de Fitoplâncton, da Universidade Federal de Pernambuco.

Chaetoceros sp. é uma microalga unicelular de ambiente marinho que pertence à Classe Bacillariophyceae, Ordem Centrales e Família Chaetoceraceae (Hoek et al., 1995). Diatomáceas são conhecidas as microalgas desta classe, e são as encarregadas por 25% da produção primária do nosso planeta sendo também, as maiores produtoras de biomassa (Raven et al., 2001).

Isochrysis sp. é uma microalga unicelular de ambiente marinho que pertence à Classe Prymnesiophyceae, Ordem Isochrysidales e Família Isocrysidaceae (Hoek et al., 1995; Tomaselli, 2004). Esta alga é muito utilizada na aquicultura por ser rica em ácidos graxos poliinsaturados, oferecendo componentes nutricionais de grande importância para alimentação de moluscos, crustáceos e peixes na fase inicial de crescimento (Lourenço, 2006; Wood, 1974).

Tetraselmis sp. é uma microalga de ambiente marinho, unicelular flagelada que pertence à Classe Prasinophyceae, Ordem Chlorodendrales e Família Chlorodendraceae (Hoek et al., 1995; Tomaselli, 2004). Estas microalgas são utilizadas na fase inicial dos cultivos, como alimento para as larvas (Laing e Ayala, 1990), podendo produzir seu alimento através da fotossíntese ou da quimiossíntese, alimentando-se de compostos orgânicos e inorgânicos, manifestando um bom crescimento (Xie et al., 2001).

Preparo das condições necessárias para a realização do cultivo

Inicialmente, foi montado um sistema de iluminação com duas lâmpadas fluorescentes de 40 W, 2700 lumens cada, com temperatura de cor de 6.000 K, presas em um suporte horizontal, disposto a 60 cm acima da mesa onde os frascos contendo as microalgas e seus respectivos meios de cultivo foram colocados.

Depois, todo material utilizado no experimento: Erlenmeyers, pipetas, provetas e etc. foi lavado com água corrente e detergente neutro, em seguida colocado em banho com água sanitária e enxaguado em água corrente novamente, com o objetivo de descontaminação. A temperatura da sala de cultivo experimental foi mantida a 25 °C constantes, com iluminação em período integral.

Preparação das águas natural e artificial

A coleta de água marinha natural (AMN) foi feita na Praia da Penha, localizada no Município de João Pessoa, Paraíba, onde foi armazenada em baldes de 20 L com tampa, conduzidos para o laboratório onde permaneceram estocados no escuro por um período de 90 dias.

Ao término deste tempo, a água foi filtrada em papel de filtro qualitativo quadrado, em seguida mediu-se a salinidade que, no momento, era de 35‰, sendo então diluída com água destilada para que fosse atingido um índice de 27‰ de salinidade.

A água doce utilizada para a preparação da água marinha artificial (AMA) foi fornecida pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA) e coletada na torneira do laboratório em baldes de 20 L sem tampa que permaneceram armazenados no laboratório durante 48 h para que todo o cloro evaporasse. Em seguida foi feita a salinização com sal marinho virgem, sem a adição de iodo, fornecido pela empresa Comércio e Indústria de Moagem e Refinação Santa Cecília Ltda (CIMSAL), do Estado do Rio Grande do Norte, até que o mesmo índice de salinidade de 27‰ da água marinha natural fosse atingido.

Um terceiro tipo de água também foi utilizada no experimento, foi a água de descarte do dessalinizador do Município de Cabaceiras, localizado a cerca de 180 km da capital João Pessoa.

A água foi coletada na saída de descarte do dessalinizador, em um garrafão de 20 L, e transportada para o LEA. Então, foi filtrada em papel de filtro qualitativo quadrado e foi verificada a salinidade de 8‰, sendo necessária a sua elevação para 27‰ com sal marinho virgem, recebendo este meio, o nome de água marinha de descarte de dessalinizador (AMDD).

Preparação do meio nutriente

Desde 1927, quando o pesquisador Erd-Schreiber (1927) usou pela primeira vez o extrato de solo no seu meio de cultura para alimentação de fitoplâncton marinho, diversos autores vêm se baseando e adaptando esta metodologia (ver Gross, 1937; Vieira, 1977; Klein, 1993; Oliveira, 2008; Lubiana, 2013; e Santana, 2014).

Neste estudo, o meio para alimentar as microalgas foi preparado a partir do composto orgânico rico em nutrientes (Tabela 1), fornecido pela Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (EMPASA), que foi diluído em AMA em baldes de 20 L e permaneceu durante quatro dias para retirada do extrato nutriente. Ao fim deste período, este extrato foi fervido, filtrado e armazenado em balão volumétrico para ser fornecido às microalgas.

Cultivo

Após o preparo das águas e do meio nutriente foi iniciado o cultivo, onde foram utilizados 45 Erlenmeyers de 250 mL divididos em três grupos de 15 Erlenmeyers cada. No grupo I com AMN distribuídos em cinco réplicas para cada uma das espécies de microalgas, foi colocado 150 mL de água, 50 mL do meio nutriente e 2 mL de microalgas, sendo feito o mesmo processo do grupo I nos grupos II e III, com AMA e AMDD, também contando com cinco réplicas para cada microalga.

A concentração inicial de cada espécie de microalgas, em números de densidade celular (DC), após a contagem na câmara de Neubauer, em microscópio óptico Olympus, foi a seguinte:

- *Chaetoceros* sp. $3,13 \times 10^4$ cél/mL
- *Isochrysis* sp. 2×10^4 cél/mL
- *Tetraselmis* sp. $1,60 \times 10^4$ cél/mL

Tabela 1. Laudo de ensaios laboratoriais do composto orgânico utilizado, fornecido pela EMPASA.

ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICO	UNIDADES	LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO	RESULTADOS	ANÁLISES		MÉTODOS
				INÍCIO	FINAL	
Acido Humico	% m/m	0,1	8,8	18/01/17	18/01/17	IN03-2015 ⁽²⁾
Boro	mg/Kg B	5	553	12/01/17	12/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾
Cálcio	mg/Kg Ca	5	3858	13/01/17	13/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾
Carbono Orgânico	% C	0,01	9,49	18/01/17	18/01/17	MMAOF - MAPA ⁽³⁾
Cobre	mg/Kg Cu	0,3	11,0	12/01/17	12/01/17	EPA 3050B: 1996 ⁽¹⁾
Enxofre	% S	0,03	0,08	18/01/17	18/01/17	IN03-2015 ⁽²⁾
Ferro	mg/Kg Fe	0,5	2352,0	13/01/17	13/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾
Fósforo	mg/Kg P	0,5	1252,6	13/01/17	13/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾
Magnésio	mg/Kg Mg	5	1074	13/01/17	13/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾
Manganês	mg/Kg Mn	5	64	13/01/17	13/01/17	EPA 3050B: 1996 ⁽¹⁾
Molibdênio	mg/Kg Mo	5	26	12/01/17	12/01/17	EPA 3050B: 1996 ⁽¹⁾
Nitrogênio	% N	0,1	16,8	17/01/17	17/01/17	MMAOF - MAPA ⁽³⁾
pH	Unid. de pH	1,00	7,06	12/01/17	12/01/17	IN03-2015 ⁽²⁾
Potássio	mg/Kg K	5	1521	13/01/17	13/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾
Silício	mg/Kg Si	5	103	12/01/17	12/01/17	EPA 3050B: 1996 ⁽¹⁾
Zinco	mg/Kg Zn	0,5	26,0	12/01/17	12/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾

*NA: NÃO APLICÁVEL **ND: NÃO DETECTADO ***LO: MENOR OU O LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO.

