



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

MARIA EDILENE ALVES DE MELO

CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE FUNDO DE TANQUE DE
CARCINICULTURA DE ÁGUAS OLIGOHALINAS

FORTALEZA

2021

MARIA EDILENE ALVES DE MELO

CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE FUNDO DE TANQUE DE CARCINICULTURA
DE ÁGUAS OLIGOHALINAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como um dos requisitos à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Isabel Cristina da Silva Araújo.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M486c Melo, Maria Edilene Alves de.
Caracterização do resíduo de fundo de tanque de carcinicultura de águas oligohalinas / Maria Edilene Alves de Melo. – 2021.
44 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2021.
Orientação: Profa. Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo.

1. Resíduos de carcinicultura. 2. Aquicultura oligohalina. 3. Reúso de sedimentos. I. Título.

CDD 630

MARIA EDILENE ALVES DE MELO

CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE FUNDO DE TANQUE DE CARCINICULTURA
DE ÁGUAS OLIGOHALINAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como um dos requisitos à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovada em: 14/05/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Isabel Cristina da Silva Araújo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dr^ª. Francisca Edineide Lima Barbosa
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

Eng. Agrônoma Bruna Aires da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, Auriceli e Raimundo.

AGRADECIMENTOS

A esse Ser Majestoso que rege todo universo.

À Universidade Federal do Ceará e ao Centro de Ciências Agrárias, por propiciarem um ensino público de excelência durante a minha graduação.

À minha orientadora, Prof^{fa}. Dr^a. Isabel Cristina, pela orientação, paciência e colaborações para que fosse possível a realização desse trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Eng^a. Agrônoma Bruna Aires da Silva e Prof^{fa}. Dr^a. Francisca Edineide Lima Barbosa, pelas valiosas contribuições e sugestões.

Ao Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola (LCTA/UFC), Laboratório de Manejo do Solo (LMS/UFC) na pessoa da professora Mirian Costa e Deyse Maia, Departamento de Ciências do Solo, Departamento de Engenharia Agrícola (DENA/UFC) por contribuírem com a realização do trabalho e serem tão solícitos.

À empresa Camarão da Carol e seus colaboradores pela disponibilidade e acesso ao material do estudo.

À Bruna Aires e Nicole Carvalho pelo auxílio da coleta em campo, em especial à Bruna que foi minha parceira de lama (rsrs) e pela ajuda na coleta dos dados.

À minha família, especialmente minha mãe, por todo esforço, dedicação e apoio. Por ser uma fonte de inspiração e um exemplo de ser humano incrível na minha vida.

À minha namorada e parceira pelo carinho, apoio, paciência, por acreditar em mim e por sempre me incentivar a não desistir.

Aos amigos que fiz durante o processo e que foram essenciais durante a minha graduação. Em especial, Mariane Oliveira, Luiza Rayol, Laís Cavalcante, Vitória Ricarte, Marcos Lisboa e Ketully Neyane. Obrigada pelo carinho, amizade, puxões de orelha e momentos de descontrações.

E a todos os que contribuíram direta ou indiretamente com este trabalho ou que estiveram comigo durante a graduação.

“Se você quer chegar onde a maioria não chega,
faça o que a maioria não faz”.

Bill Gates

RESUMO

A carcinicultura em águas oligohalinas têm ganhado destaque no setor aquícola por alcançar maior produtividade em comparação ao cultivo de água salgada. Atrelado a isso estão as questões que trata da viabilidade da atividade no que diz respeito à responsabilidade ambiental, e envolvem descarte de efluentes e geração de resíduos. Em se tratando dos resíduos gerados no cultivo, alguns estudos apontam que o resíduo sedimentado no fundo do tanque do viveiro apresenta potencial para ser utilizado como adubo orgânico. Diante disso, o objetivo do trabalho foi caracterizar o resíduo de fundo de tanque de carcinicultura de águas oligohalinas a fim de compreender as condições geoquímicas frente às condições de oxirredução que podem contribuir com o processo de eutrofização e contaminação do ambiente. Os parâmetros físico-químicos como o fósforo reativo, nitrogênio amoniacal total (NAT), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) do efluente foram quantificados em laboratório, enquanto o potencial de oxirredução (Eh), pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), temperatura (T), sólidos totais dissolvidos (STD) e salinidade foram obtidos através de leitura em sonda multiparamétrica Hanna HI 9828. Quanto ao resíduo foram avaliados a granulometria, pH, CE, cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), carbono (C), nitrogênio (N), matéria orgânica (M.O), capacidade de trocas de cátions (CTC), P assimilável, saturação por bases (V%), porcentagem de sódio trocável (PST) e relação C/N. O efluente apresentou baixas concentrações de OD e Eh, indicando ambiente moderadamente reduzido. Os compostos nitrogenados (NAT, NO_2^- e NO_3^-) ficaram dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA. O fósforo reativo apresentou concentrações elevadas no efluente podendo favorecer o processo de eutrofização do meio. A quantificação de CTC, V%, Ca^{2+} , Mg^{2+} e P assimilável foram significativas no resíduo de fundo de tanque de carcinicultura, indicando características favoráveis ao reuso na produção agrícola. A relação textural do resíduo foi classificada como franco siltoso, indicando maior acúmulo de nutrientes no fundo do viveiro, principalmente do P assimilável.

Palavras-chave: Resíduos de carcinicultura. Aquicultura oligohalina. Reúso de sedimentos.

ABSTRACT

Shrimp farming in oligohalin waters has standing out in the aquaculture sector for achieving higher productivity compared to saltwater cultivation. Related to this are the issues that forward the viability of the activity with regard to environmental responsibility, and involve effluent disposal and waste generation. Regarding the residues generated in the process some studies indicate that the sedimented residue at the bottom of the pond has the potential to be used as organic fertilizer. Therefore, the objective of this work was to characterize the bottom residue of oligohalin water shrimp farming pond with purpose to understand the geochemical conditions in the face of oxyreduction conditions that can contribute to the process of eutrophication and contamination of the environment. The physical-chemical parameters such as reactive phosphorus, total ammoniacal nitrogen (NAT), nitrite (NO_2^-) and nitrate (NO_3^-) of the effluent were quantified in the laboratory, while the potential of oxyreduction (Eh), pH, dissolved oxygen (OD), electrical conductivity (CE), temperature (T), total dissolved solids (STD) and salinity were obtained by reading in a Hanna HI 9828 multiparametric probe. As for the residue, granulometry was evaluated, pH, CE, calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), sodium (Na^+), potassium (K^+), carbon (C), nitrogen (N), organic matter (M.O), cation exchange capacity (CTC), assimilable P, base saturation (V%), percentage of exchangeable sodium (PST) and C/N ratio, showed low concentrations of OD and Eh, indicating moderately reduced environment. Nitrogen compounds (NAT, NO_2^- and NO_3^-) were within the standards established by CONAMA. Reactive phosphorus presented high concentrations in the effluent and may favor the process of eutrophication of the medium. The quantification of CTC, V%, Ca^{2+} , Mg^{2+} and assimilated P were significant in the bottom residue of shrimp pond, indicating favorable characteristics for reuse in agricultural production. The textural relationship of the residue was classified as silt franc, indicating higher accumulation of nutrients at the bottom of the pond especially the assimilated P.

