

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE ZOOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ZOOTECNIA**

**DISSERTAÇÃO**

**Adição da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em rações  
de frangos de corte**

**Sonia Maria de Brito Marques Quirino**

**2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ADIÇÃO DA MACROALGA *Kappaphycus alvarezii* EM RAÇÕES DE  
FRANGOS DE CORTE**

**SONIA MARIA DE BRITO MARQUES QUIRINO**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Cristina Amorim Ribeiro de Lima**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal.

**Seropédica, RJ  
Novembro de 2018**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Biblioteca Central /  
Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada com os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a)

Q8a QUIRINO, SONIA MARIA DE BRITO MARQUES, 1958-  
ADIÇÃO DA MACROALGA KAPPAPHYCUS ALVAREZII EM RAÇÕES  
DE FRANGO DE CORTE / SONIA MARIA DE BRITO MARQUES  
QUIRINO. - 2018.  
44 f.: il.

Orientadora: CRISTINA AMORIM RIBEIRO DE LIMA.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, PPGZ/ZOOTECNIA, 2018.

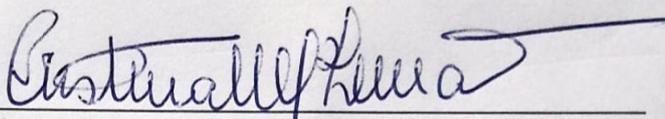
1. METABOLIZABILIDADE DE NUTRIENTES. 2.  
DESEMPENHO. 3. QUALIDADE ÓSSEA. 4. ALGA. 5.  
KAPPAPHYCUS ALVAREZII. I. LIMA, CRISTINA AMORIM  
RIBEIRO DE, 1963-, orient. II Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro. PPGZ/ZOOTECNIA III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

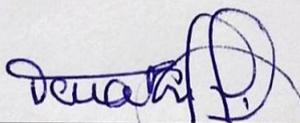
**SONIA MARIA DE BRITO MARQUES QUIRINO**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

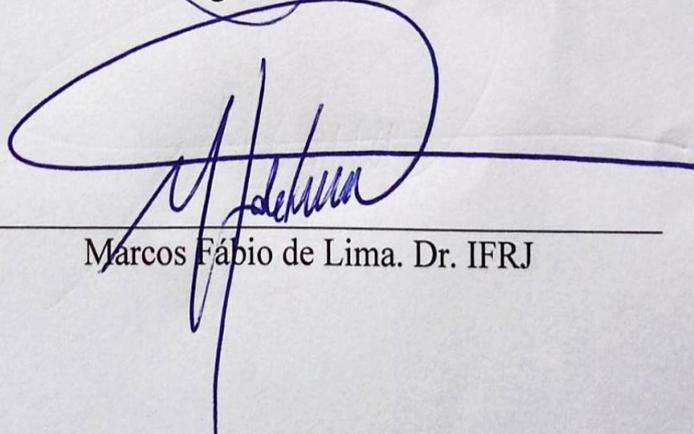
**DISSERTAÇÃO APROVADA EM 29/11/2018**



Cristina Amorim Ribeiro de Lima. Dr<sup>a</sup> UFRRJ  
(Presidente)



Fernando Augusto Curvello. Dr. UFRRJ



Marcos Fábio de Lima. Dr. IFRJ

## **DEDICATÓRIA**

À Deus, pela vida;

Aos meus pais, pelo amor, apoio, exemplo e dedicação.

Aos meus irmãos, sobrinhos e familiares pela compreensão, amizade e incentivo.

Professora orientadora Dr<sup>a</sup>. Cristina Amorim Ribeiro de Lima

Aos meus alunos do passado, do presente e os do futuro.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, pela possibilidade de aprimoramento.

Ao PPGZ, pela oportunidade concedida para a realização do curso de mestrado.

Ao Instituto de Zootecnia através do Diretor Professor Dr. Alexandre Herculano Borges de Araújo, pela disponibilidade e ajuda durante o período experimental.

Ao Corpo Docente, do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

À Direção do CTUR, por investir no aprimoramento do corpo docente, liberando-me para realizar o mestrado.

À Professora Dr<sup>a</sup> Cristina Amorim Ribeiro de Lima, por me receber como orientanda e pela atenção, paciência e amizade.

Aos doutorandos Leonardo Willian de Freitas, Débora Vaccari Quaresma e Felipe Dilelis de Resende Souza, pela ajuda e apoio em todas as etapas do experimento, e análises laboratoriais, assim como ao doutorando Túlio Leite Reis pelo apoio na avaliação da qualidade óssea.

Ao estagiário Clériston Andrade Machado, pela ajuda nas análises laboratoriais.

Aos meus bolsistas de apoio técnico Adriani de Silva Carneiro Lopes e Thiago Wallace Rodrigues dos Santos Lopes, pelo suporte no CTUR e em algumas fases do experimento.

Aos estagiários do CTUR Livia Charinho Almeida, Murilo Seabra Ribeiro, Breno Reis Corrêa Arigoni, Milena Vieira de Faria Ferreira, Paola da Silva Libano, que auxiliaram na limpeza, arrumação do laboratório de metabolismo, e na coleta de excretas. Sem eles, tudo seria mais difícil.

As graduandas de Medicina Veterinária Paula Dias Retamero e Adriani da Silva Carneiro Lopes, e aos graduandos de Zootecnia Juan Pablo dos Santos Barbosa e Leonardo Lucas da Rocha Andrade, pela ajuda no abate e coleta de material para análise.

À Granja Rica, pela doação dos pintos de um dia, contribuição essencial para a realização deste trabalho, sem a qual ele não seria possível.

Ao produtor pela doação da alga.

Ao Luís, funcionário da Fábrica de Ração da FAIZ, pela ajuda no processamento das rações experimentais. A Pedro Timótheo, funcionário da FAIZ, pelo suporte no transporte dos animais e no abate.

Aos amigos e colegas sinceros do CTUR pelo estímulo e amizade.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho, que aqui não foram mencionados, Minha Gratidão.

Por fim agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior- Brasil (CAPES), cujo trabalho contou com apoio, sob o código de financiamento 001.

## RESUMO

QUIRINO, Sonia Maria de Brito Marques. **Adição da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em rações de frango de corte.** 2018. 33 pag Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

Foi realizado um experimento com o objetivo de avaliar o desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, alimentados com rações contendo níveis crescentes da macroalga *Kappaphycus alvarezii*. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 5 tratamentos, 6 repetições e 5 aves por repetição. A macroalga *Kappaphycus alvarezii*, crua, desidratada e moída foi adicionada às rações de frango de corte nos níveis de 0%, 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%. Foram avaliados o consumo de ração, o ganho de peso, a conversão alimentar e a viabilidade, no período de 1 a 21 dias de idade. Para a avaliação da metabolizabilidade foi aplicada a metodologia da coleta total de fezes pelo período de 5 dias, as excretas e as rações experimentais foram submetidas a análises e com o resultado destas foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), da proteína bruta (CMPB), da energia bruta (CMEB), o coeficiente de retenção da matéria mineral (CRMM), o coeficiente de retenção do fósforo (CRP), a energia metabolizável (EMA) e da energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn). Aos 21 dias de idade uma ave por repetição foi selecionada de acordo com o peso médio, e então abatidas para coleta dos tibiotarsos para a avaliação de qualidade óssea e para tal foram calculados o Índice de Seedor, o teste de resistência óssea e a determinação de matéria mineral. A adição da macroalga *Kappaphycus alvarezii* não influenciou os parâmetros de desempenho, de qualidade óssea e os coeficientes de retenção de matéria mineral e do fósforo dos frangos de corte avaliados no período de 1 a 21 dias de idade. A inclusão de valores mais altos da macroalga resultou na redução dos valores energéticos e dos coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca, da proteína bruta e da energia bruta. A sua utilização na ração de frangos de corte dependerá em especial da comprovação das suas funções como aditivo.

**Palavras-chave:** Metabolizabilidade de nutrientes, Desempenho, Qualidade óssea, Alga.

## ABSTRACT

Quirino, Sonia Maria de Brito Marques . *Kappaphycus alvarezii* seaweed addition to broilers diets. 2018. Dissertation (Master Science in Animal Science). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

An experiment was carried with the objective of evaluating the performance of broilers of the Cobb line from 1 to 21 days old, fed with diets containing levels of the seaweed *Kappaphycus alvarezii*. The experimental design was the completely randomized, with 5 treatments, 6 replicates and 5 birds per replicate. The *Kappaphycus alvarezii* seaweed, raw, dehydrated and ground were added to the broiler rations at the levels of 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%. Feed intake, weight gain, food conversion and viability were evaluated in the period from 1 to 21 days old. For the evaluation of the metabolizable, the methodology of the total collection of feces was applied for the period of 5 days, the excreta and the experimental rations were submitted to analysis and with the result of this, the coefficients of metabolizability of dry matter (CMMS), protein (CMPB), crude energy (CMEB), mineral matter retention coefficient (CRMM), phosphorus retention coefficient (CRP), metabolizable energy (AME) and corrected apparent metabolizable energy for nitrogen balance (AMEn). At 21 days of age, one bird per replicate was selected, according to the mean weight of the replicate, the birds were slaughtered, the legs were collected for evaluation of bone quality, for which the Seedor index, the bone strength test and the determination of mineral matter were calculated. No effect of the addition of different levels of seaweed on performance, bone quality and mineral matter retention coefficients (CRMM), phosphorus retention coefficient (CRF) was observed. On the coefficients CMMS, CMN, CME observed a reduction in the indexes, in relation to the control, with the increase of the levels of addition of seaweed. The use of seaweed in the broiler ration will depend in particular on the proof of its functions as an additive.

**Keywords:** Nutrient metabolizability, Performance, Bone quality, Algae

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Principais características dos três grandes grupos de algas .....	4
<b>Tabela 2.</b> Composição proximal de macroalgas marinhas. ....	8
<b>Tabela 3.</b> Composição centesimal de <i>Kappaphycus alvarezii</i> .....	11
<b>Tabela 4.</b> Composição bromatológica da macroalga <i>Kappaphycus alvarezii</i> . ....	14
<b>Tabela 5.</b> Perfil de ácidos graxos e aminoácidos da macroalga <i>Kappaphycus alvarezii</i> .....	15
<b>Tabela 6.</b> Composição percentual da ração basal. ....	17
<b>Tabela 7.</b> Resultados de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) e os coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMMS), proteína bruta (CMPB), energia bruta (CMEB), os coeficientes de retenção de matéria mineral (CRMM) e fósforo (CRP) de rações contendo níveis crescentes de inclusão da macroalga <i>K. alvarezii</i> , com base na matéria seca e a diferença percentual entre EMA e EMAn.....	22
<b>Tabela 8.</b> Desempenho zootécnico de frangos de corte d 1 a 21 dias alimentados com rações contendo níveis crescentes de inclusão da macroalga <i>K. alvarezii</i> . ....	26
<b>Tabela 9.</b> Índice de Seedor e resistência e cinzas ósseas de frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com rações contendo níveis crescentes de inclusão da macroalga <i>K. alvarezii</i> .....	26

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fazenda de alga marinha em Ilha Grande, produção em balsa flutuante e a macroalga <i>Kappaphycus alvarezii</i> . .....	13
<b>Figura 2.</b> Baterias metálicas de metabolismo para frangos de corte. ....	16
<b>Figura 3.</b> Coleta de excretas para análise de metabolismo .....	18
<b>Figura 4.</b> Análise de resistência óssea .....	20
<b>Figura 5.</b> Coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMMS) em valores percentuais, das rações com inclusão de níveis crescentes da macroalga <i>K. alvarezii</i> determinados em frangos de corte de 15 a 20 dias de idade. ....	24
<b>Figura 6.</b> Coeficientes de metabolizabilidade aparente da proteína bruta (CMPB) em valores percentuais, das rações com inclusão de níveis crescentes da macroalga <i>K. alvarezii</i> determinados em frangos de corte de 15 a 20 dias de idade. ....	25
<b>Figura 7.</b> Coeficientes de metabolizabilidade aparente da energia bruta (CMEB) em valores percentuais, das rações com inclusão de níveis crescentes da macroalga <i>K. alvarezii</i> determinados em frangos de corte de 15 a 20 dias de idade. ....	25
<b>Figura 8.</b> Resultados de energia metabolizável aparente (EMA) das rações com inclusão de níveis crescentes da macroalga <i>K. alvarezii</i> determinados em frangos de corte de 15 a 20 dias de idade. ....	23
<b>Figura 9.</b> Resultados de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) das rações com inclusão de níveis crescentes da macroalga <i>K. alvarezii</i> determinados em frangos de corte de 15 a 20 dias de idade. ....	23

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1.</b>	<b>Algas</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1.1.</b>	<b>Macroalgas</b> .....	<b>3</b>
<b>a</b>	<b>Algas Verdes (Chlorophyta)</b> .....	<b>5</b>
<b>b</b>	<b>Algas Marrons (Phaeophyta)</b> .....	<b>5</b>
<b>c</b>	<b>Algas vermelhas (Rhodophyta)</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Produção de algas no mundo</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3</b>	<b>Algas na alimentação animal</b> .....	<b>7</b>
<b>2.4</b>	<b>Macroalga <i>Kappaphycus alvarezii</i></b> .....	<b>10</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Produção de <i>Kappaphycus alvarezii</i> no Brasil e no mundo</b> .....	<b>10</b>
<b>2.4.2</b>	<b><i>Kappaphycus alvarezii</i> na nutrição animal</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Ensaio de metabolismo</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2</b>	<b>Ensaio de desempenho e de qualidade óssea</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Qualidade óssea</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Índice de Seedor.</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Resistência óssea</b> .....	<b>20</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Cinza óssea</b> .....	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Análise estatística</b> .....	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>28</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A produção de frangos de corte se caracteriza pelo constante aumento da produtividade aliada à alta qualidade, além da proteção ambiental e a sustentabilidade do sistema. Nesse sentido, na elaboração de rações balanceadas, o nutricionista tem outros desafios além de suprir as necessidades nutricionais das aves, tais como: diminuir a eliminação de nutrientes para o meio ambiente, os quais se tornam agentes poluidores e atender a demanda dos consumidores por produtos isentos de antimicrobianos melhoradores de desempenho.