⁽¹⁾ EPA - Environmental Protection Agency - SW 846: Testing methods for evaluating solid wastes

⁽²⁾ MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA Nº 28, DE 27 DE JULHO DE 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organo-Minerais e Corretivos. Brasília, DOU de 31 de julho de 2007.

⁽³⁾ Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial Brasília 2013.

O pH inicial verificado para AMN e AMA, foi de 8,2 já o pH da AMDD foi de 8,4. As contagens em câmara de Neubauer foram realizadas para acompanhamento do crescimento a cada três dias, representando a densidade celular média das cinco réplicas, compreendendo um período total de 30 dias, sendo o dia 0 a marca da inserção da concentração inicial das microalgas. O pH final verificado para AMN e AMA, foi de 8,5 e para AMDD foi de 8,8. Esta elevação gradual do pH, é explicado pelo aumento do número de células no cultivo.

Resultados

Água do mar natural (AMN)

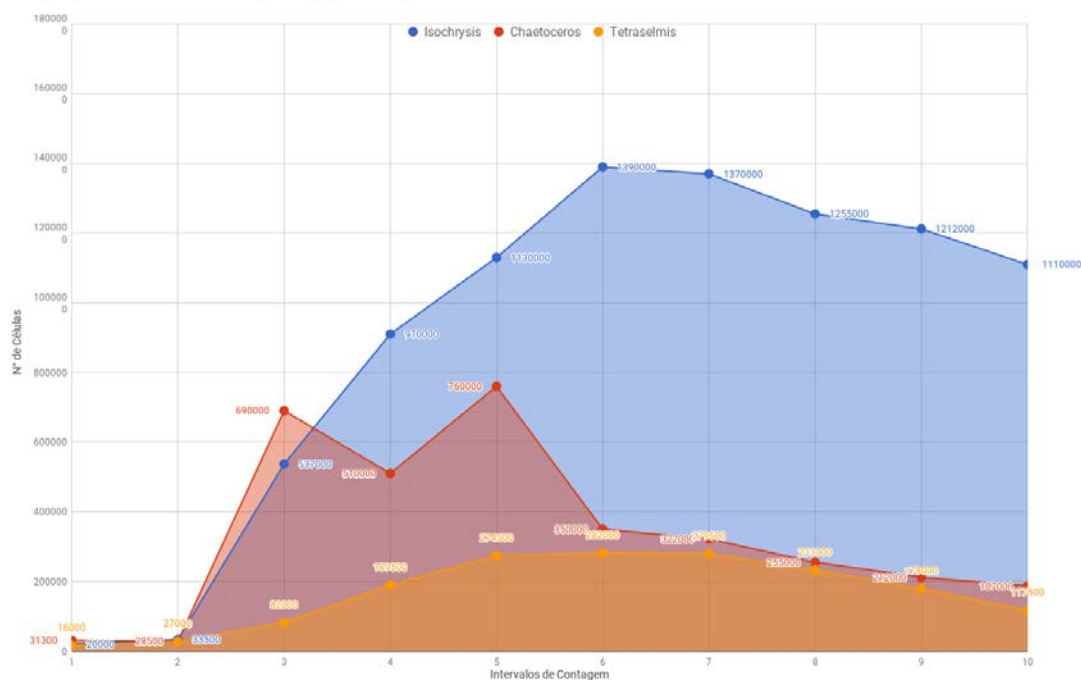
A Figura 1 apresenta a comparação das médias de crescimento das microalgas em água do mar natural (AMN) de acordo com a sua espécie. O gráfico foi gerado a partir da comparação do crescimento médio apresentado em

todas as réplicas de cada uma das espécies neste meio.

Pode-se notar um comportamento de crescimento e decrescimento acelerado e linear da *Isochrysis* sp., sendo esta espécie a que apresentou desenvolvimento mais satisfatório. A espécie *Chaetoceros* sp. teve um comportamento médio em todas as suas réplicas de maior explosão inicial da população de forma linear e acelerada e após isso, decresceu de maneira similar, possivelmente devido a um maior consumo, de forma desordenada, da matéria orgânica nutriente presente no meio.

No que diz respeito ao comportamento da *Tetraselmis* sp., mesmo em um meio de cultivo natural, a AMN, apresentou crescimento lento e linear, conseqüentemente, atrasando o esgotamento de matéria orgânica nutriente no meio, resultando assim, num maior tempo de vida de sua população.

Comparação de crescimento das espécies [Água do mar]

**Figura 1.** Comparação do crescimento das três espécies de microalgas na água do mar natural.

Água do mar artificial (AMA)

Na Figura 2 é possível visualizar as médias de crescimento das microalgas em água do mar artificial (AMA), preparada conforme anteriormente descrito. Se pode notar linearidade na rotina de crescimento e decrescimento de *Isochrysis* sp., apresentando inicialmente um aumento acelerado da população, até atingir um pico, e decrescer linearmente, de maneira similar ao comportamento observado na AMN.

Já para *Chaetoceros* sp., foi observado um rápido crescimento da

população, seguido por um declive linearmente acelerado, outro fator importante a ser notado foi o maior decrescimento da população em relação às amostras dos intervalos de contagem 1 (concentração inicialmente inserida) e 2, provavelmente resultante do período de adaptação da microalga ao novo meio.

Tratando-se de *Tetraselmis* sp., foi notado um crescimento lento e linear, apresentando também um maior tempo de vida, à medida que a população total é menor, e o consequente esgotamento do meio, mais desacelerado.