Keywords: Shrimp residues. Oligohaline aquaculture. Reuse of sediments.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|----------|---|----|
| Figura 1 | Localização geográficas e visualização aérea da fazenda comercial de carcinicultura no município de Jaguaruana, Ceará | 25 |
| Figura 2 | Coleta do resíduo de fundo em viveiro de carcinicultura (A) e acondicionamento do sedimento em sacos plásticos (B) | 26 |
| Figura 3 | Utilização da sonda multiparamétrica modelo Hanna HI 9828 para medição <i>in loco</i> de parâmetros físico-químicos do efluente | 27 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----------|--|----|
| Tabela 1 | Condições e padrões estabelecidos pela resolução CONAMA N° 430/ 11 referentes ao lançamento de efluentes | 23 |
| Tabela 2 | - Parâmetros físico-químicos do efluente de tanque de carcinicultura | 29 |
| Tabela 3 | Resultados da análise físico-química do resíduo de carcinicultura | 33 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|---|
| FAO | Food And Agriculture Organization Of The United Nations |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| ABCC | Associação Brasileira de Criadores de Camarão |
| pH | Potencial hidrogeniônico |
| mg/L | Miligrama por litro |
| g/kg | Grama por quilograma |
| °C | Graus Celsius |
| cm | Centímetro |
| ml | Mililitro |
| mV | Milivolt |
| μS/ cm | Micro-Siemens por centímetro |
| cmolc/kg | Centimol de carga por quilograma |
| mg/kg | Miligrama por quilograma |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 16 |
| 2.1 História da carcinicultura e sua importância | 16 |
| 2.2 Produção, processamento e características da carcinicultura | 18 |
| 2.3 Geoquímica do resíduo | 19 |
| 2.4 Impactos dos resíduos ao ambiente | 22 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 25 |
| 3.1 Área de estudo | 25 |
| 3.2 Coleta do resíduo | 25 |
| 3.3 Processos analíticos | 27 |
| <i>3.3.1 Análise do efluente</i> | 27 |
| <i>3.3.2 Análises do resíduo do fundo do tanque</i> | 28 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 29 |
| 4.1 Avaliação físico-química do efluente | 29 |
| 4.2 Sedimento do fundo do tanque | 32 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 38 |
| REFERÊNCIAS | 39 |

1 INTRODUÇÃO

O setor de aquicultura tem se desenvolvido bastante ao longo dos anos onde contribuiu com 46% na produção global de pesca em 2018, e 52% do pescado foram para consumo humano (FAO, 2020), tendo a carcinicultura como destaque neste setor. Este último tem ganhado notoriedade, pelo fato da criação pode ser tanto em água salgada, quanto em águas doces ou oligohalinas. O cultivo em águas oligohalinas tem aumentado seu nível de produção em comparação o de água salgada (VALENTI, 2002).

Esse avanço da produção em águas oligohalinas deve-se, principalmente, à demanda do mercado consumidor e boa adaptação do camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) a condições de baixa salinidade que está relacionada a capacidade de osmoregulação da espécie. Além desse fato, a produtividade tem alcançado resultados superiores e, especula-se ainda, que há menor risco de disseminação de doenças se comparado ao cultivo em águas costeiras (NUNES, 2001a; OLIVEIRA e NETO, 2019). No Ceará, a migração da atividade para regiões interioranas foi também motivada pelo surto da mionecrose infecciosa, concentrando a produção na região do Baixo e Médio Jaguaribe (FIGUEIREDO et al., 2004; ABCC, 2017).

Assim como a carcinicultura vem se expandindo e tem alcançado estatísticas favoráveis ao desenvolvimento socioeconômico de forma geral, a prática traz consigo uma série de impasses que abrem discussões sobre a viabilidade de sua atividade, principalmente no que diz respeito à responsabilidade ambiental.

Embora existam vários problemas associados à atividade, a descarga de efluentes em cursos hídricos adjacentes às áreas de cultivo é o que causa maior dano ambiental e socioeconômico. De acordo com a Resolução nº 2 de 2 de fevereiro de 2017 do Conselho Estadual do Meio Ambiente- COEMA, é proibido o despejo direto de qualquer fonte poluidora nos corpos lânticos, exceto quando obedeça aos padrões, exigências e condições estabelecidos pela legislação vigente.

O agravante do efluente e os resíduos da carcinicultura se devem, principalmente, à utilização de insumos essenciais para o aumento da produção de camarão. Os resíduos desses insumos juntamente com os excrementos dos animais ficam depositados no fundo do tanque, quando ocorre a troca de água e despesca, parte desses resíduos são lançados no ambiente contribuindo com a eutrofização e contaminação (RIBEIRO et al., 2014).

O resíduo sedimentado no fundo do viveiro é rico em matéria orgânica e nutrientes (FIGUEIREDO et al., 2006), principalmente nitrogênio e fósforo. Segundo Araújo e Costa (2013), o resíduo apresenta potencial na utilização agrícola favorecendo o desenvolvimento de

plantas e melhoria de fertilidade do solo em processo de degradação. Todavia, sua utilização deve ser feita de forma cautelosa já que possui alto teor de sódio. Para Oliveira (2017), esse seria o fator crucial que compromete o uso do material como adubo orgânico, levando em consideração os efeitos diversos da concentração de sódio no solo, no entanto, esse risco pode ser minimizado na carcinicultura de águas oligohalinas.

Um ponto que deve ser considerado na manutenção da matéria orgânica, assim como outros processos biológicos que garantem a sobrevivência dos animais aquícolas, é questão da aeração do fundo do viveiro. Tanto a mineralização da matéria orgânica, quanto a aeração do fundo do viveiro pode ser promovida pelo processo de secagem que deve ser feito entre diferentes ciclos de cultivo. Esse manejo também pode ser combinado com a aração ou revolvimentos das camadas do fundo do tanque com o intuito de intensificar e acelerar a decomposição da carga orgânica acumulada (QUEIROZ, 2012).

Diante disso, o objetivo do trabalho é compreender as características desse resíduo, bem como sua geoquímica, frente as condições de oxirredução que podem contribuir no processo de eutrofização e contaminação para o ambiente, de forma a verificar seu potencial a reutilização agrícola

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História da carcinicultura e sua importância

O cultivo de camarões marinhos teve origem na Indonésia, no século 15 A.D (ano do senhor), mas somente na década de 30 do século XX a atividade se tornou viável com a produção de pós-larva em grande escala no Japão. Nos anos 70, as técnicas de cultivo foram difundidas a outros países, principalmente em regiões tropicais e subtropicais (NUNES, 2001b). Nesse mesmo período, o Governo Estadual criou o “Projeto Camarão” com o intuito de iniciar a criação no estado do Rio Grande do Norte, onde se mantém como o principal produtor do crustáceo (ABCC, 2011).

De início, o Brasil introduziu a espécie exótica camarão-japonês (*Marsupenaeus japonicus*) onde foi cultivado em sistema extensivo, as primeiras fazendas operavam em áreas de salinas desativadas. O fator determinante à escolha da espécie foi o conhecimento prévio de técnicas de cultivo que já se tinham acerca da produção. Logo nos primeiros anos foram realizados estudos, investimentos e criadas tecnologias que se adequassem à realidade brasileira. Todavia, essas fazendas foram fechadas devido a inadaptabilidade do camarão ao ambiente, aos fatores de ordem técnica e financeira. Com isso, após a tentativa de explorar a domesticação de espécies nativas e verificar que financeiramente não seria compensatório, introduziu-se, em 1990, a espécie exótica *L. vannamei* que apresentou alta adaptabilidade às condições climáticas brasileira e, posteriormente, alta produtividade e retorno econômico aos produtores (ABCC, 2011; NARTORI et al, 2011; NUNES, 2001b).

A carcinicultura é a atividade que vem ganhando cada vez mais proporção em termos econômicos em relação às atividades aquícolas. Em escala mundial, a produção de camarão alcançou, em 2019, cerca de 4,5 milhões de toneladas. Desse total, a China produziu cerca de 33%, seguido de Vietnã com 15,5% e Indonésia com 13% de contribuição ao valor total (FAO, 2018). No Brasil, em 2018, a produção foi de 45,8 mil toneladas de camarão, sendo o Nordeste responsável por 99,4% do produto total. O representante majoritário do Nordeste é o Rio Grande do Norte (43, 2% da produção nacional), seguido do Ceará (28,5%) que é bem representado pela cidade de Aracati (IBGE, 2018).

Os camarões marinhos dominam a produção de crustáceos e, apesar do crescente cultivo em águas interiores, são uma importante fonte de receita para países na Ásia e na América Latina. Esse commodity representa o segundo principal grupo de espécie exportadas no mundo em termo de valores; o primeiro constitui o grupo dos peixes como a carpa (*Cyprinus*

carpio), tilápia (*Oreochromis spp.*), salmão (*Salmo salar*), entre outros. Em 2016, a produção total de crustáceos no mundo deteve um valor de venda de US \$ 57,1 bilhões, onde 69% correspondia a cultivo de camarão (FAO, 2018).

Além da contribuição comercial, esse valor está atrelado também a geração de empregos e redução da pobreza nos países pouco desenvolvidos nas diversas etapas de criação, isto está relacionado a falta de exigência de qualificação da mão de obra. A maioria dos produtores de países ou regiões pouco desenvolvidas tem a carcinicultura como principal fonte de renda, onde parte deles contam com estruturas de baixo nível tecnológico, pouca assistência técnica, recursos financeiros escassos, mínimas medidas de biossegurança adotadas e, em alguns casos, manejos inadequados e/ou deficientes (CARVALHO, 2019; AQUINO et al, 2018). No Brasil, segundo Rocha (2018), a base produtiva de camarão é formada por micro e pequenos produtores, onde a geração de empregos diretos e indiretos desses empreendimentos correspondia cerca de 3,75/hectare entre os anos de 2003 e 2004.