Assim como em outras áreas de estudo, os olhares se voltam para os mares em busca de organismos e substâncias extraídos que possam ser utilizados. A inserção de ingredientes alternativos nas rações pode ser considerada uma opção interessante, visto que além do valor nutricional direto podem apresentar efeitos adicionais como potenciais antioxidantes (RACANICCI et al., 2008), SANTURIO et al., 2007) e digestivos (KAMEL, 2000; MELLOR, 2000).

Dentre os organismos marinhos, as algas marinhas têm sido estudadas na inclusão em rações de diversas espécies animais. A macroalga desidratada e moída ou seus extratos, em diferentes solventes, é um ingrediente novo que vem despertando interesse pelo seu potencial de utilização em rações de aves em sistemas convencionais e ecológicos, como fonte de nutrientes e como aditivo de diferentes funções, como antioxidante e equilibrador da microbiota intestinal. A sua função como prebiótico pode garantir naturalmente uma maior integridade da mucosa e a manutenção da microbiota intestinal, garantindo a saúde intestinal e uma maior absorção de nutrientes. Além disso, o elevado conteúdo em fibras e minerais pode ser de importância na alimentação das aves.

Em estudos com frangos de corte, Alvarenga et al. (2011) citaram o uso de algas, como forma de substituir parte do farelo de soja da base das rações comerciais, uma vez que microalgas do gênero *Spirulina* contém cerca de 60 a 70% de proteína. Abudabos et al. (2013), avaliando o potencial da macroalga verde *Ulva lactuca* em dietas para frangos de corte, como substituto alternativo de parte do milho na dieta, observaram maior rendimento de músculo de peito e menores concentrações de colesterol e ácido úrico sérico e menor percentagem de gordura abdominal. Qadri et al. (2018), avaliando a inclusão da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em rações de frango de corte de 1 a 42 dias de idade, observaram melhora no ganho de peso corporal na fase de 21 a 42 dias de idade. Existe, portanto, indicativos positivos para a utilização de algas na ração de frangos de corte.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a adição da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em rações de frango de corte, avaliando parâmetros de desempenho, qualidade óssea e metabolizabilidade da ração.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Algas

O interesse do homem pelas algas marinhas é muito antigo e segundo Bezerra (2008), o primeiro registro da utilização de algas teria sido encontrado no herbário chinês em 2700 a.C., desde então elas têm sido usadas para diversos fins. As utilidades das algas são conhecidas há milênios nos países orientais, onde são usadas na alimentação e com fins medicinais. Só após a segunda guerra mundial (1939-1945) é que o ocidente passou a se interessar pelas macroalgas, quando o Japão deixou de exportar os ficocolóides que eram utilizados em diversas indústrias. Em função desta restrição os países ocidentais intensificaram os estudos sobre as espécies nativas resultando na extração do coloide de espécies não utilizadas anteriormente além de vários outros produtos (agar, agaranas e carragenanas) (BEZERRA,2008).

As algas são organismos aquáticos existentes há 3,5 bilhões de anos (CABRAL, 2012), autotróficas, podem ser procariontes (cianobactérias) ou eucariontes (algas verdadeiras) (VIEIRA, 2013). Segundo Carvalho e Roque (2000) as algas podem ser divididas em 11 grupos, seguindo algumas características, tais como: morfológicas; citológicas; químicas; ou ainda de acordo com a substância de reserva das paredes celulares; presença ou não de flagelos; combinação e presença de pigmentos fotossensibilizantes; ciclo de vida; ausência de membrana no retículo endoplasmático; tipo e complexidade de ciclo de vida; entre outras.

As algas apresentam morfologia simples, com baixo nível de diferenciação, quando comparadas a outros grupos de organismos fotossintetizantes, variando de formas unicelulares isoladas a agregados de células; colônias, filamentos simples ou ramificados, pseudoparênquimas, cenócitos (estruturas multinucleadas) até parênquimas. Algumas formas unicelulares e coloniais podem ser móveis pela presença de flagelos, e nesse caso, frequentemente são confundidas com protozoários. Representantes multicelulares das feofíceas (algas pardas), os “kelps”, exibem nível de organização mais elaborado com formação de tecidos (incluindo vasos condutores) e elaborada divisão de trabalho, podendo atingir até 60 m de comprimento (SOUTH & WHITTICK 1987, Lee 2008).

Segundo Vidotti e Rollermberg (2004) algas são organismos capazes de ocupar todos os meios que lhes ofereçam luz e umidade suficientes, temporárias ou permanentes, deste modo, são encontradas em águas doces, na água do mar, sobre os solos úmidos ou mesmo sobre a neve. Sejam uni ou pluricelulares, as algas retiram todos os nutrientes que necessitam do meio onde estão (solução ou umidade).

Ainda segundo os mesmos autores, as algas nos sistemas aquáticos incorporam energia solar em biomassa, produzem o oxigênio que é dissolvido na água e usado pelos demais organismos aquáticos, atuam na mineralização e no ciclo dos elementos químicos, além de servirem como alimento para animais herbívoros e onívoros. Ao morrerem, seus constituintes químicos sofrem transformações nos sedimentos, são solubilizados e reciclados na água. Estas diferentes “funções” desempenhadas pelas algas nos sistemas aquáticos dependem da temperatura, da intensidade da radiação

solar, da concentração de nutrientes na água e da alimentação dos animais presentes no sistema.

Alterações naturais ou antropogênicas no sistema aquático podem alterar o balanço destes fatores controladores e causar mudanças na composição da comunidade de algas, nas taxas de produtividade, na biomassa e na química da água. Deve-se ter atenção, ainda de acordo com Vidotti & Rollemberg (2004), tanto a inibição como a estimulação do crescimento dos organismos, são indesejáveis da mesma forma, isto porque qualquer alteração na produtividade das algas ou na composição da comunidade, em relação ao usual daquele sistema pode ameaçar todo o equilíbrio do ecossistema. As algas são organismos ecologicamente importantes, são espécies do nível trófico inferior, uma vez que serve como fonte de alimento fundamental para outras espécies aquáticas ocupando assim a posição de produtores primários, é um elo essencial na cadeia alimentar dos ambientes aquáticos como alimento.

Moreira & Vasconcelos (2014) relatam que a particularidade físico-química do ecossistema marinho (luminosidade, profundidade, temperatura, pressão, pH tem como consequência para os organismos expostos a esta diversidade ambiental, levá-los a produzirem grande variedade de metabólitos biologicamente ativos, que podem não serem encontrados em outros organismos, sugerindo que há possibilidade de busca de novos compostos no ambiente marinho com ação farmacológica. As algas, segundo os autores, tem sido as espécies marinhas mais estudadas, principalmente as de cor marrom.

As algas são consideradas fontes de proteínas, carboidratos, fibras, minerais e vitaminas como a riboflavina, a niacina e os ácidos pantotênico e fólico. No entanto a biodisponibilidade destes nutrientes depende da espécie e de suas composições químicas (FUJIMOTO e KANEDA, 1980). Pereira et al. (2012) cita os carboidratos, proteínas e lipídios como os principais componentes da biomassa de algas.

As estimativas mais arrebatadas calculam em 40.000 o número de espécies de algas que ocorrem no mundo (WILSON, 1992), e as mais conservadoras, em 26.900 (HAMMOND, 1992). O Brasil carece desse tipo de informação, a despeito de Bicudo et al. (1998) calcularem em torno de 5.000 o número de espécies já referidas para o país. Menezes & Bicudo (2009) praticamente ratificaram os dados de Bicudo et al. (1998) e estimaram em 5.614 o número de espécies para o território nacional, distribuídas em 3.689 epicontinentais e 1.925 marinhas.

De acordo com Vasconcelos e Gonçalves (2014) as algas também podem ser classificadas em macroalgas e microalgas. As macroalgas seriam aquelas visualizadas a olho nu, e as microalgas aquelas que necessitam de microscópio para serem observadas.

### **2.1.1 Macroalgas**

As macroalgas são as algas macroscópicas, ou seja, organismos multicelulares que podem ser visualizados a olho nu, encontrados em ambientes aquáticos marinhos e continentais. As macroalgas podem ser organismos simples de corpo chamado acelular, ou podem ser constituídas por várias células agregadas, que formam estruturas consideradas tecidos simples (ROLLEMBERG & VIDOTI 2004).

As algas marinhas são classificadas em 3 grandes grupos (filos) de acordo com a coloração do talo: algas marrons (Phaeophyta), algas vermelhas (Rhodophyta) e algas verdes (Chlorophyta) (EL GAMAL, 2012). Elas são de muitas formas, tamanhos, cores e composição diferentes e ocupam vários habitats. Algumas espécies permanecem presas a rochas ou outro material de suporte, enquanto outras estão ligadas ao fundo do oceano, através de “raízes”, enquanto outras espécies flutuam na superfície da água e formam uma ou várias colônias (MURTY E BANERJEE, 2012). O termo “alga marinha” não tem valor taxonômico, mas é um termo popular usado para descrever as grandes algas marinhas comuns.

Em termos bioquímicos e fisiológicos, as algas são semelhantes em muitos aspectos às outras plantas, tendo as mesmas vias bioquímicas básicas. Possuem clorofila a como pigmento fotossintético e carotenóides ( $\beta$ -caroteno e fucoxantina), ficocianina e ficoeritrina como pigmentos acessórios. Os polissacarídeos e as proteínas biossintetizados, presentes nas algas, são também comparáveis aos das plantas superiores (HOEK et al, 1998, SOUTH E WHITTICK, 1987).

**Tabela 1.** Principais características dos três grandes grupos de algas<sup>1</sup>

<b>Característica</b>	<b>Rhodophyta</b>	<b>Chlorophyta</b>	<b>Pheophyta</b>
Clorofila	A	a,b	a, c1,c2, c3
Carotenóides	$\beta$ -caroteno Zeaxantina Antheraxantina Luteína	$\beta$ -caroteno Luteína Violaxantina Zeaxantina	$\beta$ -caroteno Fucoxantina Violaxantina Zeaxantina
Substância de reserva	Amido das florídeas	Amido	Laminarina Manitol
Parede celular	Celulose Agar Carragenana	Celulose	Ácido algínico Celulose

<sup>1</sup>Adaptado de Azevedo e Nauer (2012).

As macroalgas ocorrem na natureza tanto em ambientes tropicais quanto temperados, e são os principais componentes das comunidades de meso e infralitoral. Dentre os habitat onde ocorrem, podem-se citar costões rochosos, manguezais, lagunas costeiras de água salobra, atóis, bancos arenosos, bancos arenolodosos, bancos de rodolitos, bancos de fanerógamas, recifes de coral, recifes de arenito, estuários e substratos artificiais. As de maior porte e complexidade ocorrem ao longo da zona costeira rochosa. Em costões rochosos, durante marés baixas, é possível visualizar as faixas de diferentes composições de algas, o que é resultado das diferenças entre as espécies em relação à sua capacidade de sobreviver à exposição atmosférica. As algas que habitam a zona entremarés são diariamente expostas a grandes variações de umidade, temperatura, salinidade, luz e movimentação da água. Além disso, são consumidas por uma grande variedade de herbívoros, como peixes, ouriços-do-mar, moluscos e tartarugas marinhas. Dessa forma, as características específicas de

bioquímica, estrutura e histórico de vida são resultados de adaptação a todos esses aspectos físicos e biológicos (AZEVEDO E NAUER, 2012).