Comparação de crescimento das espécies [Água artificial]

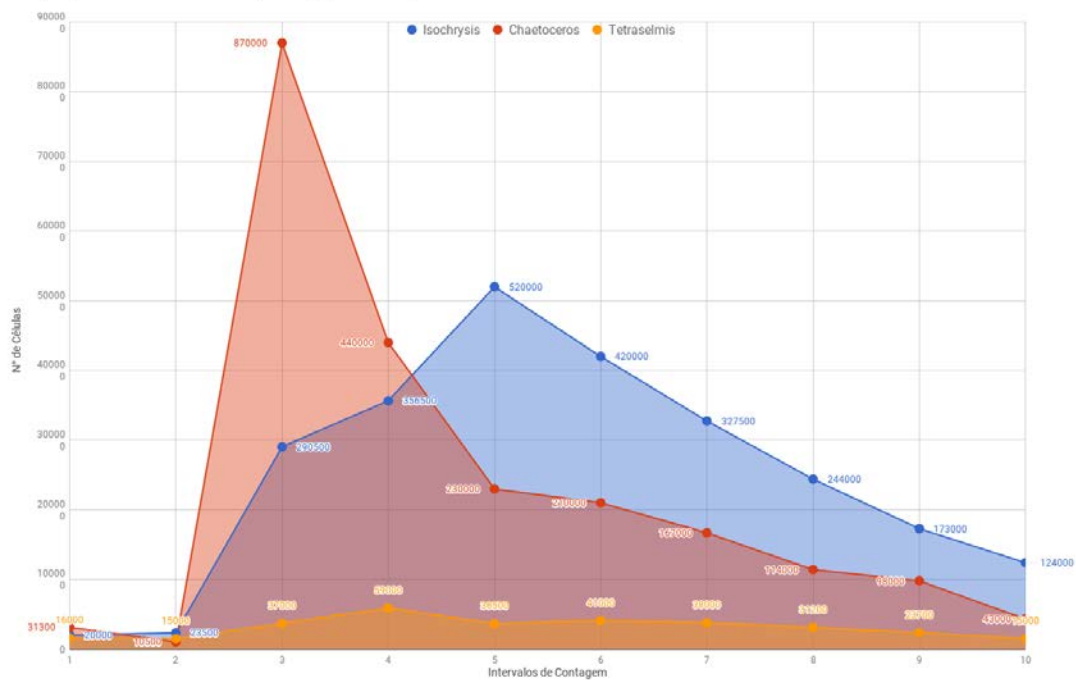


Figura 2. Comparação do crescimento das três espécies de microalgas na água do mar artificial.

Água de descarte de dessalinizador (AMDD)

A Figura 3 apresenta o desempenho das espécies na água marinha de descarte de dessalinizador (AMDD), sendo o crescimento da *Isochrysis* sp. o mais acelerado, contando com um crescimento e decréscimo parabólico da população e com a obtenção de maiores números.

Tanto *Chaetoceros* sp. como *Tetraselmis* sp. mantiveram seu padrão de comportamento neste meio, de maneira bastante similar à AMN.

Análise de crescimento das microalgas nos diferentes meios

No momento da comparação do crescimento de cada uma das espécies de microalgas nos diferentes meios de cultivo, foi notado que a *Isochrysis* sp. (Figura 4) apresentou desempenho satisfatório na AMDD, onde sua rotina de crescimento e quantidade populacional

foram bastante semelhantes aos obtidos na AMN. Além disso, notou-se que apesar de obter menor número populacional, o cultivo desta microalga em AMA também constitui uma alternativa viável.

No que diz respeito ao comportamento da *Chaetoceros* sp. (Figura 5) foi observado crescimento satisfatório em AMDD, com evolução populacional similar ao percebido na AMN. A AMA novamente se mostra como outra alternativa, apresentando vasta explosão inicial da população, superando até mesmo o meio natural (AMN).

Para a *Tetraselmis* sp. (Figura 6) o meio que apresentou resultados mais satisfatórios e similares aos obtidos no meio natural foi a AMDD, contando com boa contagem populacional e tempo de vida estendido, sem descartar a possibilidade da realização do cultivo em AMA, apesar de apresentar resultados menos satisfatórios em tal meio.

Comparação de crescimento das espécies [Água de descarte]

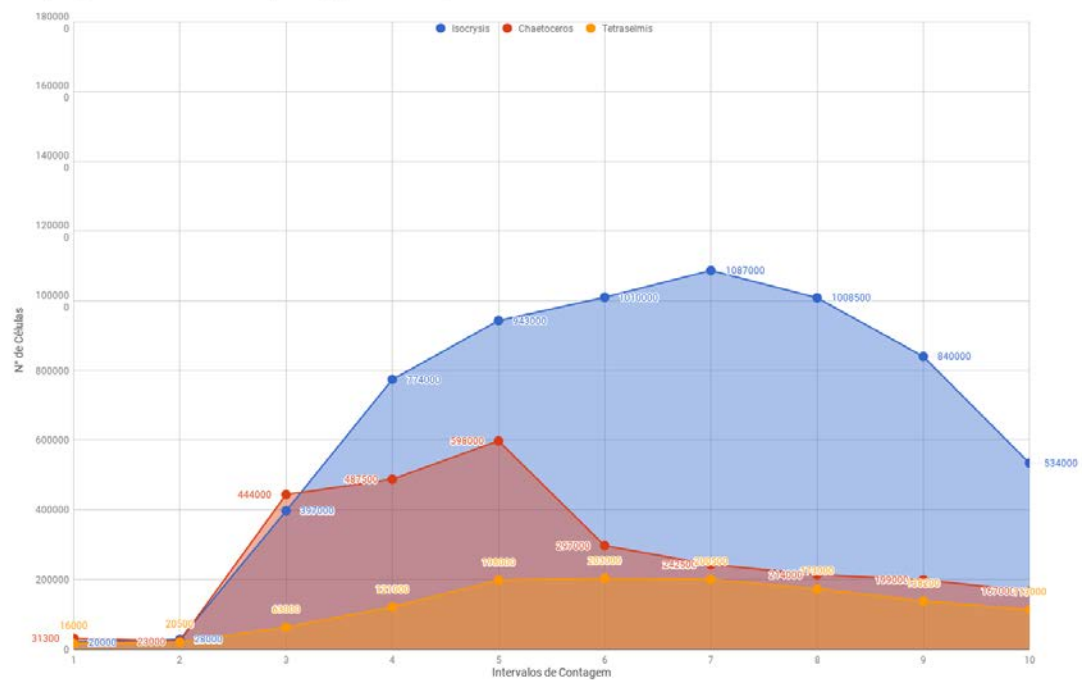


Figura 3. Comparação do crescimento das três espécies de microalgas na água marinha de descarte de dessalinizador.