Costa e Sampaio (2004), fazendo comparativo de índice de empregos gerados, constataram que a cadeia produtiva de camarão superou, em poucos anos, o setor produtivo de fruticultura irrigado na região Nordeste. Além disso, o cultivo de camarão promoveu maior estabilidade de renda aos trabalhadores.

Para Tahim et al (2019), além de apresentar importância social e econômica, o desenvolvimento da carcinicultura gerou tecnologias e inovações que consideram a sustentabilidade da produção no ambiente. No mesmo sentido, através da parceria firmada entre pesquisadores e associação de produtores na busca de consolidar e modernizar a atividade, abriu-se espaço para a implementação de inovações de produto e gestão como o uso de bioflocos (BFT), certificação orgânica e ambiental e, até mesmo, o cultivo de camarão orgânico.

A utilização dessas tecnologias tem se expandido nas atividades aquícolas e gerado benefícios diversos no setor. A exemplo disso, com a utilização de BFT e reúso da água, o sistema superintensivo pode se tornar mais seguro, produtivo e sustentável que o semi-intensivo (MATIAS et al, 2020), mesmo que a intensificação do sistema produtivo seja um agravante ao acometimento de enfermidades (ANDRADE, 2002; NARTORI et al, 2011).

Atrelado a isso está o avanço da carcinicultura em águas interiores que tem apresentado resultados e benefícios significativos ao setor. A expansão da atividade em água oligohalinas é influenciada pela tolerância que algumas espécies de camarões têm às condições, de tal modo que, vem apresentando resultados superiores aos alcançados em águas estuarinas (OLIVEIRA e NETO, 2019). Em concordância a isso, dados da FAO (2020), mostram que a

aquicultura de água doce produziu 20,5 milhões de toneladas de animais aquáticos a mais que a produção coletiva de maricultura e aquicultura costeira, sendo o principal produto os crustáceos como camarões, lagostins e caranguejos. Além da produtividade, supõe-se que a carcinicultura em água oligohalinas apresenta menor risco de disseminação de doenças (NUNES, 2001a).

2.2 Produção, processamento e características da carcinicultura

A produção de camarão é composta por três segmentos importantes, onde são eles: laboratórios de larvicultura, produção das pós-larvas; fazenda de cultivo, conhecido como engorda; e processamento, que inclui parte de beneficiamento com fim de garantir qualidade do produto ao cliente (NARTORI et al, 2011).

O sistema de criação mais utilizado é o semi-intensivo que é caracterizado por utilizar densidade de povoamento de 20 a 50 camarões/m² sendo importante a renovação de água de pelo menos 20% ao dia (CORREIA; MELO; LIMA, 2015). Esse sistema é indicado para produtores que estão iniciando a atividade, ou mesmo, caso já se utilize do sistema extensivo (5 a 10 camarões/m²), para aprimorar técnicas de produção a fim de alcançar maiores rentabilidades (TSUJI, 2002; SENAR, 2017). Além desses, têm-se o intensivo (60 a 100 camarões/m²) e superintensivo (superior a 100 camarões/m²).

A avaliação de parâmetros físicos, químicos e biológicos no sistema é determinante para a sobrevivência, reprodução, crescimento e manejo da espécie a ser cultivada, sobretudo no que diz respeito à qualidade da água (CAVALHEIRO et al, 2016) e do solo. A influência desses fatores no cultivo determina a qualidade e potencial de produtividade do viveiro, de tal modo que, associado ao manejo empregado e condições ambientais, apontam o equilíbrio do ecossistema (MARTINS, 2003).

O monitoramento de parâmetros físico-químicos como pH, temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, nitrito, nitrato e amônia deve ser realizado constantemente no viveiro e, caso necessário, deverão ser corrigidos imediatamente para que se mantenha a sanidade do cultivo (ABCC, 2012). O excesso ou deficiência de algum desses parâmetros retardam e prejudicam os processos fisiológicos dos animais, fazendo com que fiquem susceptíveis a enfermidades. A amônia, por exemplo, apresenta toxicidade aos tecidos e, em excesso no meio, o camarão não consegue excretá-la do seu organismo e acumula no seu corpo. Com isso, o camarão diminui o seu consumo alimentar e, conseqüentemente, tem seu crescimento comprometido (ARIAS, 2011).

O pH, por sua vez, afeta diversos processos fisiológicos, tal como, influencia nos parâmetros químicos do meio aquático, sobretudo nas transformações de nitrogênio. A elevação do pH, em conjunto com outros fatores, propicia o aumento de NH_3 no ambiente (BORGES, 2018), bem como, em valores elevados (a partir de $\text{pH} \pm 8,5$) do pH pode ocorrer a volatilização da amônia gasosa do sistema (SILVA, 2009). Ademais, à medida que isso ocorre as comunidades bacterianas decompositoras no sedimento também se elevam, propiciando uma maior decomposição da matéria orgânica (SÁ, 2012) e outros compostos no viveiro.

O controle desses parâmetros pode influenciar os processos microbianos no sistema positiva ou negativamente. Da mesma forma, a ação dos micro-organismos pode interferir nos parâmetros físico-químicos, fazendo-se necessário a atenção do produtor em avaliar a atividade microbiológica do meio (MORIATY, 1997; MARTINS, 2003). Estudos realizados por Andrade (2002) e Tsuji (2002) constataram que a quantidade de bactérias no solo do viveiro e em amostras de camarão em sistema superintensivo apresentavam contagens bacterianas significativas, associando esses resultados à intensificação do cultivo e inadequação de parâmetros físico-químicos.

Se tratando de efeitos positivos, os micro-organismos desempenham papéis importantes na produção, principalmente no que está relacionado à manutenção do ambiente como a ciclagem de nutrientes, nutrição dos animais cultivados, controle de doenças, eliminação de substâncias tóxicas, entre outros (MORIATY, 1997). Em contrapartida, o desequilíbrio do ecossistema no viveiro torna viável a disseminação de micro-organismos patogênicos (MARTINS, 2003) como vírus e bactérias oportunistas.

Com a finalidade de avaliar a biota existente no sistema fechado de criação, Silva (20016) identificou 25 gêneros de bactérias em biofiltro de sistema de recirculação de água. Esse biofiltro é utilizado para remoção de amônia, nitrato e outros poluente que prejudicam o crescimento e a produção do camarão. Em estudos com águas residuárias, foi constatado a presença de agentes patogênicos como *Escherichia coli* e *Pseudomonas spp.*, esta última pode estar associada ao aporte de esgoto no sistema de criação (FARIAS, 2016; MELO, 2010).

2.3 Geoquímica do resíduo

Conhecer a composição e como o sedimento do fundo de tanque se comporta nas diversas condições impostas pelo manejo é de extrema importância, pois pode auxiliar o produtor a manter o equilíbrio do cultivo, bem como, melhorar a sua produção (ANDRADE, 2002). Nesse sentido, será discutido alguns parâmetros importantes no entendimento das

interações químicas que diz respeito ao sedimento de fundo de tanque de carcinicultura, tal como o efeito que tais compostos apresentam no ambiente.

O nitrogênio é considerado um elemento indispensável aos organismos vivos, sendo encontrado abundantemente na atmosfera em forma de gás (N^2). Em viveiro de carcinicultura, a presença do elemento se dá pela adição de insumos (excedente de ração e fertilizantes nitrogenados), transformação microbiana e fezes dos animais (SÁ, 2012). De modo geral, dependendo da atividade microbiana, disponibilidade de oxigênio e pH, o nitrogênio se apresenta em meio aquático na sua forma orgânica e inorgânica como nitrito, nitrato e amônia (PIEDRAS et al., 2006).

A amônia e o nitrito, quando em altas concentrações, se destacam por causar danos fisiológicos e até a mortalidade em organismos aquáticos (PIEDRAS et al., 2006). A amônia pode estar presente na água na forma de íon NH_4^+ (amônio) ou na forma de gás NH_3 (amônia), que é mais tóxica. A elevação do pH da água favorece o aumento de NH_3 na água que causa efeitos da toxicidade comprometendo o crescimento, o sistema nervoso e a sobrevivência dos animais (KUBITZA, 2017a). Isso ocorre quando a amônia é difundida para coluna d'água em condições de ambiente reduzido, especialmente quando as concentrações de oxigênio dissolvido (OD), na camada hipolimínio, no fundo do tanque apresentam níveis menores que 2 mg/L. Um meio de minimizar esse tipo de problema é realizar a oxigenação da água que libera a amônia para atmosfera, bem como, induz o processo de nitrificação que é a transformação da amônia em nitrato (SÁ, 2012).