#### **a) Algas verdes (Chlorophyta)**

A Chlorophyta é a maior e mais diversa divisão das algas apresentadas e presume-se que deste grupo originaram-se as plantas terrestres. A divisão com predomínio de espécies marinhas é a Ulvophyceae (RAVEN et al., 1996).

As algas verdes são tipicamente de cor verde, devido à presença de clorofila nos cloroplastos e são mais comuns em áreas onde a luz é abundante como águas rasas e piscinas naturais. Sua coloração geral depende do equilíbrio entre essas clorofilas e outros pigmentos, como beta-caroteno e xantofilas. Gêneros principais incluem *Ulva*, *Codium*, *Enteromorpha*, *Chaetomorpha* e *Cladophora*. (MAKKAR et al. 2016).

Essas algas são ubíquas, encontradas em águas doces, marinha e também em ambientes terrestres. Apresentam clorofila do tipo a, b, pigmentos acessórios,  $\beta$  e  $\gamma$ -caroteno e outras xantofilas. Sua reserva energética é o amido, que fica armazenado dentro dos cloroplastos, diferindo das outras algas eucariontes (Barsanti & Gualtieri, 2006). Em ambiente natural, as algas verdes têm em sua composição, aproximadamente, 85% de água, e em massa seca, destacam-se a celulose e ulvana, que é constituída basicamente por uma cadeia de raminose sulfatada ligada a ácido urônico (JAULNEAU et al, 2010).

#### **b) Algas marrons (Phaeophyta)**

As algas marrons vivem principalmente em águas rasas ou em rochas costeiras e têm caules muito flexíveis que lhes permitem suportar a constante batida das ondas (GHOSH et al., 2012). Devido ao seu tamanho maior e facilidade de colheita, algas marinhas marrons têm sido mais estudadas e são mais exploradas do que outros tipos de algas para seu uso na alimentação animal. São as maiores algas, com um comprimento de 35 a 45 m para algumas espécies e uma forma extremamente variável. Os gêneros mais comuns incluem *Ascophyllum*, *Laminaria*, *Saccharina*, *Macrocystis*, *Nereocystis* e *Sargassum* (MURTY E BANERJEE, 2012).

A coloração deve-se pela preponderância de carotenoides, principalmente a ficoxantina, resultando na coloração parda, em vez do verde, comum em plantas. As algas desse grupo possuem clorofilas do tipo a, C1, C2 e C3, e pigmentos acessórios,  $\beta$ -caroteno, ficoxantina e xantofila (BARSANTI & GUALTIERI, 2006). As paredes celulares das feofíceas são constituídas de celulose e uma matriz mucilaginosa de ácido algínico, que fornece flexibilidade e resistência, ajudando a reduzir a dessecação durante a exposição nos períodos de maré baixa. As principais reservas de energia polissacarídica das algas pardas são a laminarina, uma glucana com ligações  $\beta$ -1-3 e o manitol (RAVEN et al, 1996).

#### **c) Algas vermelhas (Rhodophyta)**

As algas vermelhas têm uma cor rosa brilhante característica causada por pigmentos de biloproteína (R-ficoeritrina e R-ficocianina). A maioria das espécies de algas vermelhas marinhas ocorre desde marés baixas até 100 m de profundidade (MAKKAR et al., 2016). São mais abundantemente encontradas em regiões quentes

próximas ao equador, porém podem ser encontradas também em regiões de águas frias (HOEK et al, 1998, LEE, 1999). Caracterizam-se por possuírem como pigmentos a clorofila a, carotenóides e ficobilinas. A cor vermelha das algas é devida à maior quantidade de pigmentos vermelhos das ficobilinas em relação ao pigmento verde da clorofila (HARGREAVES, 2013).

Os pigmentos de cor vermelha têm a finalidade de permitir a fotossíntese da alga em um determinado intervalo do espectro da luz. Dentro das ficobilinas, os dois pigmentos com maior importância são a ficocianina e a ficoeritrina. A ficoeritrina absorve a cor verde, amarela e vermelha, enquanto a ficocianina absorve a luz azul, verde e amarela. Estas partes do espectro são o tipo de luz que mais penetra o fundo do mar, permitindo às algas vermelhas sobreviver em condições com baixa luminosidade, onde as algas verdes não sobreviveriam (HOEK et al, 1998).

O material de reserva das algas vermelhas é o chamado “amido florídeo”, um polímero constituído por  $\alpha$ -D-glucose, com ligações glicosídicas do tipo  $\alpha$ -(1-4) e pontos de ramificação no carbono-6 similar à amilopectina. Possui, porém, uma proporção maior de ramificações assemelhando-se ao glicogênio animal (Chapman et al, 1993). A sua parede celular consiste numa rede de polissacarídeos como a celulose, coberta por mucilagens de galactose, as carragenas (HOEK et al, 1998).

## 2.1 Produção de Algas no Mundo

Os primeiros registros do uso das algas na alimentação humana são datados do século IV no Japão e século VI na China. A produção de algas em alta escala teve início em 1960 no Japão, com a cultura de uma microalga (*Chorella* sp.) e desde então o interesse comercial da produção desta cultura vem aumentando, devido seu alto valor nutricional e comercial (VIEIRA, 2013). Atualmente os maiores produtores, consumidores e cultivadores de algas no mundo são Japão e China, juntamente com a Coreia. No entanto, nas últimas décadas algumas empresas processadoras de algas incentivaram o desenvolvimento desta cultura em outros países como Filipinas, Namíbia, Indonésia, Tanzânia, Caribe, Chile, Venezuela, Cuba e Brasil, visando à produção de ágar e carragena para indústria alimentícia (CABRAL et. al., 2011; BOSTOCK et. al. 2010).

Esta cultura de consumo se espalhou pela América do Sul e América do Norte, junto com a migração dos asiáticos, e a demanda pelo produto, vem crescendo anualmente (McHUGH, 2003; JIAO; ZHANG; EWART, 2011; BONO; ANISUZZAMAN; DING, 2014). As macroalgas representaram em 2012 a segunda maior produção da Aquicultura mundial, sendo superadas apenas pela produção de cultivo de peixes de água doce, com produção de 23,8 milhões de toneladas e rendendo US\$ 6,4 bilhões (FAO 2014). Os cultivos exploram cerca de 221 espécies de algas no mundo. Destas, cerca de 145 espécies (66%) são utilizadas para alimentação humana (ZEMKE e OHNO, 1999). São 17 os gêneros de macroalgas com expressão comercial: *Agardhiella*, *Eucheuma*, *Gelidium*, *Gigartina*, *Gracilaria*, *Hydropuntia*, *Hypnea*, *Kappaphycus*, *Meristotheca*, *Porphyra* (Rhodophyta), *Saccharina*, *Laminaria*, *Undaria*, *Cladosiphon* (Phaeophyta), *Monostroma*, *Ulva* e *Caulerpa* (Chlorophyta). Destas a *Agardhiella*, a *Gelidium*, a *Gigartina*, a *Porphyra*, a *Saccharina*, a *Laminaria*, a *Undaria*, a *Monostroma* e a *Ulva* são cultivadas em zonas temperadas e as demais, *Eucheuma*, *Gracilaria*, *Hydropuntia*, *Hypnea*, *Kappaphycus*, *Cladosiphon* e *Caulerpa* são cultivadas em regiões tropicais e subtropicais (TITLYANOV; TITLYANOVA, 2010)

No continente sul americano, o Chile é considerado o principal produtor de algas e derivados, já no Brasil tem-se pesquisado sobre o cultivo de 18 espécies assim como a exploração de algas na costa brasileira já representa um importante papel econômico (DOS SANTOS, GOMES, 2006).

Diversas pesquisas apontam que as algas unicelulares, tais como *Schizochytrium* sp. entre outras, são fontes promissoras de ácidos graxos essenciais e já estão sendo comercializadas na forma de produto seco ou em formato de óleos (LI MENGHE et al., 2009). Há também algas ricas em pigmentos (carotenoides) com atividade provitamina A, B e C; e são fontes de compostos com atividades biológicas que podem ser utilizados como alimentos funcionais (ZHANG et al., 2004; DHARGALKAR e VERLECAR, 2009, MENGHE et al., 2009). De acordo com Boschini (2011), as algas possuem diversas substâncias antioxidantes naturais, uma vez que estas sempre são submetidas a concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e variações de intensidade de luz. Deste modo, a sobrevivência das algas depende de uma resposta eficiente ao estresse oxidativo. Para Borowitzka (2012) a grande diversidade taxionômica e ambiental das microalgas se reflete na variedade de metabólitos produzidos por elas. Segundo o autor várias espécies são produzidas comercialmente como fonte de carotenoides, ácidos graxos e como alimento humano ou animal. Há também outros usos como condicionadores do solo, como fonte de compostos bioativos tais como antibióticos e drogas anticancerígenas. O mesmo pode se dizer em relação às macroalgas, sejam marinhas ou de águas interiores, que apresentam uma grande diversidade taxionômica e ambiental que se reflete também em uma diversidade de compostos bioativos.

## **2.2 Algas na Alimentação Animal**

Diversos estudos avaliando o uso de macroalgas e microalgas para diversas espécies animais de produção (bovinos, ovinos, equinos, suínos, frangos e poedeiras) são encontrados na literatura, porém em sua maioria são voltados para sistemas de produção de organismos aquáticos (peixes, crustáceos). Existem relatos do fornecimento de macroalga aos animais de produção, em diversos países (MAKKAR et al., 2016). O uso das macroalgas como alimento para animais de produção é antigo em alguns países, seja este consumo ocasional em período de escassez ou não, há relatos antigos para diversas espécies de animais de produção as consumindo. Segundo Bay-Larse et al. (2018) o consumo das macroalgas na Noruega por ovinos, nas propriedades da área costeira do noroeste do país, dataria da época dos vikings, sendo utilizados principalmente para alimentação destes pequenos ruminantes nas épocas de escassez. Makkar et al. (2016) também faz referência a ovinos consumindo macroalgas nas Ilhas Orkeney, no mar do Norte, Escócia e a outras espécies de animais de produção.

O uso de macroalgas ou dos extratos destas tem sido estudado em diferentes espécies animais, com o objetivo de avaliar in vivo os efeitos atribuídos as algas, como: ação anti-inflamatória (CORNISH et al, 2010), prebiótica (IJI e KADAM, 2013), antimicrobiana (PUSHPARAJ et al., 2014) e de serem ricos em compostos bioativos que de acordo com Gupta e Abu-Ghannam (2011) possibilitaria que fossem explorados como ingredientes funcionais tanto para humanos como para animais de produção.

As algas têm uma composição altamente variável (Tabela 2), com grandes diferenças no conteúdo final de proteínas, minerais, lipídios e fibras, dependendo da espécie, época de coleta e habitat, e de condições externas como temperatura da água, intensidade luminosa e concentração de nutrientes na água (MISURCOVÁ, 2012).

Devido às algas frescas conterem grandes quantidades de água (70-90%) precisam ser consumidas rapidamente ou secas.

**Tabela 2.** Composição proximal de macroalgas marinhas<sup>1</sup>.

Constituinte	Algas marrons	Algas verdes	Algas vermelhas
Umidade (%)	61-94	78-92	72-91
Proteínas (%)	2,4-16,8	3,2-35	6,4-37,6
Lipídeos (%)	0,3-9,6	0,3-2,8	0,2-12,9
Polissacarídeos (%)	38-61	15-65	36-66
Minerais (%)	15-45	11-55	12-42

<sup>1</sup>Adaptado de Øverland et al. (2018)

Algas podem conter nitrogênio não-proteico (como nitratos livres), resultando em uma superestimação do seu conteúdo de proteína. Fatores de conversão de nitrogênio-proteína de 5,38, 4,92 e 5,13 para algas marrons, vermelhas e verdes, respectivamente, foram propostos por Guiry (2014).

Um exemplo dos estudos com animais de produção temos a macroalga calcária *Lithothamnium calcareum*; segundo Melo & Moura (2009) esta alga foi utilizada inicialmente como fertilizante de solo na Europa e se diferenciando de outras macroalgas calcárias, posteriormente passou-se a utilização como complemento alimentar para animais em alguns países (França, Irlanda, Inglaterra e Japão). Melo et al. (2008), avaliaram a utilização da farinha de algas calcárias *Lithothamnium calcareum* no desempenho e qualidade de ovos de codornas japonesas, e observaram que o suplemento mostrou evidências de melhoria na casca dos ovos, porém as características de desempenho não foram influenciadas pela utilização da farinha de algas calcárias. Avaliando a inclusão da *Lithothamnium calcareum* em rações de poedeiras de linhagens leves de segundo ciclo de produção, nos níveis de 0%, 1%, 1,5% e 2,0%, Souza (2012), constatou que o nível de inclusão de 1% da referida alga possibilitou melhora na percentagem de postura, da espessura da casca, a percentagem de matéria mineral e de cálcio da casca.