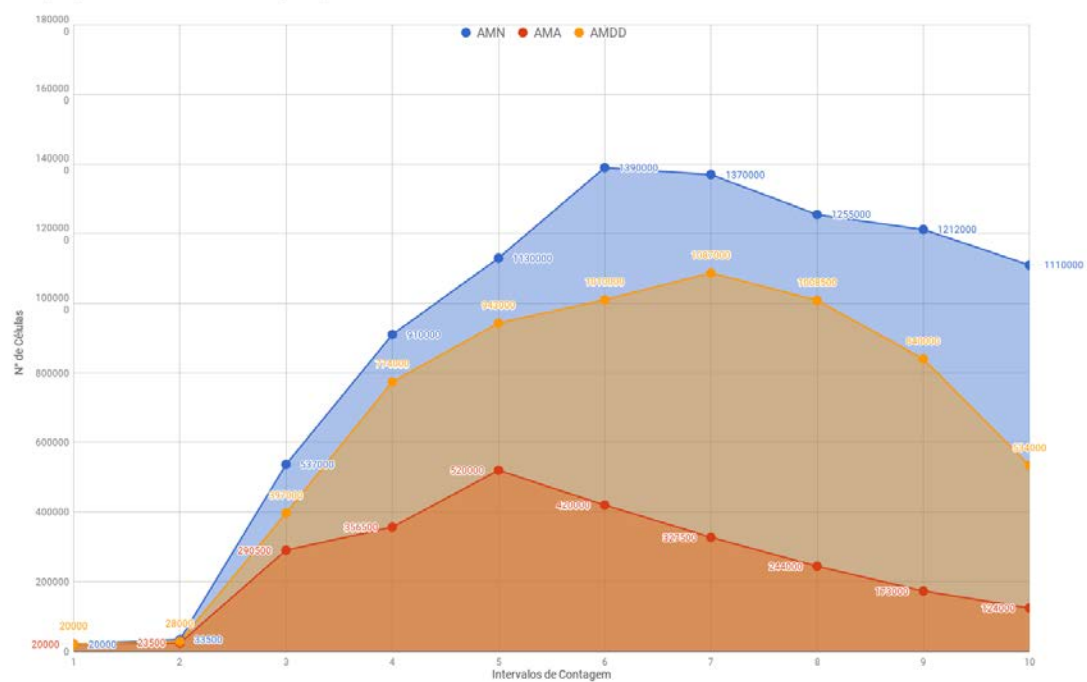
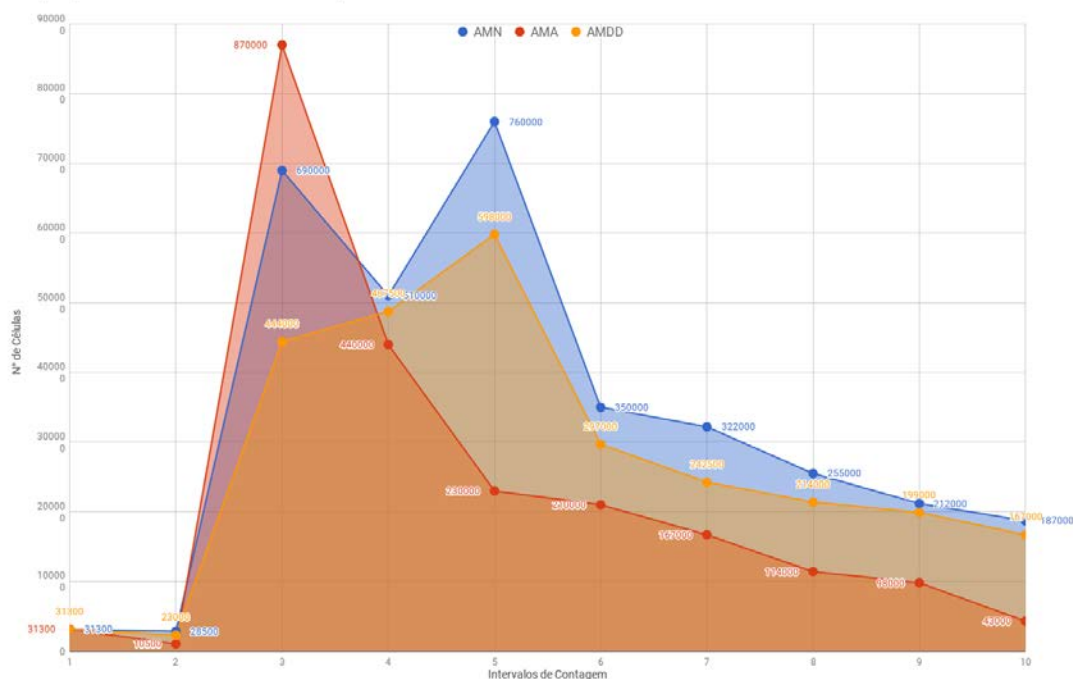
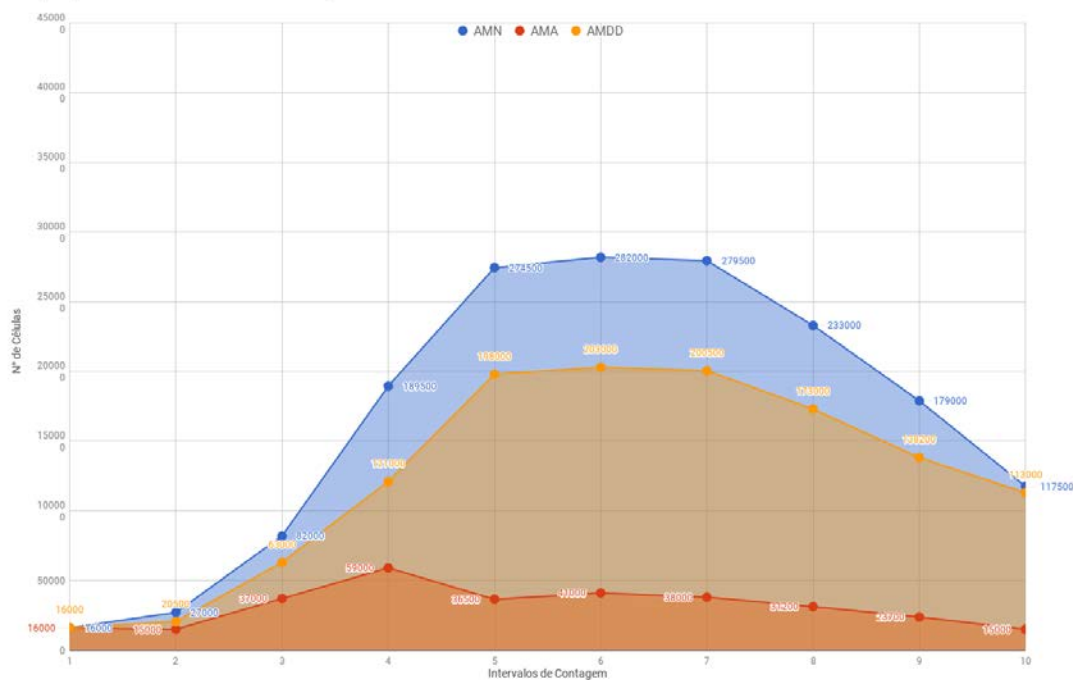
Comparação de crescimento da *Isochrysis* Sp. nos diferentes meios

Figura 4. Comparação do crescimento da *Isochrysis* sp. nos diferentes meios experimentais.

Comparação de crescimento da *Chaetoceros* Sp. nos diferentes meios**Figura 5.** Comparação do crescimento da *Chaetoceros* sp. nos diferentes meios experimentais.Comparação de crescimento da *Tetraselmis* Sp. nos diferentes meios**Figura 6.** Comparação do crescimento da *Tetraselmis* sp. nos diferentes meios experimentais.