No processo de nitrificação, o nitrito é o primeiro composto formado da oxidação da amônia por bactérias do gênero *Nitrosomonas*, e está diretamente relacionado as concentrações de OD. Quando as concentrações de OD é baixa, os níveis de nitrito apresentam-se elevados. Do contrário, o nitrito não é mantido no meio e é transformado em nitrato por bactérias do gênero *Nitrobacter* (QUEIROZ e BOEIRA, 2007; SÁ, 2012). Porém, se durante a oxidação da amônia a nitrito o oxigênio do meio ficar escasso dificultando a formação de nitrato (CARDOSO e ANDREOTE, 2016), pode ocorrer o acúmulo de nitrito que é tóxico.

Acerca disso, a presença do íon NO_2^- está relacionado ao pH da água, de modo que em condições decrescentes (abaixo de 5,5) há o predomínio da forma menos tóxica que é o ácido nitroso (HNO_2). Portanto, em pH acima do estimado anteriormente, precisamente entre 6 a 10, o nitrito prevalece na sua forma ionizada (KUBITZA, 2017a). Para Melo et al. (2016), o efeito tóxico do nitrito compromete o crescimento, a produção e a sobrevivência dos animais levando em consideração o tempo de exposição e concentrações no viveiro.

O nitrato, por sua vez, é a principal forma de nitrogênio encontrado no meio aquático e apresenta baixo nível de toxicidade em comparação a amônia e o nitrito, ainda assim, em altas concentrações pode causar danos letais aos animais. Isso pode ser observado nos estudos de Campos et al. (2015) que, ao avaliar a toxicidade de compostos nitrogenados em camarão-rosa (*Farfantepenaeus brasiliensi*), constatou que o crescimento e sobrevivência dos camarões foram afetados em concentrações de 45,6 mg/L e 91,20 mg/L, consideradas seguras à espécie. Para Kubitzka (2017a), concentrações acima de 100 mg/L são prejudiciais ao desempenho dos camarões.

Além do nitrogênio, outro elemento importante para a vida aquática é o fósforo que compõe os ácidos nucleicos e está associado a processos de produção de energia (CARDOSO e ANDREOTE, 2016), sendo essencial para a vida. Assim como o nitrogênio, o fósforo pode estar presente no viveiro na sua forma orgânica e inorgânica, tanto na água quanto no sedimento. De forma geral, as principais formas de fósforo que estão dispostas no viveiro são: fósforo total, fósforo particulado e fósforo dissolvido (ortofosfato) (AQUINO, 2014).

O fósforo total compreende a somatória de todas as formas de fósforo existentes na amostra. O fósforo particulado e o fósforo dissolvido podem estar presentes no meio na forma orgânica ou inorgânica. O fósforo orgânico particulado é encontrado nos seres vivos ou em detritos orgânicos (fezes, plâncton morto). O fósforo inorgânico particulado é aquele constituído por qualquer material mineral que contenha fósforo, ou seja, compreende ao fosfato adsorvido aos materiais particulados no viveiro como a argila (PAULA FILHO; MOURA; MARINS, 2012; SÁ, 2012).

Com relação ao fósforo dissolvido, a forma inorgânica (ortofosfato) é o que apresenta maior importância pois é a forma preferencialmente assimilada pelos organismos autotróficos aquáticos como fitoplâncton e bactérias (AQUINO, 2014). Na água, o ortofosfato se apresenta em diferentes formas iônicas como o ácido fosfórico (HPO_4^{2-}), fosfato (PO_4^{3-}) e ácido fosfórico triprótico (H_3PO_4), onde suas proporções dependem da faixa de pH da água (PAULA FILHO; MOURA; MARINS, 2012).

No que se refere aos efeitos no cultivo, o fósforo e seus compostos não exprimem toxicidade aos animais, porém, em conjunto com o nitrogênio está relacionado ao processo de eutrofização que afeta a qualidade da água e prejudica o ecossistema local. Para além disso, em altas concentrações pode gerar um ambiente propício ao florescimento de cianobactérias que provocam o bloqueio das brânquias dos camarões e influenciam no sabor da carne do animal, tal como a produção de toxinas. Neste caso, como o fósforo não possui nenhuma rota de fuga,

a sua retirada do sistema é realizada através de métodos físicos, químicos ou biológicos (SILVA, 2009; GUIDOLINI et al., 2010).

O equilíbrio das concentrações de fósforo depende da taxa de sorção/ dessorção que reflete a retenção ou liberação do elemento no meio. As principais variáveis que atuam nesse processo são o potencial redox, pH, matéria orgânica, granulometria e concentração de metais como ferro, alumínio e manganês (PAULA FILHO; MOURA; MARINS, 2012). A sorção de fosfato dos sedimentos por íons (ferro, cálcio e alumínio) se dá em função das variações de pH pois é este parâmetro que determina a disponibilidade dos cátions presentes no solo. Em pH ácido, há a predominância de ligação de fósforo com os íons de ferro e alumínio; enquanto em pH mais alcalino, ocorre a ligação do fósforo ao cálcio (PINTO, 2012; CARDOSO e ANDREOTE, 2016). Para Alongi (1997), os principais responsáveis pelo processo de sorção/ dessorção são o potencial redox e o pH.

2.4 Impactos dos resíduos ao ambiente

A carcinicultura, como qualquer outra atividade produtiva, provoca alterações e impactos significativos no ambiente, afetando também a população local. Os principais impactos ambientais estão associados a instalação de fazendas em áreas de preservação permanente como os manguezais, ao alto consumo de água doce que gera conflitos entre os diversos consumidores, ao lançamento de poluentes em cursos hídricos e a utilização de insumos de forma inadequada e de má qualidade (FIGUEIREDO et al., 2004, 2006; LACERDA et al, 2021).

Insumos como a ração, antibióticos, fertilizantes e outros produtos que são considerados essenciais à atividade são responsáveis por grande parte dos impactos gerados ao ambiente (QUEIROZ, 2012). Esses insumos, mesmo se fornecidos em quantidades e de forma correta, geram resíduos que ficam acumulados no fundo do tanque que, ao longo do tempo, prejudica a qualidade da água e do solo (CHAGAS, 2007). Segundo Figueiredo et al (2006), os restos de ração e excretas de camarão intensificam a carga orgânica no viveiro comprometendo a qualidade da água e, conseqüentemente, aumentando a demanda bioquímica de oxigênio. Arelado a isso, o uso contínuo de fertilizantes inorgânicos acentua o acúmulo de sais no fundo do viveiro, bem como, contribui com o aumento da quantidade de fósforo e nitrogênio na água.

O lançamento dessa carga orgânica em forma de efluente no ambiente, principalmente em corpos d'água, é uma prática preocupante. A descarga desse material, além da eutrofização, pode resultar em uma bioacumulação que potencializa a mortalidade de

organismos presente no meio (NOGUEIRA et al, 2014). Além de tudo, esse fato também se torna um problema de saúde pública, visto que, as pessoas fazem uso da água dos corpos hídricos receptores onde tem predominância de cianobactérias que produzem toxinas prejudiciais à saúde (POURIA et al., 1998).

As condições de lançamento de efluentes estão dispostas em resoluções do CONAMA N° 430 de 13 de maio de 2011, bem como, enfatiza-se o tratamento da carga poluidora de acordo com as exigências e parâmetros estabelecidos. Sendo permitido o lançamento direto nos corpos hídricos somente quando os parâmetros estiverem condizentes com a resolução. Na tabela 1, estão dispostas algumas condições que devem atendidas para lançamento de efluentes.

Tabela 1- Condições e padrões estabelecidos pela resolução CONAMA N° 430/ 11 referentes ao lançamento de efluentes.

| Parâmetro | Exigido |
|---|---|
| pH | Entre 5 a 9 |
| Temperatura | < 40°C |
| Materiais sedimentáveis | ≤ 1 mL/L em teste de 1h em cone Inmhoff ou nula para lançamento em lagos e lagoas |
| Vazão máxima | ≤ 1,5 vezes a média do período de atividade diária, exceto em casos permitidos pela autoridade competente |
| Óleos e graxas | Óleo mineral: ≤ 20 mg/L; óleos vegetais e gorduras animais: ≤ 50 mg/L |
| Materiais flutuantes | Ausentes |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (5 dias a 20°C) | Mínima de 60% |

Fonte: CONAMA, 2011.