Okab et al. (2013) em ensaio no qual foi feita a inclusão da macroalga (*Ulva lectuca*) em dietas de coelhos nos níveis de 1% e 2% fazendo a avaliação de parâmetros reprodutivos de machos e fêmeas, sob condição de calor, concluiu que seria possível suplementar aquela espécie no nível de 2%, pois apresentou melhor performance reprodutiva, sem risco para a saúde dos animais. Abudabos et al. (2013), avaliando a macroalga verde *Ulva lactuca*, para frangos de corte, como substituto alternativo de parte do milho na dieta, observaram maior rendimento de musculo de peito e menores concentrações de colesterol e ácido úrico sérico além de menor percentagem de gordura abdominal utilizando 3,0% da alga seca e moída.

Michalak et al. (2015) avaliando a macroalga verde *Enteromorpha sp* enriquecida com Cu e Zn, denominado pelos autores de “alimento aditivo natural” em ração para suínos em crescimento, não observaram efeito significativo peso corporal, ganho de peso, conversão alimentar entre o grupo controle e o experimental. Também

não houve influência da alga enriquecida sobre os parâmetros séricos avaliados, quais sejam proteína bruta, albumina, glicose, ureia colesterol total e suas frações (HDL e LDL) e triglicerídeos.

Estudos para avaliar o potencial de algas em dietas para frangos de corte mostraram efeito insignificante sobre peso corporal final, peso da carcaça e porcentagem de cobertura (PANTJAWIDJAJA, 2011). No entanto, estudo de Abudabos et al. (2013), mostrou que, dietas contendo 4,5% de algas marinhas propiciou maior taxa de crescimento de frangos de corte, que aqueles contendo 0% e 0,5%. Também foi relatado que as algas levaram a menor gordura abdominal em comparação com a dieta controle.

Ao estudarem a adição de algas em ração de poedeiras, Herber e Van Elswyk (1998), constataram que a inserção de algas marinhas foi útil para aumentar a presença de ácido graxo alfa linolênico. Zanini et al (2002), avaliando a inclusão de farinha de algas, não especificando a espécie, em rações de frango de corte sobre a composição da carcaça, nos níveis de 0,0%; 0,5%; 1,0% e 1,5%, não observaram efeito significativo desta sobre a composição da carcaça de frangos de corte.

Pesquisadores estão interessados nos compostos biológicos presentes nas algas, estes organismos aquáticos têm compostos funcionais específicos que não estão presentes em plantas terrestres. Pesquisas detectaram compostos em algas marinhas que inibem doenças comuns, como câncer, inflamação, artrite, diabetes e hipertensão (WIJESINGHE e JEON, 2012). Algas marinhas são fontes de uma variedade de polissacarídeos resistentes e outros carboidratos complexos, que não podem ser hidrolisados no trato gastrointestinal superior dos monogástricos. Acredita-se que esses polissacarídeos sejam potenciais prebióticos, já que não podem ser digeridos no intestino delgado, mas podem sofrer fermentação bacteriana no intestino grosso, portanto afetando beneficemente a microbiota intestinal (MACARTAIN et al. 2007).

Gardiner et al. (2008) relataram que a alimentação de suínos com 6% ou 9% do extrato de *Ascophyllum nodosum* diminuiu os coliformes no íleo e aumentou *Bifidobacterium* no conteúdo cecal. Em um estudo que utilizou 1,0% ou 2,0% de *Ascophyllum nodosum* como aditivo alimentar, melhorou a saúde de leitões desmamados, com redução de *E. coli* no intestino delgado. Da mesma forma, Dierick et al. (2009) relataram que a suplementação de dietas de leitões desmamados com algas marrons (*Ascophyllum nodosum*) a 1,0% reduziu a *E. coli* no sistema digestivo.

Frangos que receberam dietas contendo extratos de laminarina e laminarina/fucoidana de macroalgas marinhas *Laminaria digitata* tiveram maior ganho de peso total, melhor taxa de conversão alimentar, quando comparadas a dieta sem os extratos. Além disso, foi observado aumento na largura e altura dos vilos ileais (SWEENEY et al., 2017).

Em poedeiras a suplementação com algas marinhas vermelhas aumentou a abundância de bactérias benéficas [*Bifidobacterium longum* (4 a 14 vezes), *Streptococcus salivarius* (4 a 15 vezes)] e reduziu significativamente a prevalência de *Clostridium perfringens* no intestino das aves (KULSHRESHTHA et al., 2014).

## 2.3 Macroalga *Kappaphycus alvarezii*

A alga *Kappaphycus alvarezii* é uma macroalga vermelha (Rhodophyta), cultivada em diversos países tropicais como fonte de matéria prima para a produção de kapa carragena (polissacarídeo sulfatado), usado como agente estabilizante, gelatinizante, espessante e emulsificante pelas indústrias de alimentos, farmacêutica e cosmética.

Apesar de pertencer ao grupo das algas vermelhas, a sua cor varia muito e são comuns cores como vermelho, castanho, amarelo ou diferentes tonalidades de verde. Esta espécie pode atingir até 1 metro de comprimento com os ramos mais grossos, chegando a pesar mais de 1 kg de matéria natural. O talo é bem ramificado, com ramos dispostos irregularmente em todos os planos (HAYASHI, 2007). Esta espécie de alga tem uma elevada taxa de crescimento, é encontrada geralmente em áreas rasas e adapta-se bem a altos níveis de iluminação. Prefere águas claras e limpas, mas suporta águas turvas causadas por sedimentação em suspensão, quando não são constantes ou por períodos muito prolongados. Cresce numa temperatura entre 20°C e 32°C, concentrações de amônia e de nitrato de aproximadamente 1 a 2 µmol e de fósforo de 0,5 a 1 µmol são suficientes (HAYASHI, 2010).

### 2.3.1 Produção de *Kappaphycus alvarezii* no Brasil e no mundo

O cultivo da *Kappaphycus alvarezii* se encontra bem estabelecido em diversos países, destacando-se a Indonésia e Filipinas. Cerca de 120.000 toneladas secas/ano de *Kappaphycus alvarezii* são colhidas nas Filipinas, Indonésia e Tanzânia, sendo este organismo responsável por 70% das algas transformadas mundialmente para matéria prima na produção de carragenas (ARECES, 1995; MCHUGH, 2003). Este ficocolóide possui uma ampla utilização em diversos setores industriais, e devido à grande demanda industrial por este produto e o domínio das técnicas de cultivo, tornou a produção desta macroalga destaque na agricultura mundial (maricultura). Segundo informe da FAO (2012) a produção atingiu valores acima de 8 milhões de toneladas de biomassa úmida, liderando o ranking das algas mais produzidas mundialmente.

O cultivo desta macroalga carragenófita iniciou-se em 1969 (LIM & PORSE, 1981) nas Filipinas, inspirando assim outros países para a criação de técnicas de cultivo para esta espécie. Atualmente, nas Filipinas 85-90% do mercado de cultivo de macro algas é dominado por espécies do gênero *Kappaphycus* (HURTADO et al, 2001).

O cultivo da *Kappaphycus alvarezii*, no Brasil, iniciou-se com a sua introdução em 1995, em cultivo experimental no litoral norte do Estado de São Paulo pelo Instituto de pesca de São Paulo em parceria com o Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Esta introdução ocorreu principalmente devido à dificuldade de se fazer o cultivo da *Hypnea musciforme*, macroalga nativa utilizada para extração da carragena e principal carragenófita explotada no país.

A agricultura comercial teve início em 1998 na Baía da Ilha Grande e em 2003 na Baía de Sepetiba, ambas localizadas no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro (CASTELAR et al., 2009). Subsidiados pelo governo brasileiro, experimentos in vitro e in situ foram realizados para entender o potencial invasivo de *K. alvarezii* introduzido em águas brasileiras e para definir as áreas comerciais como uma ajuda para promover uma introdução responsável.

Reis (2007) relata que em 2006 foi estabelecida uma parceria entre a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), o Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) e a empresa Sete Ondas Biomar (BIOMAR) para um estudo multidisciplinar sobre o monitoramento do cultivo de *Kappaphycus alvarezii*, com a pretensão de adquirir conhecimento sobre a produção, a ecofisiologia da macroalga e avaliar o potencial de dispersão da espécie. A partir deste conhecimento fornece contribuições para o ordenamento da maricultura desta espécie. Atualmente, várias novas indústrias foram instaladas na área licenciada para cultivo comercial (lei do governo brasileiro IN 185 /2008 IBAMA) e uma nova técnica de cultivo utilizando redes tubulares foi estabelecida nessa área (GÓES & REIS, 2011).

Como outras macroalgas a *Kappaphycus alvarezii* desperta interesse em diversas áreas de estudo, tais como a médica, a de farmacologia marinha, biomedicina, indústrias diversas e na produção animal e em função deste tem sido avaliada.

#### 2.4.2 *Kappaphycus alvarezii* na nutrição animal

A macroalga *Kappaphycus alvarezii* vem sendo avaliada como ingrediente alimentar em diferentes espécies. Conhecer a composição bromatológica é fundamental para conhecer o valor nutritivo de um determinado ingrediente. A composição em nutrientes da alga pode variar de acordo com o local, temperatura, época do ano entre outros fatores.

Dados da composição nutricional de diferentes trabalhos avaliando a macroalga *Kappaphycus alvarezii* estão descritos na Tabela 3. Kumar et al. (2015) avaliaram a composição centesimal da alga cultivada no mar noroeste da Índia, observando a variação sazonal dos nutrientes da alga no intervalo de setembro de 2004 a abril de 2006. Xiren e Aminah (2017) avaliaram a composição centesimal da alga cultivada em diferentes regiões da Malásia, Langkawi e Sabah.

**Tabela 3.** Composição centesimal de *Kappaphycus alvarezii*

Constituinte	Local de obtenção da alga		
	Índia <sup>1</sup>	Langkawi <sup>2</sup>	Sabah <sup>2</sup>
Umidade (%)	-	86,8	84,8
Cinzas (%MS)	20,9-33,8	16,3	17,1
Proteína Bruta (%)	12,7-23,6	6,2	6,8
Fibra Bruta (%MS)	9,7-18,6	7,2	8,9
Gordura (%MS)	0,4-0,9	1,0	0,9

<sup>1</sup> Kumar et al. (2015).

<sup>2</sup> Xiren e Aminah (2017).

Os benefícios da utilização de algas na dieta de animais estão associados à capacidade de melhora no funcionamento do sistema digestório dos animais. Os compostos bioativos são de interesse para a nutrição animal, além da composição química, pois estes compostos podem exercer funções antifúngicas, antimicrobianas e antioxidantes, além de exercer ações prebióticas.

Alguns trabalhos têm buscado qualificar a presença destes compostos em extratos de *Kappaphycus alvarezii*. Prabha et al. (2013) qualificaram a presença de diferentes compostos fitoquímicos nos diferentes extratos desta macroalga, dentre eles: alcaloides,

taninos, terpenóides, flavonoides, saponinas, compostos fenólicos, entre outros. Estes mesmos autores avaliaram a atividade antimicrobiana deste extrato, encontrando zoas de inibição para *E. coli* e *Aspergillus flavus*. Segundo os autores a *K. alvarezii* pode ser recomendada para desenvolvimento de fármaco antimicrobiano.

Pushparaj et al. (2014) avaliando a atividade antibacteriana do extrato de *K. alvarezii* e de *Ulva lactuca* contra seis bactérias patogênicas humanas (gram positivas e gram negativas), utilizando cinco diferentes solventes (acetona, clorofórmio, etanol, acetato de etila e metanol) observaram que as macroalgas apresentaram ação antibacteriana dependendo do solvente utilizado sendo que, os extratos obtidos com metanol e etanol foram os que apresentaram maior atividade antibacteriana. No entanto há trabalho em que o autor não observou atividade antimicrobiana no extrato de *K. alvarezii*.

A presença destes compostos nos extratos da macroalga tem levado ao desenvolvimento de pesquisas que mostrem as características nutracêuticas desta, sendo exemplo os trabalhos desenvolvidos por Raman & Dobel (2015) avaliando-a como alimento funcional na prevenção de câncer de colón. Os autores relatam que as frações de fibras dietéticas solúveis, com baixo peso molecular, podem ser um ingrediente alimentar funcional e suplemento alimentar que pode contribuir com uma variedade de benefícios a saúde.