Discussão

O uso de composto orgânico constitui um meio nutricional alternativo para a aquicultura de microalgas, apresentando algumas vantagens, entre elas: baixo custo, ecologicamente sustentável e proporciona um rápido crescimento, semelhante ao induzido pelos meios comercialmente disponíveis, a exemplo do meio Conway, meio Guillard e meio Erd Schreiber.

A partir da análise físico-química do composto orgânico proveniente da EMPASA utilizado no presente trabalho (Tabela 1), nota-se que existem concentrações significativas de 15 elementos químicos e nutrientes como boro (B), cálcio (Ca), carbono (C), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), fósforo (P), magnésio (Mg), manganês (Mn), molibdênio (Mo), nitrogênio (N), potássio (K), silício (Si) e zinco (Zn), além da presença do ácido húmico.

Reforçando o exposto por Sedyama et al. (2000), que ao analisar quimicamente e quantitativamente os nutrientes presentes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos suínos encontrou ao menos 15 tipos de nutrientes em quantidades variáveis (C,

N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, Cu, Al, Si, B e Mo), de maneira similar ao encontrado por Veras e Povinelli (2004) constataram quantidades significativas de seis tipos de nutrientes (C, N, P, K, Ca e Mg) em composto orgânico de lixo urbano.

Sendo assim, consegue-se perceber que o composto orgânico obtido da EMPASA contém nutrientes importantes para o crescimento algal, também presentes nos meios de cultivo comercialmente disponíveis, no entanto, tais concentrações podem variar de um lote do composto para outro, dependendo dos resíduos orgânicos utilizados para a formação do mesmo.

A partir disto, foi possível realizar a comparação do crescimento algal das três espécies de microalgas utilizadas neste trabalho em meios alternativos (Tabela 2), enriquecidos com extrato de compostagem com outros trabalhos, que fizeram uso de meios tradicionais. Para tal, as comparações foram realizadas utilizando os melhores resultados do crescimento das microalgas, os quais foram obtidos no meio produzido com base na água marinha de descarte de dessalinizador (AMDD) enriquecida com extrato de compostagem.

Tabela 2. Comparação entre os resultados obtidos por autores no cultivo experimental.

Trabalho/Meio	Espécies de microalgas		
	<i>Isochrysis</i> sp.	<i>Chaetoceros</i> sp.	<i>Tetraselmis</i> sp.
Este estudo/AMDD + Composto	108,7 x 10 ⁴ cél/mL	87 x 10 ⁴ cél/mL	20,3 x 10 ⁴ cél/mL
Ohse (2008)/Guillard	241,33 x 10 ⁴ cél/mL	140 x 10 ⁴ cél/mL	100 x 10 ⁴ cél/mL
Vélez (2016)/Fertilizantes	171,9 x 10 ⁴ cél/mL	124,7 x 10 ⁴ cél/mL	
Shei (2008)/AMA com sais comerciais		600 x 10 ⁴ cél/ml	
Klein (1993)/AMN + Caldo de peixe			201 x 10 ⁴ cél/mL

Para a microalga *Isochrysis* sp., Ohse et al. (2008) conduziu experimentos em condições similares de temperatura, iluminação e fotoperíodo integral, utilizando unicamente o meio de cultivo F/2 Guillard, onde foram realizadas contagens diárias da densidade celular média entre três réplicas, sendo obtida a densidade celular máxima (DCM) de $241,33 \times 10^4$ cél/mL no 6º dia de cultivo.

Vélez (2016) utilizou dois tipos de fertilizantes agrícolas (Complefol e Stimufol), com propósito de obter maior densidade celular média em cultivos de pequena escala, diminuindo o tempo de produção e custo dos mesmos. Onde, em condições similares de temperatura e iluminação, obteve a DCM de $171,9 \times 10^4$ cél/mL no 9º dia de cultivo.

Em comparação à DCM de $108,7 \times 10^4$ cél/mL, obtida no 18º dia de cultivo no extrato de compostagem, em meio artificial elaborado a partir da água marinha de descarte de dessalinizador (AMDD), nota-se que o meio Guillard é mais eficiente, devido à sua maior completude em termos de nutrientes, no entanto, a AMDD enriquecida com compostagem também constitui alternativa viável para o cultivo algal de *Isochrysis* sp. e de baixo custo, quando comparada a outras soluções alternativas, a exemplo da proposta por Vélez (2016), onde se faz uso de fertilizantes agrícolas, nem sempre acessíveis.

Tanto a AMDD, como a água marinha artificial (AMA) enriquecida com extrato de compostagem, a qual apresentou DCM de 52×10^4 cél/mL no 12º dia de cultivo constituem meios de cultivo viáveis para a *Isochrysis* sp..

Isto se deve ao constatado por Fábregas et al. (1994), que afirma que densidades da ordem de 10^4 são suficientes para promover o cultivo de microalgas, sendo assim, o meio extrato de compostagem surge como uma alternativa sustentável real para a produção do fitoplâncton.

No que diz respeito ao cultivo da microalga *Chaetoceros* sp., Shei et al. (2008), utilizando diferentes tipos de água marinha artificial, preparadas a partir do uso de água doce com três marcas de sais para aquário marinho comercialmente disponíveis, obteve na água marinha artificial (AMA), por meio do uso de sais da marca Red Sea, a DCM de 600×10^4 cél/mL no 6º dia de cultivo, devido à elevada quantidade de nutrientes existentes nos compostos para aquarismo, material de difícil acesso e alto custo.

Experimentos de cultivo utilizando a microalga *Chaetoceros* sp. também foram conduzidos por Ohse et al. (2008), onde o meio F/2 Guillard foi utilizado para enriquecimento da água marinha, neste experimento foi constatada uma DCM de 140×10^4 cél/mL, atingida no 6º dia de cultivo.

Vélez et al. (2016) também realizou o cultivo da espécie *Chaetoceros* sp. fazendo o uso de água marinha enriquecida com compostos fertilizantes agrícolas. Neste estudo, foi obtida DCM de $124,7 \times 10^4$ cél/mL no 9º dia de cultivo.

O extrato de compostagem novamente se mostrou alternativa viável para o cultivo desta espécie, apresentando crescimento satisfatório tanto na AMDD, como na AMA enriquecidas com o extrato. Para a AMDD, foi constatada uma DCM de $59,8 \times 10^4$ cél/mL, a qual foi atingida no 12º dia de cultivo, com o fim da fase exponencial do crescimento. Já para a AMA, a DCM foi de 87×10^4 cél/mL, atingida no 6º dia de cultivo. Sendo novamente, comprovada a hipótese de viabilidade de cultivo afirmada por Fábregas et al. (1994).

No cultivo da microalga *Tetraselmis* sp., Klein et al. (1993), utilizando o meio Erd-Schreiber como controle, sugeriu meios alternativos de cultura fazendo o uso de resíduos orgânicos provenientes de água de matadouro, vinhoto e caldo de peixe. Obtendo o melhor resultado com o meio preparado com caldo de peixe, na

concentração de 5 ppm, o qual apresentou DCM de 201×10^4 cél/mL no 11º dia de cultivo, superando até mesmo o meio de controle, que apresentou DCM de 126×10^4 cél/mL no 9º dia de cultivo.