Outro fator que merece atenção é presença ou acúmulo de metais pesados e retidos no sedimento (MARCHAND et al, 2011). Esses metais só apresentam ação nociva quando absorvidos pelos animais e vegetais que encontra o metal disponibilizado na coluna d'água e

não mais no sedimento (SÁ, 2012), podendo variar de acordo com as variações do oxigênio dissolvido da água intersticial e ao pH do solo. Para Souza (2015), além do manejo e aplicação de insumos, o acúmulo de matéria orgânica e teores de frações finas do sedimento propicia a retenção de metais e elementos maiores no fundo de tanque de carcinicultura. Sendo o sedimento, o material de grande importância na avaliação de contaminantes e outros elementos devido à sua capacidade de acumulação.

Nessa perspectiva, o sedimento favorece o acúmulo de nutrientes com potencial para reuso na agricultura, podendo ser uma alternativa aos fertilizantes tradicionais no cultivo de algumas culturas. No girassol, por exemplo, o resíduo proporcionou melhoria no crescimento mesmo em condições de estresse hídrico, ocasionando maior produção de matéria seca total. Além disto, os custos de produção foram reduzidos com o reaproveitamento, sendo também uma destinação sustentável e segura do material (BRAGA et al., 2017).

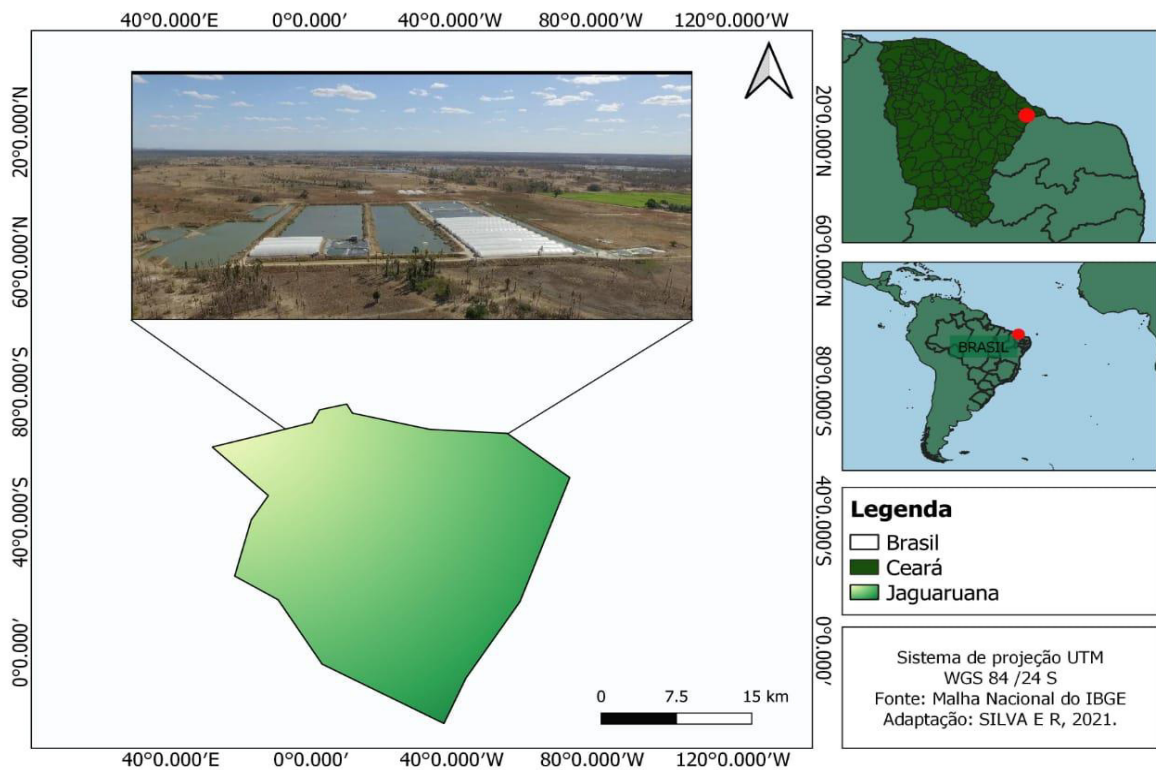
O efluente possui potencial semelhante ao sedimento no que diz respeito a melhoria da produção agrícola. De acordo Miranda et al (2008), o uso de efluente da carcinicultura de águas interiores proporcionou um aumento significativo na produção de grãos de arroz devido à presença nutrientes no efluente. Contudo, os autores enfatizam que o reuso deve ser acompanhado de drenagem e monitoramento constante a fim de evitar problemas de salinização.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O resíduo foi coletado em uma fazenda comercial (figura 1) localizado no município de Jaguaruana, na localidade de Quixabinha que fica a cerca de 190 km de Fortaleza. O sistema de cultivo adotado na fazenda é o tradicional, ou seja, semi-intensivo com densidade de 20 camarões/m² (SENAR,2017). Sendo importante frisar que é realizado a aplicação de probióticos no cultivo para o manejo da carga orgânica do fundo do tanque.

Figura 1- Localização geográfica e visualização aérea da fazenda comercial de carcinicultura no município de Jaguaruana, Ceará.



Fonte: Erika Roanna.

A captação de água para o cultivo é derivada de poço artesiano que, ao final do ciclo produtivo, é destinada para a bacia de decantação e posteriormente reutilizada na produção.

3.2 Coleta do resíduo

Amostras do resíduo foram coletadas de um viveiro com dimensões de 1000 m² (20

x 50 m) onde se encontrava no final do primeiro ciclo produtivo seguindo metodologia descrita por Queiroz et al (2004). A coleta do material se deu por caminhamento livre onde foram recolhidos, de forma aleatória, sedimentos na superfície do viveiro (profundidade de 0-10 cm). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos (figura 2), mantidos em baixas temperaturas (4°C), transportadas e armazenadas sob refrigeração até a realização das análises. A coleta ocorreu em período fora da quadra chuvosa e 10 dias após a despesca.

Figura 2- Coleta do resíduo de fundo em viveiro de carcinicultura (A) e acondicionamento do sedimento em sacos plásticos (B).



Fonte: autor.

Além disso, foram coletadas triplicatas de efluentes do viveiro para dar ênfase nos resultados do resíduo e verificar a sua influência. As amostras foram coletadas em frasco de vidro de 160 ml para avaliação de fósforo (P), nitrogênio amoniacal total (NAT), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Essas amostras foram mantidas sob refrigeração até que se procedesse as análises que foram realizadas no Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola (LCTA), unidade de pesquisa do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará (UFC). O potencial de oxirredução (Eh), pH, OD, condutividade elétrica (CE), temperatura (T), sólidos totais dissolvidos (STD) e salinidade do efluente foram medidos na comporta com auxílio de uma sonda multiparamétrica modelo Hanna HI 9828 (figura 3).

3.3 Processos analíticos

3.3.1 Análise do efluente

Previamente às análises, a amostra de efluente foi filtrada em papel-filtro qualitativo para remoção da turbidez. As análises foram feitas em duplicatas e seguiu metodologia proposta por Sá (2015).

Figura 3- Utilização da sonda multiparamétrica modelo Hanna HI 9828 para medição *in loco* de parâmetros físico-químicos do efluente



Fonte: Bruna Aires.

O P foi obtido pela reação com molibdato de amônio tendo como resultante a formação do azul de molibdênio. Para isso foram adicionados 25 ml de efluente em Erlenmeyer de 250 ml juntamente com 1 ml de solução ácida de molibdato de amônio e 5 gotas de solução de cloreto de estanho sendo realizado a mistura do extrato. Aguardado 10 minutos, realizou-se a leitura da transmitância óptica com fotocolorímetro a 690 nm.

O NAT foi determinado pelo método do fenato, conhecido por ser uma alternativa ao método de Nessler que se utiliza da destilação para a obtenção dos resultados. Nisso, foram transferidos para Erlenmeyer 50 ml da amostra de efluente adicionando-se 2 ml de fenato, 2 ml nitroprussionato de sódio e 5 ml de solução oxidante. As amostras foram misturadas, vedadas

em plástico filme e deixadas em repouso por cerca de 1 hora para o desenvolvimento da cor azul que representa a reação da amônia na amostra. A leitura de NAT foi realizada em fotocolorímetro a 640 nm.

A avaliação de NO_3^- foi realizada pelo método de redução de cádmio, enquanto o NO_2^- foi determinado pela reação de diazotação.