Saboya et al. (2012) usando extrato dessa planta observaram melhores resultados quanto à sobrevivência, ganho de peso diário e o peso médio final de tilápias submetidas a situações de estresse.

A inclusão de níveis crescentes de *Kappaphycus alvarezii* em dietas de frangos de corte foram avaliadas por Qadri et al (2018), que relataram melhora no ganho de peso corporal em dietas com inclusão de 1,25 e 1,5% de alga na fase de crescimento (21-42 dias) e no período total de criação (0-42 dias), assim como o consumo de ração. A resposta imune também foi maior nas aves que receberam dietas com estes níveis de inclusão. Apesar de não observarem efeito sobre o rendimento de carcaça, encontraram maior rendimento de peito nas aves com os maiores níveis de inclusão da alga.

Apesar de ser uma das algas mais cultivadas no mundo, poucos trabalhos estão disponíveis sobre a inclusão de *Kappaphycus alvarezii* como ingrediente para frangos de corte, sendo necessários trabalhos que avaliem a sua inclusão, bem como a determinação nutricional, que se mostra bastante variável à luz da literatura

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Metabolismo Animal do DNAP/IZ/UFRRJ, após aprovação pelo Comitê de Ética no Uso de Animais - CEUA/IZ/UFRRJ (processo 23083.000039/2018-28).

A macroalga (*Kappaphycus alvarezii*) utilizada foi produzida em Ilha Grande litoral sul do estado do Rio de Janeiro (Figura 1). A alga foi recebida da forma como é destinada à indústria, isto é, seca ao sol, após lavagem na própria água do mar.



**Figura 1.** Fazenda de alga marinha em Ilha Grande, produção em balsa flutuante e a macroalga *Kappaphycus alvarezii*.

No Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Nutrição Animal e Pastagens – DNAP/IZ/UFRRJ, a macroalga foi pesada e realizada a pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, posteriormente pesada novamente. Após o material sair da estufa observou-se uma grande presença de sal aderido na macroalga, desta forma antes da moagem, foi retirado o excesso de sal. Foram realizadas as análises de matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P) de acordo com AOAC (1995). Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com Van Soest et al. (1995) e minerais (Tabela 4).

**Tabela 4.** Composição bromatológica da macroalga *Kappaphycus alvarezii*.

<b>Nutriente</b>	<b>Quantidade</b>
Matéria seca	77%
Proteína bruta	4,23%
Extrato etéreo	0,32%
Energia bruta	1.785 kcal
Matéria mineral	35,33%
Fibra em detergente neutro	8,11%
Fibra em detergente ácido	7,13%
Cálcio	0,27%
Fósforo	0,04%
Sódio	3,04%
Potássio	3,69%
Microminerais (mg/kg)	
Ferro	782
Cobre	3,1
Zinco	21,2
Manganês	9,3
Cádmio	0,9
Chumbo	1,8
Magnésio	4215
Alumínio	127

As análises do perfil de ácidos graxos e perfil de aminoácidos, foram realizadas pela CBO análises laboratoriais Ltda. (Tabela 5).

**Tabela 5.** Perfil de ácidos graxos e aminoácidos da macroalga *Kappaphycus alvarezii*.

<b>Ácidos graxos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Aminoácidos</b>	<b>Quantidade</b>
Ácido merístico	0,03%	Ácido aspártico	0,13%
Ácido meristoleico	0,01%	Ácido glutâmico	0,25%
Ácido pentadecanoico	0,01%	Serina	0,14%
Ácido palmítico	0,52%	Glicina	0,18%
Ácido palmitoleico	0,04%	Histidina	0,02
Ácido marárico	0,01%	Arginina	0,13%
Ácido esteárico	0,08%	Treonina	0,14%
Ácido $\alpha$ -linoleico	0,01%	Valina	0,14%
Ácido araquidônico	0,01%	Metionina	0,03%
Gordura insaturada	0,61%	Isoleucina	0,11%
Gordura saturada	0,66%	Leucina	0,20%
Ômega 3	0,02%	Fenilalanina	0,12%
Ômega 6	0,24%	Lisina	0,09%
Ômega 9	0,30%	Aminoácidos totais	2,06%

CBO análises laboratoriais

Os pintos de um dia foram adquiridos em incubatório comercial e, após sexadas e pesadas, determinou-se o peso médio (37 g) e então foram distribuídas nas gaiolas de modo que cada parcela experimental representasse o peso médio inicial do lote. Foram criados 150 pintainhos machos da linhagem Cobb 500, com 1 dia de idade, vacinados no incubatório contra as doenças de Gumboro, Marek e bouba aviária e distribuídos nas gaiolas.

Foram utilizadas baterias metálicas de três andares (Figura 2), sendo cada andar subdividido em quatro compartimentos, totalizando 30 gaiolas, cada gaiola com medidas de 0,90 m x 0,40 m x 0,40 m, contendo um bebedouro automático tipo copo e um comedouro tipo calha e com sistema de aquecimento por lâmpadas incandescentes. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 5 tratamentos, 6 repetições por tratamento e 5 aves por unidade experimental.



**Figura 2.** Baterias metálicas de metabolismo para frangos de corte.

Foram avaliadas 5 rações experimentais correspondendo aos tratamentos com níveis crescentes de inclusão da macroalga *K. alvarezii*, sendo as rações formuladas de forma a atender no mínimo as exigências nutricionais para frangos de corte de acordo com o preconizado por Rostagno et al. (2017).

Os tratamentos foram estabelecidos a partir da ração basal (Tabela 6) que foi suplementada com valores crescentes da macroalga em substituição ao aditivo inerte (caulim). Os tratamentos foram 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% de inclusão da alga *K. alvarezii*.

**Tabela 6.** Composição percentual da ração basal.

<b>Ingredientes</b>	<b>Composição (%)</b>
Farelo de soja (45% PB)	44,356
Milho (6,9% PB)	42,710
Óleo de soja	6,719
Inerte <sup>3</sup>	2,500
Fosfato bicálcico	1,625
Sal comum	0,516
DL-Metionina	0,336
Suplemento vitamínico <sup>1</sup>	0,100
Suplemento mineral <sup>2</sup>	0,100
Cloreto de colina	0,083
L-Lisina HCL	0,073
L-Treonina	0,050
Antioxidante (BHT)	0,010
<b>Nutrientes</b>	<b>Composição calculada</b>
Ácido linoleico (%)	4,741
Arginina digestível (%)	1,508
Cálcio (%)	0,878
Cloro (%)	0,368
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.050
Fósforo disponível (%)	0,419
Lisina digestível (%)	1,256
Metionina + Cistina digestíveis (%)	1,024
Metionina digestível (%)	0,633
Potássio (%)	0,948
Proteína bruta (%)	23,31
Sódio (%)	0,218
Treonina digestível (%)	0,831
Triptofano digestível (%)	0,274

<sup>1</sup> Ferro (min) 60 g/kg; cobre (min) 13 g/kg; manganês (min) 120 g/kg; zinco (min) 100 g/kg; iodo (min) 2.500 mg/kg; selênio (min) 500 mg/kg. <sup>2</sup> Vitamina A (min) 7.500.000 UI/kg; vitamina D3 (min) 2.500.000 UI/kg; vitamina E (min) 1.200 mg/kg; vitamina K3 (min) 1.200 mg/kg; tiamina (min) 1.500 mg/kg; riboflavina (min) 5.500 mg/kg; piridoxina (min) 2000 mg/kg; vitamina B12 (min) 12.000 mcg/kg; niacina 35g/kg; panteonato de cálcio (min) 10 g/kg; biotina (min) 67 mg/kg. <sup>3</sup>Inerte - Caulin.

### 3.1 Ensaio de Metabolismo

O período experimental foi do 1º ao 21º dia de idade das aves, com período de 5 dias (15º ao 20º dia) de coleta total de excretas, duas vezes ao dia, às 09:00 e às 17:00 horas, de modo a evitar fermentação fecal (Figura 3A). As excretas foram coletadas em bandejas metálicas cobertas com material plástico de modo a evitar contaminações (Figura 3B). As excretas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados (Figura 3C), pesadas (Figura 3D) e congeladas, amostras das rações experimentais foram acondicionadas em potes fechados e identificados e também sendo congelada para posterior análise bromatológica de acordo com Sibbald & Price, 1975.

Para cada unidade experimental, as respectivas rações foram pesadas e identificadas para o fornecimento de ração à vontade. Ao final do período de coleta, as sobras de rações foram pesadas, obtendo-se assim o consumo de ração para o período.



**Figura 3.** Coleta de excretas para análise de metabolismo

Para análises, as excretas foram descongeladas à temperatura ambiente e homogeneizadas para a retirada de uma alíquota por unidade experimental. As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, a fim de promover a pré-secagem e determinar a matéria seca ao ar (Mazzuco et al., 2002). Em seguida foram moídas e encaminhadas para análises de matéria seca (MS), nitrogênio (N) e energia bruta (EB), matéria mineral (MM) e fósforo (P).

Com base nos dados de consumo de ração, excreta total, análises de MS, N e EB, MM e P das rações e das excretas, foram determinados os coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMMS), proteína bruta (CMPB), energia bruta (CMEB), os coeficientes de retenção de matéria mineral (CRMM) e fósforo (CRP), e a energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), que foram calculados através das fórmulas propostas por Matterson et al. (1965):

- Energia Metabolizável Aparente:

$$EMA \text{ (kcal/kg de MS)} = \frac{EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada}}{MS \text{ ingerida}}$$

- Energia Metabolizável Aparente Corrigida para o balanço de nitrogênio:

- Balanço de Nitrogênio (BN):

$$BN = N \text{ ingerido} - N \text{ excretado}$$

$$EMAn \text{ (kcal/kg de MS)} = \frac{(EB \text{ Ingerida} - EB \text{ Excretada}) \pm 8,22 \times (BN)}{MS \text{ ingerida}}$$

Os coeficientes de metabolizabilidade aparente foram calculados através das fórmulas descritas por Sakomura e Rostagno (2007), sendo:

$$CM \text{ (\%)} = \frac{\text{Nutriente ingerido (g)} - \text{Nutriente excretado (g)}}{\text{Nutriente ingerido (g)}} \times 100$$

### 3.2 Ensaio de Desempenho e de Qualidade ssea

Para o desempenho zootécnico, foram avaliados no período de 1 a 21 dias de idade o peso vivo (PV), o ganho de peso (GP), o consumo de ração (CR), a conversão alimentar (CA) e a viabilidade de criação (VB).

O consumo de ração foi calculado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida e as sobras das rações experimentais, pesadas no início e no final do período experimental. Para determinação do ganho de peso, as aves foram pesadas no início e no final do experimento. A partir dos dados de consumo de ração e ganho de peso, calculou-se a conversão alimentar das aves. Utilizou-se como critério de correção o peso das aves mortas durante todo o período experimental.

#### 3.2.1 Qualidade óssea

Para a avaliação da qualidade óssea fez-se a coleta, identificação e congelamento das pernas das aves abatidas, sendo posteriormente descongeladas e processadas de acordo com metodologia descrita por Bruno (2002). Após a retirada do tecido muscular dos tibiotarsos esquerdos, foram realizada as análises índice de Seedor (SEEDOR et al. 1991), resistência óssea (FAITARONE, et al. 2012) e cinzas ósseas.