Ohse et al. (2008) também realizou experimentos de cultivo da espécie *Tetraselmis* sp., utilizando como meio de cultivo F/2 Guillard em água marinha, obtendo uma DCM de 100×10^4 cél/mL no 6º dia de cultivo, após o fim da fase exponencial de crescimento, seguido pela estabilização do mesmo.

Nos experimentos realizados no presente trabalho, utilizando AMDD e AMA enriquecidas com extrato de compostagem, foi obtida uma DCM de $20,3 \times 10^4$ cél/mL para a AMDD, atingida no 15º dia de cultivo. Já para a AMA, foi encontrada DCM de $5,9 \times 10^4$ cél/mL, no 9º dia de cultivo.

Apesar dos números menores de DCM apresentados pela espécie *Tetraselmis* sp. devido ao seu maior tamanho celular, o cultivo da mesma em meio artificial produzido a partir de extrato de compostagem também se mostrou viável, sempre atingindo contagens na casa dos 10^4 , acima da hipótese de viabilidade afirmada por Fábregas et al. (1994).

Perfil socioeconômico dos pescadores da Paraíba

Segundo Santos et al. (2011), Santos et al. (2013), Evangelista et al. (2014), Rezende e Oliveira (2015), Vale et al. (2018), pescadores do nordeste, são grupos economicamente marginalizados, muito pobres e sem reconhecimento profissional, tornado-se excluídos da sociedade. Enfrentam uma exclusão cada vez maior produzida pela devastação do local de trabalho e pela insuficiência de estímulos externos (Do Nascimento et al., 2007).

Acompanhando os dados relatados na literatura, os pescadores da Paraíba não se tornaram exceção:

Alves (2003) analisando os aspectos socioeconômicos dos catadores de caranguejo-uçá do estuário do Rio

Paraíba-PB, Nordeste do Brasil, verificou que os 70 entrevistados eram homens, a faixa etária entre 17 a 60 anos, 46% eram analfabetos e 34% semianalfabetos, 81% habitavam moradias de taipa, 70% destas moradias não possuíam banheiro, diante deste fato os excrementos eram jogados diretamente no rio ou a céu aberto, 87% das casas tinham energia elétrica, mas 41% não tinham água encanada, 52% declarou não ter atendimento médico e 93% declarou renda menor que o salário mínimo vigente e eram obrigados a procurar outra fonte de renda que não fosse a pesca para sobreviver, pois os caranguejos estavam desaparecendo.

Nishida et al. (2008), traçaram os aspectos socioeconômicos de 15 famílias catadoras de moluscos do litoral paraibano, verificou que a média familiar era de 5,9 membros, a faixa etária variou entre 20 e 60 anos, a renda mensal informada foi menor que um salário mínimo, precisando ser completada com outras atividades, porque o marisco era pouco, mal dava para comer, 52,6% eram analfabetos, 62,4% viviam em união estável, 93,3% possuíam casa própria feita de tijolo e telha com piso de cimento, 60% das casas não tinham banheiro, 46,7% não tinham sanitário, 86,6% dos dejetos e 40% do lixo era jogado diretamente no rio.

Ao entrevistar 37 pescadores de lagosta das praias do Seixas e da Penha, Oliveira et al., (2009) observaram que 100% eram homens, 35% a faixa etária variou entre 21 e 30 anos, 43% tinham o ensino fundamental completo, 27% o ensino médio, 22% o primário e 8% eram analfabetos, 57% eram solteiros, 19% casados, o rendimento mensal informado variou de R\$ 201,00 a R\$ 400,00, algumas moradias eram de tijolos, tinham água encanada mais sem saneamento básico, 51% relatou que precisa complementar a renda com atividades paralelas, porque a pesca era pouca.

Em seu trabalho com 45 marisqueiras do estuário do Rio Paraíba-

PB, Silva et al. (2011) constataram que a faixa etária era entre 18 e 60 anos, 13,3% eram solteiras, 31,1% viviam em união estável, o número de filhos era de 1 a 7, o rendimento mensal era de até um salário mínimo e necessitavam complementar a renda com outras atividades, pois a quantidade de mariscos estava diminuindo a cada dia, 100% das entrevistadas não concluíram o ensino médio, 88,9% possuíam casa própria, 11,1% moravam em casas alugadas ou de parentes, as casas eram de tijolos e telhas, piso de chão batido, sem saneamento básico, possuíam energia elétrica e água encanada e foram construídas em áreas de risco.

Ao fazer a Caracterização socioeconômica etnoictiológica dos pescadores artesanais do açude de Boqueirão, Paraíba, Sousa (2016), verificou que dos 35 entrevistados 25 eram homens e 10 mulheres, com faixa etária entre 24 e 70 anos, 51,42% possuíam o ensino fundamental incompleto, tinham de 2 a 5 filhos, 74,2% possuíam casa própria construída de alvenaria, 62,9% não possui água encanada, 45,7% possui fossa, 28,5% disseram que jogavam no lixo ou deixavam ao ar livre, 20% do lixo é coletado, 51,4% afirmou que o rendimento mensal variava de R\$ 80,00 a R\$ 300,00, 40% completavam a renda com outras atividades, devido a redução dos produtos da pesca.

O cenário relatado, que tem assolado as comunidades pesqueiras da Paraíba Nordeste do Brasil, justifica-se pelo acelerado crescimento populacional, bem como, a queda dos recursos naturais existentes, primordiais à sobrevivência humana, que gera impactos desfavoráveis nas áreas social, ambiental e econômica destas populações tradicionais (Sodré, 2008).

Fora estes motivos, existem outros que vem contribuindo com o afastamento dessa população de seu território, é a exploração imobiliária

presente em todo litoral do Brasil, que se aproveita da fragilidade desta comunidade que se encontra marginalizada socialmente, culturalmente e economicamente, retrato de um padrão de crescimento e desenvolvimento praticado no Brasil. A perda do lar para os grandes empreiteiros, leva estas populações várias vezes a perda de seus conhecimentos costumeiros e a mudanças nas áreas de pesca que frequentemente padecem com a poluição das águas por esgotos impossibilitando a pesca (Araújo, 2017).

Sistema de cultivo proposto e implicação social

O sistema proposto para ser construído por comunidades pesqueiras é do tipo aberto, pois são mais baratos para construir, sua operação é mais fácil e sua durabilidade é maior do que os fotobiorreatores fechados. Eles podem ter forma, tamanho, produto utilizado na construção e tipo de agitação e inclinação variados. Várias vezes, a construção destes é feita de acordo com a disponibilidade dos materiais encontrados na região (Becker, 2004).