3.3.2 Análises do resíduo do fundo do tanque

Antes de iniciar as análises do resíduo, a amostra foi colocada em estufa para secagem por cerca de 48 h. Depois disso, foi destorroadada e passada em peneira de 2 mm, colocada em saco plástico e dividida para análise físico-química. As análises físico-química de granulometria, densidade, pH, CE, cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), carbono (C), nitrogênio (N), matéria orgânica (M.O), P assimilável, saturação por bases (V%), percentagem de sódio trocável (PST), relação C/N e Capacidade de Troca de Cátions (CTC) foram realizadas pela FUNCEME de acordo com a metodologia descrita por Donagema et al (2011).

O NT foi determinado pelo método de Kjeldahl e se baseia na digestão e destilação (RAIJ et al., 2001).

As taxas de ocupação dos íons de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ na CTC foram calculadas de acordo com Prezotti e Guarçoni (2013) através da fórmula:

$$\text{Proporção do elemento na T} = \text{Teor do elemento (cmolc /dm}^3) / \text{T (cmolc /dm}^3) \quad (1).$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação físico-química do efluente

Os resultados analíticos e referente a leitura em sonda estão dispostos na tabela 2, os parâmetros foram comparados aos dados de qualidade da água estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA e padrões estabelecidos pela ABCC (2012). De acordo com a Resolução do CONAMA, a água avaliada nessa pesquisa se enquadra na classe 2, onde pode ser destinada à aquicultura.

Tabela 2- Parâmetros físico-químicos do efluente de tanque de carcinicultura

| Parâmetros | Leitura | CONAMA | ABCC |
|-------------------------------------|---------|-----------|-----------|
| pH | 7,31 | 6,0 – 9,0 | 7,0 - 9,0 |
| Eh (mV) | -28,20 | - | - |
| OD (mg/L) | 1,41 | ≥ 5,0 | ≥ 5,0 |
| CE (µS/ cm) | 1027,0 | - | - |
| T (°C) | 26,37 | - | 26 - 32 |
| STD (mg/L) | 513,0 | 500,0 | - |
| Salinidade (%) | 0,50 | - | 15 - 25 |
| Fósforo reativo (mg/L) | 0,158 | - | - |
| NAT (mg/L) | 0,038 | 3,7 | < 0,12 |
| NO ₂ ⁻ (mg/L) | 0,298 | 1,0 | < 0,1 |
| NO ₃ ⁻ (mg/L) | < L.D* | 10,0 | 2 – 10,0 |

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC).

*Limite de detecção entre 0,01 e 1,0 mg/L; Eh: potencial redox; OD: oxigênio dissolvido; CE: condutividade elétrica; T: temperatura; NAT: nitrogênio amoniacal total; NO₂⁻: nitrito; NO₃⁻: nitrato.

Os parâmetros de pH e temperatura do efluente se encontram em conformidade com os exigidos pela legislação vigente. A salinidade, mesmo que fora do ideal (15 a 25%), está dentro dos limites aceitáveis (0,5 a 60%) pela ABCC (2012). Os demais parâmetros não foram condizentes com a legislação.

O potencial de oxirredução apresentou valor de -28,20 mV indicando ambiente moderadamente reduzido (TIAN-YEN, 1985). O resultado coincide com a variação de potencial redox obtido por Lehmann (2005) que, estudando o potencial redox em viveiro de água salgada e doce por cerca de 50 dias, constatou médias de até -230,11 mV e -210,3 mV,

respectivamente. De acordo com o autor, mesmo com resultados negativos, o viveiro de água doce não teve a produção comprometida por indicar estabilização no estado de degradação da matéria orgânica, ao contrário do viveiro de água salgada que tinha tendência a se tornar mais reduzido.

Reações redox em solo do fundo de tanque têm sido estudadas por diferentes autores (MARCHAND et al., 2011), inclusive Burford e Longmore (2001) observaram que 50-80 % da degradação do carbono na carcinicultura é anaeróbica e associada à sulfato redução. Todavia esse sulfato redução pode ser minimizada em condições de aeração dos tanques e a ausência do sulfato, corroborado pela presença do nitrato.

Segundo Avnimelech e Ritvo (2003), tanques instalados e estabelecidas às condições anaeróbicas, a presença e a atividade dos microrganismos são alteradas, pois em substituição ao oxigênio os microrganismos passam a utilizar outras formas oxidantes, de acordo a sequência: nitrato (NO_3^-) → Oxi-hidróxidos de manganês → Oxi-hidróxidos de ferro → sulfato → dióxido de carbono.

Segundo Rotta e Queiroz (2003), a redução do potencial de oxirredução é consequência direta de aporte de matéria orgânica e da redução de OD no ambiente, como é observado na tabela 2. Ainda segundo os autores, a resultante disso é a diminuição do processo de mineralização da matéria orgânica, comprometimento na liberação de nutrientes do sedimento de fundo, instabilidade na quantidade de fitoplâncton, além de causar estresse e aumento da mortalidade dos animais.

Com citado acima, o potencial redox tem influência direta com a taxa de OD no meio, neste estudo a concentração de OD foi de 1,41 mg/ L sendo muito inferior aos estabelecidos pela legislação que exige valores maiores ou iguais a 5 mg/L. Algumas espécies de peixes toleram baixas concentrações de OD por determinado período de tempo, é o exemplo da tilápia que pode suportar valores bem próximos de zero (KUBITZA, 2017b). Para Sá (2012), concentrações menores que 1,5 mg/L pode ser tolerado por curtos períodos gerando situação de estresse respiratório ao animal deixando-o susceptível a doenças; a exposição prolongada pode ser letal. Vale salientar que o valor apresentado in situ pode ser decorrente do processo final do ciclo produtivo.

Assim como o OD, a CE apresenta seu papel na gestão de qualidade da água. Para tanto, a sua quantificação indica a capacidade da água conduzir eletricidade, pois ela determina a concentração de íons existentes na água, do mesmo modo que através de seus valores pode-se observar a pureza da água pelo fato de estar diretamente relacionada aos sólidos totais

dissolvidos (STD) (MINELLO, 2010). A CE e STD obtidos neste estudo foram de 1027,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 513 mg/L, respectivamente. De acordo com Mendes e Oliveira (2004, apud NETO et al., 2016), em condições em que a condutividade é maior que 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a água apresenta mineralização excessiva que a torna dificilmente utilizável para o consumo, assim como, se utilizada na irrigação pode ocasionar a salinização do solo. Levando em consideração a resolução estabelecida pelo COEMA 02/2017, a CE obtida neste estudo pode ser destinada ao reuso para fins agrícolas, urbanos, ambientais e aquícola pois se enquadra dentro do parâmetro que é de até 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para Silva, Ferreira e Logato (2007) o valor de CE ideal para a piscicultura deve estar entre 0,02 a 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Os compostos nitrogenados (NAT , NO_2^- e NO_3^-) estão dentro dos parâmetros determinados pelo CONAMA (2005). Os valores médios de NAT e NO_2^- foram de 0,038 mg/L e 0,298 mg/L, respectivamente, enquanto o NO_3^- apresentou-se menor que o limite de detecção (L.D) que está entre 0,01 mg/L e 1,0 mg/L.

A concentração de NAT encontrada no presente estudo é semelhante as de Borges (2018) que obteve mínima de 0,00 mg/L e máxima de 0,064 mg/L. A redução dos valores foi associada a diminuição da quantidade de alimentos fornecidos aos animais pelo fato de apresentar baixos níveis de OD, entendendo que o acúmulo de ração não consumida tende a elevar as taxas de amônia no viveiro. Para Kubitzka (2017a), valores superiores a 0,05 mg/L devem ser evitados para que não prejudique o desenvolvimento do animal, essa concentração é corroborada por Sá (2012).

Em relação ao NO_2^- , a concentração foi superior ao estipulado pela ABCC (2012) que recomenda valores menores que 0,1 mg/L. Dentre os compostos nitrogenados avaliados no efluente, o NO_2^- foi o que apresentou maior concentração e está relacionado a baixa concentração de OD (QUEIROZ e BOEIRA, 2007) que, quando abaixo de 4 mg/L, propicia o acúmulo de nitrito na água (SÁ, 2012). Em água doce, a exposição contínua a concentrações de 0,3 a 0,5 mg/L pode causar efeitos subletais afetando o crescimento e a imunidade. Em águas com maior salinidade esses efeitos são minimizados pois a presença de íons de cloreto na água reduz ao risco de toxidez por nitrito, aumentando a tolerância dos animais as concentrações de nitrito na água (LEIRA et al., 2017; KUBITZA, 2017a). De acordo com Melo et al (2016), o cultivo de *L. vannamei* em sistema de bioflocos é capaz de resistir a concentrações de até 20 mg/L de NO_2^- sem comprometer a sobrevivência do animal.