#### 3.2.2 Índice de Seedor

Para obter-se o índice de Seedor, os tibiotarsos esquerdos foram pesados em balança semianalítica e posteriormente, mensurado o comprimento das mesmas com paquímetro analógico. Com os valores de peso e comprimento ósseo os dados foram aplicados na fórmula:

$$\text{Índice de Seedor} = \frac{\text{peso da tibia (mg)}}{\text{comprimento ósseo (mm)}}$$

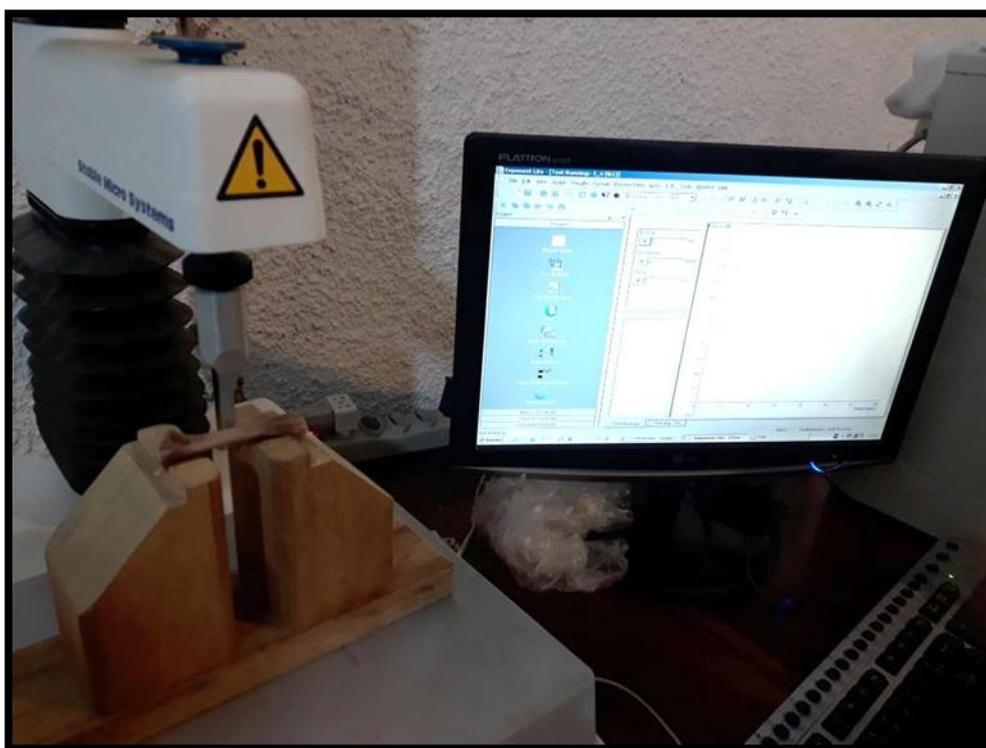
O índice de Seedor é utilizado como um indicativo da densidade óssea, quanto maior o índice de Seedor maior a densidade óssea.

### 3.2.3 Resistência óssea

Para a avaliação de resistência óssea, as tíbias esquerdas foram apoiadas em um suporte de madeira com um vão livre de 2 cm e acoplado ao equipamento Texture Analyser TA.XT Plus, com a utilização da sonda Blade Set HDP/BS. Com a velocidade de pré-teste de 2,0 mm/segundo, velocidade de teste de 1,0 mm/segundo e velocidade de pós-teste de 4,0 mm/segundo (Figura 4).

Um software específico foi utilizado para registrar a força necessária empregada para o rompimento total dos ossos em Newton, sendo esse valor transformado em quilograma-força (kgf), como na fórmula a seguir:

$$\text{Resistência óssea (kgf)} = N * 0,101972$$



**Figura 4.** Análise de resistência óssea

### 3.2.4 Cinza óssea

Após a realização do teste de resistência óssea, os ossos partidos foram levados para o Laboratório de Nutrição Animal do DNAP/IZ/UFRRJ para a determinação da cinza óssea. Após serem pesados, foram mantidos em estufa a 105<sup>0</sup>C por 12 horas e posteriormente realizada a queima em mufla a 580<sup>0</sup>C por 4 horas e pesados novamente, para cálculo de porcentagem de cinzas.

### 3.3 Análise Estatística

Ao final do experimento, todos os resultados foram submetidos à ANOVA utilizando-se o pacote estatístico SISVAR. A análise de variância foi realizada considerando o delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo descrito segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ik} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}, \text{ sendo:}$$

$Y_{ij}$  = variáveis dependentes estudadas;

$\mu$  = média geral;

$T_i$  = efeito do nível de inclusão da macroalga *Kappaphycus alvarezii*  $i$ , sendo  $i = 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0\%$ ;

$\varepsilon_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação.

Para avaliar os níveis de inclusão da macroalga, foi realizada análise de regressão e procedimento de avaliação por contraste dos polinômios ortogonais para cada variável dependente, ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), e os coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMMS), proteína bruta (CMPB), energia bruta (CMEB), os coeficientes de retenção de matéria mineral (CRMM) e fósforo (CRP) de rações contendo níveis crescentes de inclusão da macroalga *K. alvarezii* determinados com frangos de corte no período de 15 a 20 dias de idade estão apresentados na tabela 7.

**Tabela 7.** Resultados de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) e os coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMMS), proteína bruta (CMPB), energia bruta (CMEB), os coeficientes de retenção de matéria mineral (CRMM) e fósforo (CRP) de rações contendo níveis crescentes de inclusão da macroalga *K. alvarezii*, com base na matéria seca e a diferença percentual entre EMA e EMAn.

Variáveis	Inclusão da macroalga <i>K. alvarezii</i> (%)					CV(%)*	p-valor	Efeito**
	0	0,5	1,0	1,5	2,0			
EMA <sup>1</sup> (kcal/kg)	3.644	3.588	3.516	3.421	3.414	2,64	0,0025	L
EMAn <sup>1</sup> (kcal/kg)	3.377	3.362	3.254	3.162	3.170	2,59	0,0009	L
CMMS (%)	72,94	68,52	69,39	67,63	68,85	2,96	0,0061	Q
CMPB (%)	70,89	63,78	65,09	63,49	63,63	3,96	0,008	Q
CMEB (%)	78,88	76,01	75,74	73,77	74,05	2,33	0,0014	Q
CRMM (%)	39,38	36,52	34,77	34,25	36,92	10,40	0,2587	NS
CRP (%)	61,96	58,14	59,35	56,04	57,55	5,47	0,0845	NS

<sup>1</sup>Valores expressos na matéria seca.

\*CV = Coeficiente de Variação

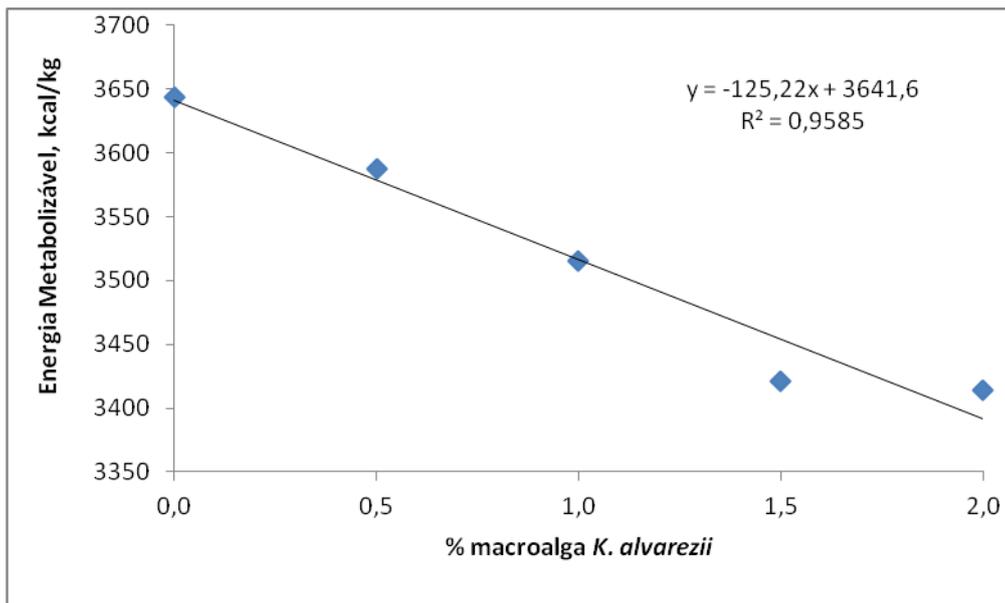
\*\*Efeito da macroalga *K. alvarezii* estatisticamente significativo (P<0,05).

L = Efeito Linear

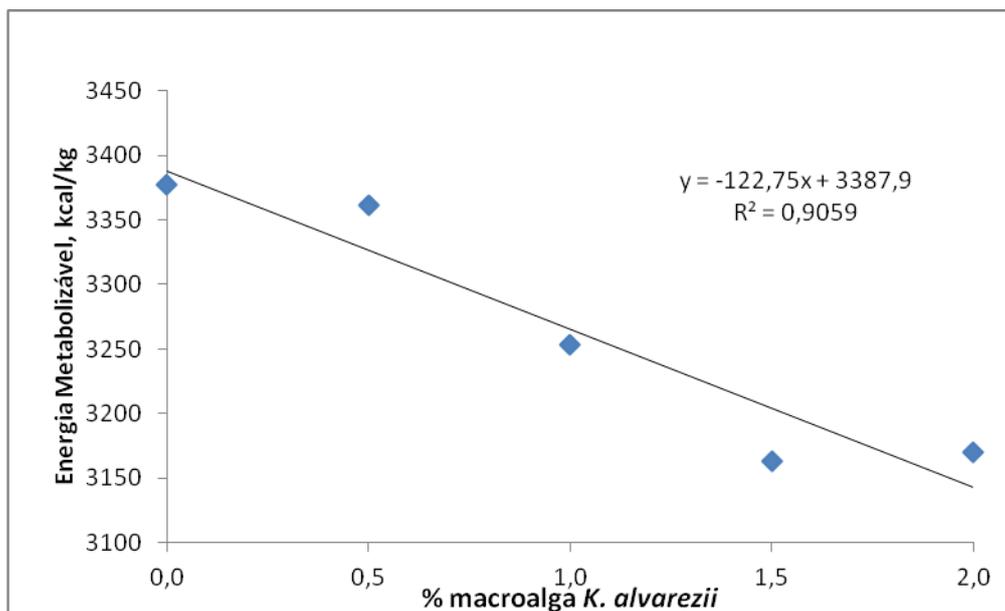
Q = Efeito Quadrático

NS = Não Significativo

Para a energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço do nitrogênio houve efeito linear negativo (Figuras 5 e 6).



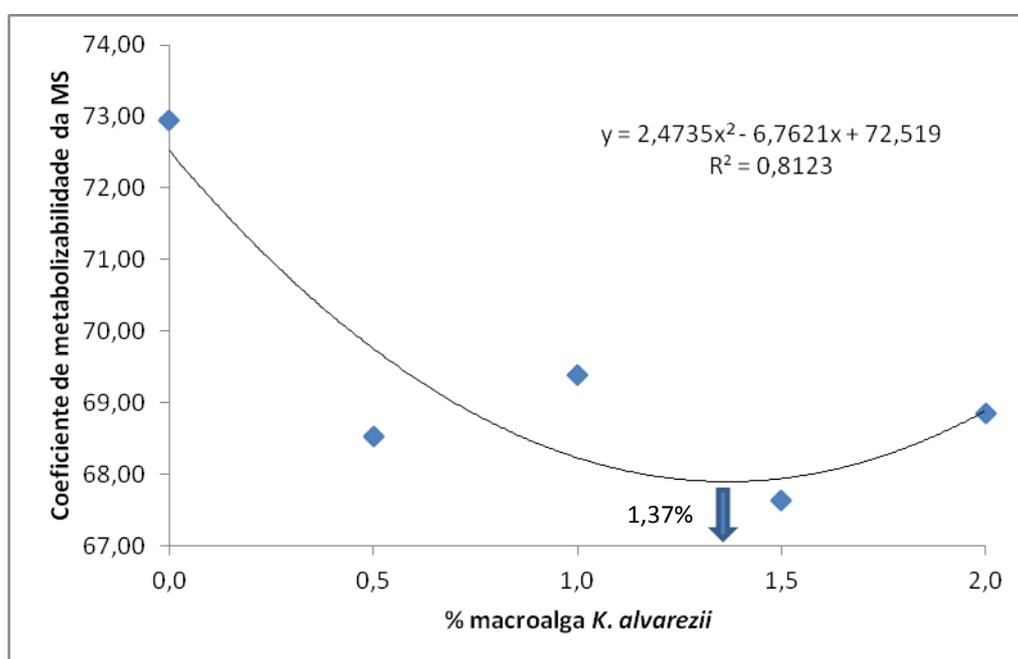
**Figura 5.** Resultados de energia metabolizável aparente (EMA) das rações com inclusão de níveis crescentes da macroalga *K. alvarezii* determinados em frangos de corte de 15 a 20 dias de idade.