Este sistema será do tipo lagoa, o qual irá ser construído escavando-se o solo a uma profundidade de 30 cm para que ocorra penetração de luz vezes 5 metros de comprimento e 2 m de largura, a qual será revestida com uma lona plástica branca, que ficará presa pelas bordas com a própria terra da escavação, formando um pequeno lago. Em seguida será colocada a água para encher o sistema, que poderá ser do mar, da torneira aditivada de sal virgem, de descarte de dessalinizador, de poço salinizada, etc.

Será instalada uma bomba submersa para que a água fique em movimento, depois a introdução do meio de cultivo (composto orgânico), em seguida serão acrescentadas as microalgas.

Estimativa de custo do sistema proposto

Os valores utilizados para a estimativa de custos para implantar o cultivo de microalgas, foram obtidos em sites de confiança, Empresa Paraibana de

Abastecimento e Serviços Agrícolas (EMPASA) e o valor do kW/h de energia foi obtido no site da companhia elétrica ENERGISA-PB e se encontram na Tabela 3.

Tabela 3. Estimativa de valores para a iniciar e manter o cultivo de microalgas no modelo proposto.

Materiais	Quantidades	Preços Unitários	Total Parcial
Lona plástica branca	(6m x 3m) = 18 m ²	R\$ 6,00 m ²	R\$ 108,00
Bomba submersa 2000 L/h	1	R\$ 110,00	R\$ 110,00
Cabo para bomba submersa	10	R\$ 11,50 m	R\$ 115,00
Tomadas	2	R\$ 5,00 und.	R\$ 10,00
Energia	720 kWh/mês	R\$ 0,15 kWh	R\$ 108,00
Composto EMPASA	30/mês	R\$ 1,00 kg	R\$ 30,00
Sal virgem	2/mês	R\$ 1,00 kg	R\$ 2,00
Total para implantação e primeiro mês de operação			R\$ 483,00
Custo para operação mensal seguinte			R\$ 140,00

A partir do levantamento dos custos necessários para a implantação e manutenção do sistema de cultivo proposto, foi realizado o cálculo estimativo da produção e possíveis lucros a serem obtidos (Zardo, 2011). Os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4: Estimativa de lucros mensais obtidos pelo cultivo de microalgas.

Quantidade de biomassa seca produzida por m ³ a cada 9 dias (Zardo, 2011)	0,14 kg
Valor estimado de venda do kg de biomassa seca de <i>Spirulina</i> sp. produzida (pesquisa de mercado) (Fazenda Tamanduá)	R\$ 580,00
Quantidade de biomassa seca produzida por mês	1,4 kg
Valor bruto com a venda da biomassa seca	R\$ 812,00
Lucro mensal	R\$ 672,00

A utilização da técnica de cultivo desenvolvida no presente artigo por ser de baixo custo, sustentável e simples execução, podendo ser realizada em qualquer tipo de solo, utilizar pouca quantidade de água que pode ser além da natural, salobra, de descarte da dessalinização e outros tipos, poderá ser desenvolvida em qualquer comunidade

pesqueira ou não como alternativa de emprego, renda e sobrevivência, pois devido ao potencial biotecnológico das microalgas, ou seja servem como base alimentícia para diversas modalidades de aquicultura, além de serem matérias-primas para a produção de fármacos, geração de energia, biomassa e alimentação humana e animal, estas

poderão ser produzidos em escala, tanto para consumo, como para a venda nas mais diversas indústrias.

Além disso, existe a possibilidade do uso do composto orgânico ser produzido localmente para o enriquecimento do meio de cultivo, promover o uso sustentável de recursos, e de possuir custo baixíssimo. Podendo também, a sobreprodução deste composto ser vendida, gerando assim mais uma fonte de renda para as comunidades pesqueiras.

Conclusões

A partir da realização do presente trabalho, foi observada a viabilidade do cultivo das microalgas marinhas *Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp. e *Tetraselmis* sp. em meio artificial, de baixo custo, e enriquecido com extrato de compostagem, com resultados reproduzíveis e escaláveis, gerando um novo meio de possibilidades para o cultivo e consequente utilização das microalgas nas suas mais diversas finalidades.

À medida que comparado com outras pesquisas realizadas, este trabalho apresenta um diferencial no que diz respeito à viabilidade e fácil acesso aos meios de cultivo alternativos propostos, constituindo assim uma alternativa comprovadamente viável, sustentável e de baixo custo.

Nesse sentido, o cultivo de microalgas proposto pode ser estimulado nas mais diversas regiões e comunidades pesqueiras e ribeirinhas, mesmo que afastadas do meio marinho e independentemente do nível social regional, uma vez que para o cultivo das mesmas, não é preciso grandes volumes de água e terra, quando comparadas com a agricultura. Tal cultura pode se constituir como um reforço às economias locais, possibilitando desde a produção de biomassa, até o cultivo e comercialização de espécies com fins alimentares cujo crescimento depende

dos nutrientes presentes nas microalgas, a exemplo de ostras, camarões e peixes.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- Alves, R. R. N.; Nishida, A. K. Aspectos socioeconômicos e percepção ambiental dos catadores de caranguejo-uçá *Ucides cordatus cordatus* (L. 1763) (Decapoda, Brachyura) do Estuário do Rio Mamanguape, Nordeste do Brasil. **INCI**, v. 28, n. 1, p. 36-43, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000100006&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 09 nov. 2018.
- Araújo, I. X. **Comunidades tradicionais de pesca artesanal marinha na Paraíba: realidade e desafios**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2017. (Tese de doutorado).
- Baumgartner, T. R. S.; Burak, J. A. M.; Kogikoski, M. E.; Sebastien, N. Y.; Arroyo, P. A. Avaliação da produtividade da microalga *Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat em diferentes meios de cultivo. **Revista Brasileira de Biociência**, v. 11, n. 2, p. 250-255, 2013.
- Becker, E. W. Microalgae in human and animal nutrition. In: Richmond, A. (Ed). **Handbook of microalgal culture: Biotechnology and applied Phycology**. Oxford: Blackwell Science, 2004. p. 312-351.
- Bhatnagar, A.; Chinnasamy, S.; Singh, M.; Das, K. C. Renewable biomass production by mixotrophic algae in the presence of various carbon sources and wastewaters. **Applied Energy**, v. 88, n. 10, p. 3425-3431, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.12.064>
- Dismukes, G. C.; Carrieri, D.; Bennette, N.; Ananyev, G. M.; Posewitz, M. C. Aquatic phototrophs: efficient alternatives to land based crops for biofuels. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 19, p. 235-240, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2008.05.007>
- Evangelista-Barreto, N. S.; Daltro, A. C. S.; Silva, I. P.; Bernardes, F. S. Indicadores socioeconômicos e percepção ambiental de pescadores em São Francisco do Conde,