As concentrações de NO_3^- não foram detectadas no efluente. Segundo Pereira e Mercante (2005), em condições anaeróbias há uma grande diminuição de NO_3^- no meio por

conta da sua utilização nos processos de desnitrificação e amonificação.

No diz respeito a quantificação de fósforo reativo, foram obtidas concentrações elevadas (0,158 mg/L), em legislação estabelecida pelo CONAMA (2005) a valor máximo para fósforo total é de 0,03 mg/L. Essa alta disponibilização pode ter ligação às condições do potencial redox e pH encontrados. Em ambientes reduzidos e alcalinos, o fosfato sofre maiores índices de dessorção (BAUMGARTER et al., 2001; SCHELEDER & SKROBOT, 2016) de forma a favorecer o processo de eutrofização impactando os ecossistemas adjacentes.

Figueiredo et al (2005) avaliando os impactos do lançamento de efluentes em águas interiores, verificou que uma das fazendas estudadas apresentou elevadas concentrações de fósforo total (média de 0,56 mg/L) no efluente no período de despesca, atribuindo essas concentrações à aplicação de fertilizantes fosfatados, resíduos de ração e excreções dos camarões. Silva (2009), aponta que o aumento dessa disponibilidade de fósforo gera problemas ao cultivo do crustáceo, como o surgimento de cianobactérias nocivas. Para além disso, pode implicar no processo de eutrofização.

O incremento nos teores de fósforo total nos efluentes devem ser mantidos entre 0,3-0,5 mg/L, conforme os padrões internacionais estabelecidos pela Global Aliance Aquaculture – GAA, com a finalidade de garantir a sustentabilidade (VINATEA et al, 2003). Considerando a legislação vigente que trata do lançamento de efluentes, tanto em nível nacional (CONAMA N° 430/2011) quanto em escala estadual (COEMA N° 02/2017) pode-se observar que não há uma referência de quantificação para o fósforo no efluentes. Para Morais e Santos (2019), a falta uniformização dos padrões que estabelecem o lançamento de efluentes em corpos hídricos em escala nacional dificulta o cumprimento da legislação pois alguns estados possuem medidas muito restritivas e exigem alto nível de tratamento para alcançar o padrão estabelecido, enquanto outros possibilitam a descarga de efluentes sem muitas limitações.

Logo, não é possível afirmar diretamente que o fósforo quantificado no efluente deste estudo possa contribuir com a eutrofização do meio, tendo em vista também que os compostos nitrogenados se apresentaram dentro dos limites recomendados pela legislação.

4.2 Sedimento do fundo do tanque

Os valores de pH no resíduo ficaram acima de 4, apresentando valor médio de 7,6 (tabela 3), encontrando-se dentro da faixa recomendada pela legislação que é de $7,5 \pm 1$ (ABCC, 2012). Esse valor possivelmente se deve ao efeito tampão dos carbonatos, que eleva o pH (PÉREZ, 2000). Uma vez que o pH baixo não favorece a precipitação dos carbonatos que, via

de regra, ocorre na faixa de pH entre 6 a 8 (OTERO et al., 2009).

Tabela 3- Resultados da análise físico-química do resíduo de carcinicultura.

| Parâmetros | Resultados |
|--|-------------------|
| Areia grossa (g/Kg) | 49,0 |
| Areia fina (g/Kg) | 88,0 |
| Silte (g/Kg) | 687,0 |
| Argila (g/Kg) | 176,0 |
| pH (H ₂ O) | 7,60 |
| CE (dS/m) | 1,07 |
| Ca ²⁺ (cmol _c /Kg) | 17,30 |
| Mg ²⁺ (cmol _c /Kg) | 5,90 |
| Na ⁺ (cmol _c /Kg) | 1,16 |
| K ⁺ (cmol _c /Kg) | 0,54 |
| Al ³⁺ | 0,00 |
| Al ³⁺ + H ⁺ | 0,00 |
| CTC (cmol _c /Kg) | 24,9 |
| V % | 100,0 |
| PST (%) | 5,0 |
| C (g/Kg) | 4,98 |
| N (g/Kg) | 0,51 |
| C/N | 10,0 |
| M.O (g/Kg) | 8,59 |
| P assimilável (mg/Kg) | 122,0 |

CE: Condutividade Elétrica; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; Na⁺: sódio; K⁺: potássio; Al³⁺: alumínio; Al³⁺ + H⁺: saturação por alumínio; CTC: capacidade de troca catiônica; V %: saturação por bases; PST: porcentagem de sódio trocável; C: carbono; N: nitrogênio; C/N: relação carbono/nitrogênio; M.O: matéria orgânica; P assimilável: fósforo assimilável.

O manejo favorece as condições de alcalinidade devido aplicações de materiais neutralizantes nos tanques de criação por meio da adição de cal virgem ou calcário dolomítico (FIGUEIREDO et al.,2006). A calagem, além de influenciar no aumento de pH, atua na disponibilização de alguns nutrientes, como Ca²⁺ e Mg²⁺, aumentando a fertilidade do solo, neutralizando a matéria orgânica e desinfectando o ambiente (SOUZA, 2015; CARDOSO e ANDREOTE, 2016). Isso justifica a relação do valor de pH com os altos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺

encontrados que foram de 17,30 e 5,90 cmolc /Kg, respectivamente.

Araújo (2012) avaliando o potencial de reuso do resíduo de fundo de tanque de carcinicultura em leguminosas observou que houve um acúmulo de Ca^{2+} e Mg^{2+} na parte aérea das plantas associando a presença desses elementos a aplicação de calcário no cultivo de camarão. Para Prezotti e Guarçoni (2013), solos que apresentam maiores quantidades de Ca^{2+} e Mg^{2+} são considerados mais férteis pois influenciam na saturação por bases em razão da maior taxa de ocupação da CTC. Ainda segundo o autor, nessas condições há uma menor toxidez por Al^{3+} pois há predomínio da forma insolúvel ($\text{Al}(\text{OH})_3^0$) que configura o elemento menos tóxico. Isso explica o valor obtido para este elemento no presente estudo, visto que em pH acima de 5,5 não há presença de alumínio na forma de Al^{3+} , assumindo o valor de zero. Por consequência, a acidez potencial ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) também foi zero.

O resíduo apresentou baixas concentrações de K^+ (0,54 cmolc /Kg), semelhantes ao relatado por Moreira et al (2020) e Rocha (2020) que encontraram médias de 0,39 e $0,71 \pm 0,93$ cmolc/Kg, respectivamente. Esses baixos valores de K^+ podem estar associados ao Ca^{2+} e Mg^{2+} que, em altas concentrações, diminuem a disponibilidade de potássio no meio (RAIJ, 1981). Outro fator importante que pode influenciar na disponibilização de K^+ é o a própria dinâmica do elemento no solo, onde a maior proporção (cerca de 98%) se encontra nas estruturas dos minerais, sendo denominado como K^+ estrutural. Quando esses minerais sofrem algum processo de intemperismo, o K^+ estrutural passa a ser disponibilizado lentamente na sua forma trocável e em solução (PREZOTTI e GUARÇONI, 2013). Nessas formas, os sais de K^+ possui alta solubilidade e facilidade de deslocamento no complexo de troca para a solução solo, fazendo com que ocorra maior redução do elemento no viveiro (RAIJ, 1981; RIBEIRO et al., 2005).

Em relação aos índices de salinidade do resíduo pode-se considerar os valores de CE, PST e Na^+ que foram de 1,07 dS/m, 5% e 1,16 cmolc /Kg, respectivamente. Conforme os resultados, o resíduo não apresenta concentrações de sais suficientes para ser classificado como salino ou sódico, sendo então classificado como normal (SOBRAL et al., 2015). O baixo grau de salinização do resíduo pode ter relação com o uso de águas de baixa salinidade no cultivo (FIGUEIREDO et al., 2006). Essa afirmação é corroborada por Moreira et al (2020) que observaram altas concentrações de CE e Na^+ em solos com alta salinidade em comparação a solos menos salinos. Os valores de CE (1,57 dS/m) obtidos pelos autores são próximos aos encontrados no presente estudo.