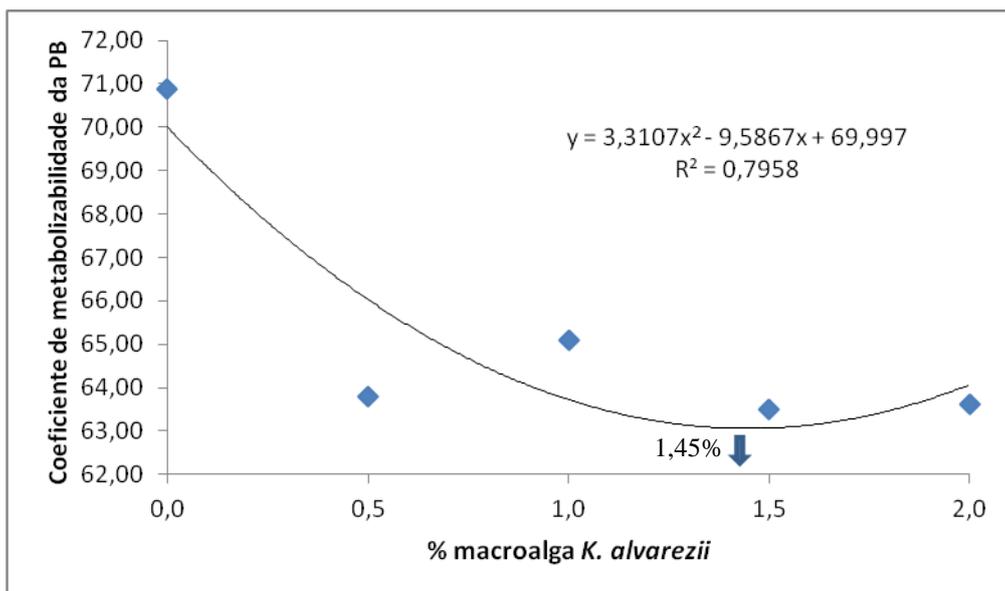
**Figura 6.** Resultados de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) das rações com inclusão de níveis crescentes da macroalga *K. alvarezii* determinados em frangos de corte de 15 a 20 dias de idade.

Os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca, da proteína bruta e da energia bruta (Figuras 7, 8 e 9, respectivamente), apresentaram efeito quadrático com o aumento do nível de inclusão da macroalga avaliada. Os valores de inclusão da macroalga *K. alvarezii* de 1,37%; 1,45% e de 1,91% resultariam nos menores valores de coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta e da energia bruta, 67,89, 63,06 e 73,95 respectivamente.

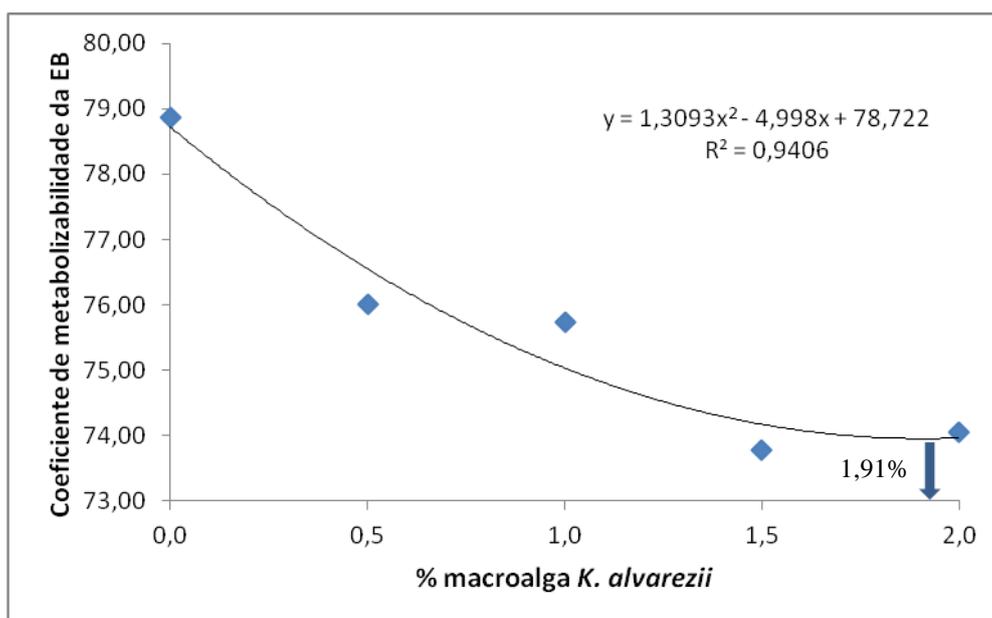
Quanto aos coeficientes de retenção da matéria mineral e do fósforo não houve efeito dos níveis de inclusão da macroalga *K. alvarezii*. Na literatura consultada não se encontrou trabalho de metabolismo, seja com a *k. alvarezii* ou outra macroalga que permitisse a comparação com os dados obtidos neste experimento.



**Figura 7.** Coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMMS) em valores percentuais, das rações com inclusão de níveis crescentes da macroalga *K. alvarezii* determinados em frangos de corte de 15 a 20 dias de idade.



**Figura 8.** Coeficientes de metabolizabilidade aparente da proteína bruta (CMPB) em valores percentuais, das rações com inclusão de níveis crescentes da macroalga *K. alvarezii* determinados em frangos de corte de 15 a 20 dias de idade.



**Figura 9.** Coeficientes de metabolizabilidade aparente da energia bruta (CMEB) em valores percentuais, das rações com inclusão de níveis crescentes da macroalga *K. alvarezii* determinados em frangos de corte de 15 a 20 dias de idade.

Quanto aos resultados de desempenho de frangos de corte no período de 1 a 21 dias (Tabela 8), não houve diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) nas variáveis estudadas. Esses resultados são semelhantes aos descritos por Qadri et al. (2018), que avaliaram a inclusão de até 1,5% da macroalga *K. alvarezii* em rações de frangos de corte no período de 1 a 21 dias e relataram que os tratamentos não afetaram o desempenho dos frangos.

**Tabela 8.** Desempenho zootécnico de frangos de corte d 1 a 21 dias alimentados com rações contendo níveis crescentes de inclusão da macroalga *K. alvarezii*.

Variáveis	Inclusão da macroalga <i>K. alvarezii</i> (%)					CV(%)*	p-valor
	0	0,5	1,0	1,5	2,0		
PV (g)	1004	1041	1003	987	996	4,62	0,4324
GP (g)	967	1004	966	949	959	4,80	0,4311
CR (g)	1173	1186	1126	1134	1136	4,78	0,3502
CA (g/g)	1,21	1,18	1,17	1,19	1,18	3,23	0,3967
VB (%)	100	96	96	92	92	9,40	0,6010

\*CV = Coeficiente de Variação, PV = Peso vivo, GP = Ganho de peso, CR = Consumo de ração, CA = Conversão alimentar, VB = Viabilidade de criação.

Conforme a análise dos dados dos parâmetros ósseos avaliados (Tabela 9), a inclusão da macroalga *K. alvarezii* na ração não influenciou significativamente ( $P>0,05$ ) as variáveis Índice de Seedor, resistência óssea e cinzas ósseas, o que mostra que a adição da macroalga *K. alvarezii* adicionada às rações não interferiu na dinâmica de deposição e formação da matriz óssea. Entretanto, deve ser notado os altos valores que coeficiente de variação encontrados para os dados de parâmetros ósseos,

**Tabela 9.** Índice de Seedor e resistência e cinzas ósseas de frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com rações contendo níveis crescentes de inclusão da macroalga *K. alvarezii*.

Variáveis	Inclusão da macroalga <i>K. alvarezii</i> (%)					CV (%) <sup>1</sup>	p-valor
	0	0,5	1,0	1,5	2,0		
Índice de Seedor	80,55 <sup>2</sup>	81,45	78,91	74,93	74,28	7,44	0,1473
Resistência óssea (kgf)	27,94	25,41	25,85	23,69	24,11	19,81	0,6226
Cinzas ósseas (%)	51,42	50,62	49,79	50,98	50,92	2,23	0,1786

<sup>1</sup>CV = Coeficiente de Variação.

## 5 CONCLUSÕES

A adição da macroalga *Kappaphycus alvarezii* não influenciou os parâmetros de desempenho, de qualidade óssea e os coeficientes de retenção de matéria mineral e do fósforo dos frangos de corte avaliados no período de 1 a 21 dias de idade. A inclusão de valores mais altos da macroalga resultou na redução dos valores energéticos e dos coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca, da proteína bruta e da energia bruta das rações. A sua utilização na ração de frangos de corte dependerá em especial da comprovação das suas funções como aditivo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ABUDABOS, A. M. et al. Nutritional Value of Green Seaweed (*Ulva Lactuca*) for Broiler Chickens. **Italian Journal of Animal Science**, v. 12, n. 2, e.28, jan. 2013.

ALVARENGA, R. R. et al. Energy values and chemical composition of spirulina (*Spirulina platensis*) evaluated with broilers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 5, p.992-996, maio 2011.

ARECES, A. J. Cultivo comercial de carragenofitas del genero *Kappaphycus* Doty. In: Alveal, K., Ferrario, E., Oliveira, E.C., Sar, E. (Eds.), **Manual de métodos ficológicos**. Universidad de Concepción, Concepción, pp. 529-550, 1995.

AZEVEDO, C.; NAUER, F. Biodiversidade e Ecologia de Macroalgas Marinhas Brasileiras. In: **Botânica no Inverno**. 2012. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

BEZERRA, A.F. **Cultivo de algas marinhas como desenvolvimento de comunidades costeiras**. 2008. 59f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

BICUDO, C.E.M. et al. **O estudo das algas no Estado de São Paulo**. In: Bicudo, C.E.M. & Shepherd, G.J. (eds.). Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX, 2: fungos macroscópicos e plantas. São Paulo: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, p. 1-7, 1998.

BONO, A.; ANISUZZAMAN, S.M.; DING, O. W. Effect of process conditions on the gel viscosity and gel strength of semi-refined carrageenan (SRC) produced from seaweed (*Kappaphycus alvarezii*). **Journal Of King Saud University - Engineering Sciences**, v. 26, n. 1, p.3-9, jan. 2014.

BOROWITZKA, M. **Lower Plants**. In: Handbook of Bioenergy Crop Plants, CRC Press, p. 653-670, 2012.

BOSCHINI, C. **Antioxidantes na dieta de frangos de corte**. 2011, 75f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

of the Royal Society B: **Biological Sciences**, v. 365, n. 1554, p. 2897-2912, 2010.

BRUNO,L.D.G. **Desenvolvimento ósseo em frangos: influência da restrição alimentar e da temperatura ambiente**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2002.

CABRAL, I. S. R. **Extrato de algas marinhas como agentes antioxidantes e antimicrobianos e seus efeitos na qualidade de *Minced* de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**.2012.138f. Tese (Doutorado em Química na Agricultura e no Ambiente) - Centro de energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba,2012.

CABRAL, I. S. R. **Extrato de algas marinhas como agentes antioxidantes e antimicrobianos e seus efeitos na qualidade de *Minced* de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**.2012.138f. Tese (Doutorado em Química na Agricultura e no Ambiente) - Centro de energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba,2012.

CARVALHO, L. R.; ROQUE, N F. Fenóis halogenados e/ou sulfatados de macroalgas marinhas. **Química Nova**, v. 23, n. 6, p. 757, 2000.

CASTELAR, Beatriz et al. Invasive potential of *Kappaphycus alvarezii* off the south coast of Rio de Janeiro state, Brazil: a contribution to environmentally secure cultivation in the tropics. **Botânica Marina**, [s.l.], v. 52, n. 4, p.283-289, 1 jan. 2009.

CORNISH, M. Lynn; GARBARY, David J.. Antioxidants from macroalgae: potential applications in human health and nutrition. **Algae**, v. 25, n. 4, p.155-171, 1 dez. 2010.

DHARGALKAR, V. K.; VERLECAR, X. N. Southern Ocean seaweeds: A resource for exploration in food and drugs. **Aquaculture**, v. 287, n. 3, p. 229-242, 2009.

DIERICK, N.; OVYN, A.; SMET, S. Effect of feeding intact brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on some digestive parameters and on iodine content in edible tissues in pigs. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, v. 89, n. 4, p.584-594, 15 mar. 2009.

EL GAMAL, A. A., 2012. **Biological importance of marine algae**. 567 p., 2012. In: Se-Kwon Kim (Ed.), Handbook of marine macroalgae: biotechnology and applied phycology. John Wiley & Sons.

FAITARONE, A. B. G., GARCIA, E. A., AORTONI, S. M. B., SGAVIOLI, S., SILVA, M. D. P., GONÇALVES, H. C., PELICA, K. Qualidade óssea de poedeiras comerciais leves alimentadas com rações suplementadas com diferentes óleos vegetais. **Veterinária e Zootecnia**. 2012, set.; 19 (3):356-365.

FAO. The state of world fisheries and aquaculture. Rome, 210p., 2012.

FAO. The state of world fisheries and aquaculture. Rome, 243p., 2014.

FUJIMOTO, K.; KANEDA, T. Screening test for antioxygenic compounds from marine algae and fractionation from *Eisenia bicyclis* and *Undaria pinnatifida*. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 46, n. 9, p.1125-1130, 1980.

GARDINER, G.E. et al. Effect of *Ascophyllum nodosum* extract on growth performance, digestibility, carcass characteristics and selected intestinal microflora populations of grower–finisher pigs. **Animal Feed Science And Technology**, v. 141, n. 3-4, p.259-273, abr. 2008.