- Bahia. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 3, p. 459-470, 2014.
- Fábregas, J.; Ferrón, L.; Gamallo, Y.; Vecino, E.; Otero, A.; Herrero, C. Improvement of growth rate and cell productivity by aeration rate in cultures of the marine microalga *Dunaliella tertiolecta*. **Bioresource Technology**, v. 48, n. 2, p. 107-111, 1994. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(94\)90196-1](https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)90196-1)
- Fazenda Tamanduá. *Spirulina* pó 1 kg. Fazenda Tamanduá. Disponível em: <<http://www.fazendatamandua.com.br/loja/produto/Spirulina-pó-1-kg-.html>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- Gross, F. Notes on the culture of some marine organisms. **Journal of Marine Biology**, v. 21, n. 2, p. 753-768, 1937.
- Hoek, V. D.; Mann, D. G.; Jahns, H. M. **Algae: An introduction to Phycology**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1995.
- Klein, V. L. M.; Gonzalez, A. A. Cultivo da microalga *Tetraselmis chuii* Prings em diferentes meios de cultura. **Revista Ciência Agronômica**, v. 24, n. 1/2, p. 91-100, 1993.
- Kumar, M. S.; Miao, Z. H.; Wyatt, S. K. Influence of nutrient loads, feeding frequency and inoculum source on growth of *Chlorella vulgaris* in digested piggery effluent culture medium. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 15, p. 6012-6018, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.02.080>
- Laing, I.; Ayala, F. Commercial mass culture techniques for producing microalgae. In: Akatsuka, I. (Ed.). **Introduction to applied Phycology**. The Hague, Netherlands: SPB, 1990. p. 447-477.
- Lourenço, S. O. **Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações**. São Carlos: RiMa, 2006.
- Lubiana, K. M. F. **Culturas como alternativa para elucidação de biodiversidade críptica do fitoplâncton: o caso das águas costeiras do Estado de São Paulo**. São Paulo: 2013. (Dissertação de mestrado).
- Mata, T. M.; Martins, A. A.; Caetano, N. S. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 217-232, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.020>
- Nishida, A. K.; Nordi, N.; Alves, R. R. N. Aspectos socioeconômicos dos catadores de moluscos do litoral paraibano, Nordeste do Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 1, p. 207-215, 2008.
- Ohse, S.; Derner, R. B.; Ozório, R. A.; Costa Braga, M. V.; Cunha, P.; Lamarca, C. P.; Santos, M. E. Crescimento de microalgas em sistema autotrófico estacionário. **Biotemas**, v. 21, n. 2, p. 7-18, 2008. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2008v21n2p7>
- Oliveira, F. M. F. **Cultivo de plâncton para uso em aquicultura: proposta de desenvolvimento de atividade econômica sustentável, para a comunidade pesqueira da Praia de Penha - João Pessoa, Brasil**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2008. (Dissertação de mestrado).
- Oliveira, P. A.; Vendel, A. L.; Crispim, M. C. B. Caracterização socioeconômica e registro da percepção dos pescadores de lagosta das Praias do Seixas e Penha, João Pessoa, PB. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 4, p. 637-646, 2009.
- Raven, P. H.; Evert, R. F.; Eichhorn, S. E. **Biologia Vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- Rezende, P. C.; Oliveira, I. M. Descrição socioeconômica dos pescadores no baixo São Francisco, Nordeste-Brasil. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 12, p. 671-689, 2015. Disponível em: <<https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/view/4030>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- Santana, J. K. S. **Microalgas sobre a ótica da biotecnologia e de intenção de uso popular em comunidades rurais com espécies isoladas do Bioma Caatinga dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2014. (Dissertação de mestrado).
- Santos, E. C.; Sampaio, C. L. S. A pesca artesanal na Comunidade de Fernão Velho, Maceió (Alagoas, Brasil): de tradicional a marginal. **RGCI**, v. 13, n. 4, p. 413-424, 2013. <https://doi.org/10.5894/rgci428>
- Santos, P. V. C. J.; Almeida-Funo, I. C. S.; Piga, F. G.; França, V. L.; Torres, S. A.; Melo, C. D. P. Perfil socioeconômico de pescadores do Município da Raposa, Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 6, n. 1, p. I-XIV, 2011. <https://doi.org/10.18817/repesca.v6i1.337>
- Schreiber, E. Die Reinkultur von marinem Phytoplankton und deren Bedeutung für die Erforschung der Produktionsfähigkeit des Meerwassers. **Wissensch. Meeresunters.**, v. 10, n. 10, p. 1-34. 1927.

- Sediyama, M. A. N.; Garcia, N. C. P.; Vidigal, S. M.; Matos, A. T. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 1, p. 185-189, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000100030>
- Shei, M. R. P.; Barreto, O. J. S.; Bonfante, T. M.; Bastos, G. C. C. Cultivo da microalga marinha *Chaetoceros calcitrans* (Bacillariophyceae) utilizando diferentes tipos de água marinha artificial. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 4, p. 563-569, 2008.
- Silva, E. L. P.; Conserva, M. S.; Oliveira, P. Socioecologia do processo de trabalho das pescadoras artesanais do Estuário do Rio Paraíba, Nordeste, Brasil. **Ecologi@**, n. 3, p. 47-61, 2011.
- Sodré, F. N. G. A. D.; Freitas, R. R. D.; Rezende, V. L. F. M. Um panorama da aquicultura como alternativa sócio-econômica das comunidades tradicionais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, n. 3, p. 13-23, 2008.
- Sousa, M. R. V. **Caracterização socioeconômica etnoictiológica dos pescadores artesanais do Açude de Boqueirão, Paraíba**. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba, 2016. (Monografia de especialização).
- Tomaselli, L. The microalgal cell. In: Richmond, A. (Ed.). **Handbook of microalgal culture: Biotechnology and applied Phycology**. Oxford, USA: Blackwell Publishing, 2004. p. 3-19.
- Vale, S. D. P.; Costa, F. R. Aspectos socioeconômicos das Associações da Colônia de Pescadores e Aquicultores do Município de Apodi-RN. **Holos**, v. 4, p. 236-252, 2018. <https://doi.org/10.15628/holos.2018.2932>
- Vélez, R. P. P.; García, A. G. M.; Zambrano, E. M. M.; Chica, J. C. V. Crecimiento de las microalgas *Chaetoceros gracilis* e *Isochrysis galbana* con fertilizantes agrícolas, en laboratorio. **La Técnica**, n. 16, p. 44-55, 2016.
- Veras, L. R. V.; Povinelli, J. A vermemcompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 218-224, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522004000300008>
- Vieira, A. A. H. Métodos de cultura de algas do plâncton marinho: estudos realizados nas regiões de Cananéia e de Ubatuba, SP. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 26, n. 2, p. 303-338, 1977. <https://doi.org/10.1590/S0373-55241977000200008>
- Wood, J. M. Biological cycles for toxic elements in the environment. **Science**, v. 183, n. 4129, p. 1049-1052, 1974. <https://doi.org/10.1126/science.183.4129.1049>
- Xie, J.; Zhang, Y.; Li, Y.; Wang, Y. Mixotrophic cultivation of *Platymonas subcordiformis*. **Journal Applied Phycology**, v. 13, p. 343-347, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1017532302360>
- Zardo, I. **Análise de viabilidade econômica da produção de biodiesel a partir de microalgas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. (Monografia de graduação).



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.