GHOSH, R., BANERJEE, K., MITRA, A. **Seaweeds in the Lower Gangetic Delta**. 2012. In: Kim, S.-K. (Ed.), Handbook of Marine Macroalgae: Biotechnology and Applied Phycology. Wiley-Blackwell

GÓES, H. G.; REIS, R. P. An initial comparison of tubular netting versus tie–tie methods of cultivation for *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) on the south coast of Rio de Janeiro State, Brazil. **Journal Of Applied Phycology**, v. 23, n. 3, p.607-613, 18 jan. 2011.

GUIRY, M. D. et al. Algae Base: An On-line Resource for Algae. **Cryptogamie, Algologie**, v. 35, n. 2, p.105-115, maio 2014.

GUPTA, S.; ABU-GHANNAM, N. Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds. **Trends In Food Science & Technology**, v. 22, n. 6, p.315-326, jun. 2011.

HAMMOND, P.M. **Species Inventory**. In: Groombridge, B. (ed.). *Global Biodiversity, Status of the Earth's Living Resources*. London: Chapman & Hall, p. 17-39, 1992.

HARGREAVES, J. A. **Biofloc production systems for aquaculture**. Southern regional Aquaculture Center, United States Department of Agriculture, National Institute of Food and Agriculture. n. 4503, 2013, 12 p.

HAYASHI, L.; REIS, R. P. Cultivation of the red algae *Kappaphycus alvarezii* in Brazil and its pharmacological potential. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 22, n. 4, p.748-752, ago. 2012.]

HERBER-MCNEILL, S. M.; VAN ELSWYK, M. E.. Dietary marine algae maintains egg consumer acceptability while enhancing yolk color. **Poultry Science**, v. 77, n. 3, p.493-496, 1 mar. 1998.

HOEK, C. VAN DEN, MANN, D.G., JAHNS, H.M. *Algae: An Introduction to Phycology*. Cambridge University Press, United Kingdom. 1998.

HURTADO, A.Q.; AGBAYANI, R.F.; SANARES, R.; CASTRO-MALLARE, M.T.R. The seasonality and economic feasibility of cultivating *Kappaphycus alvarezii* in Panagatan Cays, Caluya, Antique, Philippines. **Aquaculture**, n. 199: p.295–310. (2001)

IJI, P. A.; KADAM, M. M. Prebiotic properties of algae and algae-supplemented products A2 - Domínguez, Herminia, in *Functional Ingredients from Algae for Foods and Nutraceuticals*, ed H. Dominguez (Cambridge, UK: Woodhead Publishing), p. 658–670, 2013.

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 185 IBAMA, 2008.

JAULENEAU, V. et al. Ulvan, a Sulfated Polysaccharide from Green Algae, Activates Plant Immunity through the Jasmonic Acid Signaling Pathway. **Journal Of Biomedicine And Biotechnology**, v. 2010, p.1-11, 2010.

JIAO, G.L.; YU G.L.; ZHANG, J.Z.; EWART, H.S. **Chemical structures and bioactivities of sulfated polysaccharides from marine algae**. *Mar Drugs* 9:196–223 (2011) he United Nations, FAO Fisheries Technical Paper 441, 111 p.,2003.

KAMEL C. A novel look at a classic approach of plant extracts. *Feed Mix- The International Journal on Feed, Nutrition and Technology*, n.9, p.19-24, 2000.

KULSHRESHTHA, G. et al. Feed supplementation with red seaweeds, *Chondrus crispus* and *Sarcodiotheca gaudichaudii*, affects performance, egg quality, and gut microbiota of layer hens. **Poultry Science**, v. 93, n. 12, p.2991-3001, 25 nov. 2014.

KUMAR, K.S.; GANESAN, K.; RAO, P.V.S. Seasonal variation in nutritional composition of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty—an edible seaweed. **Journal Of Food Science And Technology**, v. 52, n. 5, p.2751-2760, 26 abr. 2015.

- LEE, R. E. **Phycology**. Quarta edição, 547p. Cambridge University Press, 2006.
- LI MENGHE, H.; EDWIN H. R.; CRAIG, S. T.; BRUCE B. M.; L. K. Effects of dried algae *Schizochytrium sp.*, a rich source of docosahexaenoic acid, on growth, fatty acid composition, and sensory quality of channel catfish *Ictalurus punctatus* **Aquaculture**, v. 292, n. 3, p. 232-236, 2002.
- LIM, J.R.; PORSE, H. Breakthrough in the commercial culture of *Euचेuma spinosum* in Northern Bohol, Philippines. **Int. Seaweed Symp**, v.10, p.602–606, 1981.
- MACARTAIN, P. et al. Nutritional Value of Edible Seaweeds. **Nutrition Reviews**, v. 65, n. 12, p.535-543, 28 jun. 2008.
- MAKKAR, H. P.S. et al. Seaweeds for livestock diets: A review. **Animal Feed Science And Technology**, v. 212, p.1-17, fev. 2016.
- MCHUGH, D.J. A Guide to the Seaweed Industry. FAO Fisheries Technical Paper 441, Rome, 105 p. 2003.
- MELLOR, S. Alternatives to antibiotic. **PigProgress**, v.16, p.18-21, 2000.
- MELO, T.V. et al. Calidad del huevo de codornices utilizando harina de algas marinas y fosfato monoamónico. **Archivos de Zootecnia**, v.57, n.219, p.313-319, 2008.
- MELO, T.V.; MOURA, A.M.A. Utilização da farinha de algas calcáreas na alimentação animal. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.99-107, 2009.
- MENEZES, M. & BICUDO, C.E.M. **Algas – Diagnóstico preliminar da biodiversidade no Brasil**. In: Simpósio Metas da Convenção da Biodiversidade para 2010: construindo a Lista de Espécies do Brasil. Pp. 59-64, 2009.
- MICHALAK, I.; CHOJNACKA, K. Algae as production systems of bioactive compounds. **Engineering in Life Sciences**, v. 15, n. 2, p.160-176, 28 jan. 2015.
- MISURCOVÁ, L., 2012. **Chemical composition of seaweeds**. In: Kim, S.-K. (Ed.), Handbook of Marine Macroalgae: Biotechnology and Applied Phycology. John Wiley & Sons, p. 567.
- MOREIRA, B. S, VASCONCELOS D. F. S. A. Produtos marinhos como fonte promissora de fármacos: um foco para ação cardiovascular. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, Salvador, v. 13, n. 3 – especial, p. 363-369, set./dez. 2014.
- MURTY U.S., BANERJEE A.K. Seaweeds: **The wealth of oceans**. In: Kim S.-K., editor. Handbook of Marine Macroalgae. John Wiley & Sons, Ltd.; West Sussex, UK: 2012. pp. 36–44.
- OKAB, A. B. et al. Effects of dietary seaweed (*Ulva lactuca*) supplementation on the reproductive performance of buck and doe rabbits. **Journal Of Applied Animal Research**, v. 41, n. 3, p.347-355, set. 2013.

ØVERLAND, M.; MYDLAND, L. T.; SKREDE, A. Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, p.1-10, 30 jun. 2018.

PANTJAWIDJAJA, S. The effects of feeding diets containing sea-grass on the final body weight, carcass percentage, and abdominal fat of broilers. **Jurnal Ilmu Dan Teknologi Peternakan** v.1, n.3, p.56–59, 2011.

PEREIRA, L. **A review of the nutrient composition of selected edible seaweeds**. In: Seaweed; Pomin V. H., Ed.; Nova Science Publishers Inc: New York; pp. 15-47. 2012.

PRABHA, V., PRAKASH, D.J.; SUDHA, P.N. Analysis of Bioactive compounds and Antimicrobial activity of Marine algae *Kappaphycus alvarezii* using Three Solvent Extracts. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences and Research.**; v.4, n.1, p. 306-310, 2013.

PUSHPARAJ, A.; RAUBBIN, R.S.; BALASANKAR, T. An Antibacterial activity of the Green Seaweed *Caulerpha Sertularioides* using Five Different Solvents. **International Journal of ChemTech Research** v.6, n.1, p.01-05, 2014.

QADRI, S. S. N. et al. Production performance, immune response and carcass traits of broiler chickens fed diet incorporated with *Kappaphycus alvarezii*. **Journal Of Applied Phycology**, p.1-8, maio 2018.

RACANICCI, A.M.C.; DANIELSEN, B.; SKIBSTED, L.H. Mate (*Ilex paraguariensis*) as a source of water extractable antioxidant for use in chicken meat. **European Food Research Technology**, v.227, p.255-260, 2008.

RAMAN, M.; DOBLE, M.  $\kappa$ -Carrageenan from marine red algae, *Kappaphycus alvarezii* – A functional food to prevent colon carcinogenesis. **Journal Of Functional Foods**, v. 15, p.354-364, maio 2015.

REIS, R.P.; CALDEIRA, A.Q.; MIRANDA, A.P.S.; BARROS-BARRETO, M.B. Potencial para maricultura da carragenófito *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamour. (Gigartinales - Rhodophyta) na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.20, p.763-769, 2006.

SABOYA, J.P.S. et al. Efeito dos polissacarídeos sulfatados da rodofíceo *Kappaphycus alvarezii* em pós-larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidas a situações de estresse. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, [s.l.], v. 34, n. 3, p.215-221, 11 maio 2012.

SANTOS, W. A.; GOMES, E. T. Importância Econômica Dos Costões Rochosos. **Revista Saúde e Ambiente em Revista**, n.1, v. 2, p. 51-59. 2006.

SANTURIO, J. M.; SANTURIO, D. F.; POZZATTI, P.; MORAES, C. M.; FRANCHIN, P. R.; ALVES, S. H. Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de orégano, tomilho e canela frente asorovares de *Salmonella* entérica de origem avícola. **Ciência Rural**, v.37, n.3, p.803-808, 2007.

SEEDOR, J.G., QUARRACIO, H. H., THOMPSON, D.D. The biophosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral Research**, v.6, p. 339-346, 1991.

**SOUTH**, G. R.; **WHITTICK**, A. Introduction to Phycology. Ed.8, 341 pp. Blackwell. Scientific Publications, 1987.

SOUZA, Y.L.S. **Utilização da alga Lithothamnium calcareum para poedeiras de linhagens leves**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia. 59f., 2012.

SWEENEY, T. et al. Extracts of laminarin and laminarin/fucoidan from the marine macroalgal species *Laminaria digitata* improved growth rate and intestinal structure in young chicks, but does not influence *Campylobacter jejuni* colonisation. **Animal Feed Science And Technology**, v. 232, p.71-79, out. 2017.

TITLYANOV, E. A.; TITLYANOVA, T. V.. Seaweed cultivation: Methods and problems. **Russian Journal Of Marine Biology**, v. 36, n. 4, p.227-242, jul. 2010.

VASCONCELOS, B.M.F.; GONÇALVES, A.A. Macroalgas e seus usos – alternativas para as indústrias brasileiras. **Revista Verde** (Mossoró – RN - BRASIL), v. 8, n. 5, p. 125 - 140, (Edição Especial) dezembro, 2013.

VIDOTTI, E.C.; ROLLEMBERG, M.C.E. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p.139-145, fev. 2004.

VIEIRA, T. Q. **Uso de resíduo as Líquidos no cultivo de microalgas com potencial para produção de biocombustíveis**. Campina Grande, UEPB, 61 p. 2013.

WIJESINGHE, W.A.J.P.; JEON, Y. Biological activities and potential industrial applications of fucose rich sulfated polysaccharides and fucoidans isolated from brown seaweeds: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 88, n. 1, p.13-20, mar. 2012.

WILSON, J. B. et al. Rock pool algae: species composition determined by chance?. **Oecologia**, [s.l.], v. 91, n. 1, p.150-152, ago. 1992.

XIREN, G. K.; AMINAH, A. *Kappaphycus alvarezii* found in the waters of Langkawi and Sabah, Malaysia. **International Food Research Journal**, v.24, n.3, p.1255-1260, 2017.

ZANINI, S.F. et al. Composição da carcaça de frangos de corte submetidos a dieta com farinha de algas. **Scientia Revista do Centro Universitário Vila Velha** (ES), v.3): p.45, (janeiro/julho) 2002.

ZEMKE, W.; LINDSEY, W.; OHNO, M. World seaweed utilization: an end of century summery. **Jornal of Applied. Phycology**, v.11, p.369–376, 1999.

ZHANG, Q.; NING, L.; LIU, X.; ZHAO, Z.; LI, Z.; XU, Z. The structure of a sulfated galactan from *Porphyrahaitanensis* and its “in vivo” antioxidant activity. **Carbohydrate Research**, 339:105-111, 2004.