Mesmo em cultivos em águas oligohalinas, é necessário manter quantidades

adequadas de sais no cultivo, de tal modo que, as proporções de Na^+ e K^+ estejam em níveis semelhantes à água do mar diluída na mesma salinidade (ROY et al., 2007; BOYD; THUNJAI; BOOYARATPALIN, 2002). Em contrapartida, embora o incremento de sais não desencadeie prejuízos para a carcinicultura, podem causar impactos nos biomas das áreas circunvizinhas, tal como a salinização de lençóis freáticos que são acometidos pela lixiviação ou pela liberação de efluentes (CHAGAS, 2007).

A quantificação da CTC (24,90 cmolc/Kg) e V% (100) do resíduo foram elevadas (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999). Esses índices são corroborados por Chagas (2007) que, caracterizando solos de viveiros em diferentes densidades de cultivo, verificou que os valores de CTC decresciam conforme a profundidade do viveiro, porém permaneceram com médias de 29,2 cmolc/Kg nas camadas de 10-20 cm. A V%, por sua vez, não apresentou alterações ficando entre 93,2 a 100%. O autor associou esses resultados ao acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos e a salinização que está interligada a aplicação de calcário.

Para Boyd, Thunjai e Booyaratpalin (2002a) a troca catiônica entre solo de fundo de tanque e a água, além do pH, depende das concentrações de cátions individuais no solo do viveiro, na água do tanque e taxas de misturas da água no ambiente. De acordo com Prezotti e Guarçoni (2013), as proporções que cada íon ocupa na CTC pode determinar a fertilidade do solo (fórmula 1). Levando em consideração as proporções mencionadas pelos autores (K^+ : 3 a 5%; Ca^{2+} : 50 a 70%; Mg^{2+} : 10 a 15% e Na^+ : < 5%) e a V% aferida, o resíduo do presente estudo apresenta características eutróficas (SILVA, 2018), ou seja, possui boa fertilidade e disponibilização de nutrientes.

Como já foi mencionado, a M.O contribui com os índices de fertilidade e disponibilização de nutrientes, sendo um indicativo do potencial produtivo do solo (PREZOTTI e GUARÇONI, 2013). No presente estudo, a quantidade de M.O (8,59 g/kg) foi baixa, considerando que a carcinicultura gera um grande acúmulo de detritos e compostos orgânicos no fundo do viveiro (AVNIMELECH e RITVO, 2003). Entretanto, esse quantitativo está dentro do limite recomendado pela ABCC (2012) que indica um limite máximo de 4% de M.O na superfície do solo do viveiro. De acordo com Naumann (1930), o resíduo pode ser classificado como mineral, visto que dispõe de menos que 10% da matéria orgânica.

Fraga (2002) ao caracterizar sedimentos de fazendas comerciais de carcinicultura marinha, constatou valores de mínimos de 0,42% de M.O no viveiro, bem próximos do estimado pelo presente estudo (0,85%). O autor relacionou a baixa concentração de M.O às condições de manejos empregado no sedimento como a secagem do viveiro e às características

arenosas do solo.

A secagem do viveiro é um processo realizado entre os ciclos de cultivos com o fim de melhorar a aeração e propiciar a mineralização da M.O retida no fundo dos tanques de criação. À medida que se prolonga o período de secagem, aumenta-se as taxas de decomposição da matéria orgânica dos sedimentos, podendo ser intensificado pela aplicação de corretivos agrícolas e revolvimento das camadas expostas (QUEIROZ, 2012). Isso, possivelmente, pode ser um dos fatores que tenha interferido na quantificação de M.O do resíduo neste estudo, visto que a coleta foi realizada 10 dias após a despesca e o viveiro encontrava-se em processo de secagem. Outro manejo que deve ser considerado é a utilização de probióticos que intensifica o tratamento dessa carga orgânica no fundo do viveiro (ROCHA, 2020).

Esse baixo teor de M.O no resíduo reflete nos resultados obtidos de C (4,98 g/kg) e N (0,51 g/kg), já que ambos advêm da mesma. Mesmo que o C esteja um pouco superior às concentrações de N, a quantificação ainda foi baixa considerando que faixa ideal está entre 10 e 30 g/kg (BOYD et al, 2002b). O N, por sua vez, encontrou-se dentro da faixa recomendada (0,4 – 2 g/kg) (BOYD, 1995).

Essas concentrações foram próximas às médias relatadas por Rocha (2020) (C: 5,34 ± 1,85 g/kg; N: 0,64 ± 0,47 g/kg) que relacionou essas concentrações ao manejo da matéria orgânica e ação dos microrganismos decompositores. Para Boyd (1995) e Arantes (2007), o aumento C nos viveiros pode se tornar um fator limitante à produção primária, já que estimula o crescimento e a atividade microbiana que, conseqüentemente, reduzem as concentrações de oxigênio dissolvido e promovem maior produção de sólidos no viveiro. Nessas situações ocorre também um alto no consumo de N, reduzindo sua disponibilidade no ambiente.

Um indicativo que pode ser utilizado para avaliar o estado de decomposição da M.O pela ação microbiana é a relação C/N, onde baixos valores (≤ 10), apontam avançado estágio de decomposição do material orgânico (SILVA, 2018). Nesse sentido, a relação encontrada no resíduo (10:1) justifica o baixo acúmulo de matéria orgânica encontrada no fundo do viveiro. Para a ABCC (2012), essa relação se encontrada na faixa ideal (10 e 14:1) recomendada.

Quanto ao P assimilável, o valor encontrado no resíduo (122 mg/kg) foi inferior aos observados por Souza (2015) que, avaliando sedimentos superficiais de tanques de carcinicultura, obteve média mínima de 236,9 mg/kg e máxima de 679,6 mg/kg. De acordo com o autor, o pH é o fator que mais influencia na disponibilidade de P, assim como a granulometria do fundo de tanque. Em pH com faixas entre 6 e 8, por exemplo, o P tende a precipitar com o Ca ficando adsorvido e acumulado no sedimento do fundo do tanque na forma

de ortofosfato e ácido fosfórico (SÁ, 2012; QUEIROZ, 2012).

Além desses fatores, aumento do P no viveiro pode ser devido ao incremento de adubo fosfatado (SOUZA et al., 2021) e do acúmulo de ração que gera um alto efeito residual de P no fundo do tanque (SMITH,1996; ROCHA, 2020). Para Paula Filho, Moura e Marins (2012) e Aquino (2014), a distribuição e o acúmulo se dá em decorrência das partículas finas no sedimento, principalmente às frações de silte e argila. No presente estudo, a fração de argila (176 g/kg) do resíduo foi inferior ao silte (687 g/kg), seguida da areia fina (88 g/kg) e areia grossa (49 g/kg), sendo classificado texturalmente como franco siltoso. Logo, as condições em que o ambiente se encontra, pode justificar a alta deposição encontrada no resíduo de fundo do tanque.

Essa maior deposição de P no solo do viveiro pode ter contribuído com as concentrações encontradas no efluente, já que as taxas de sorção/ dessorção de P no resíduo, assim como o equilíbrio do nutriente na interface água/sedimento, está diretamente relacionada às condições do ambiente como M.O, granulometria, pH, condições redox e atividade da biota no meio (PAULAFILHO et al., 2012; AQUINO, 2014).

Pelo fato de apresentar boa fertilidade e disponibilização de nutrientes, alguns estudos apontam o resíduo de tanque de carcinicultura uma alternativa aos fertilizantes (BRAGA,2017; OLIVEIRA, 2017; ARAÚJO e COSTA, 2013). Com isso, além de beneficiar o ambiente, a reutilização de resíduos orgânicos da carcinicultura influencia no campo socioeconômico já que propicia a redução de descarte no meio, consequentemente reduz a contaminação do solo e da água e diminui os gastos com insumos na produção agrícola. Tal fato também pode auxiliar nos processos de legislação pelos órgãos fiscalizadores da atividade.

Vale salientar que, por se tratar de uma caracterização descritiva, os resultados apresentados podem ter sofrido interferências adversas, tais como: a localização da coleta do resíduo no viveiro, profundidade de coleta e período em que foi realizado a coleta (ROCHA, 2020; CHAGAS, 2007), visto que foi realizado 10 após a despesca e o viveiro estava em processo de secagem.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do efluente demonstraram um ambiente moderadamente reduzido, sendo o Eh afetado diretamente pelas condições de OD. Os compostos nitrogenados (NAT, NO_2^- e NO_3^-) encontraram-se em concordância com os padrões estabelecidos pelo CONAMA. As concentrações de fósforo reativo foram significativas, ultrapassando os limites recomendados da legislação para fósforo total podendo favorecer o processo de eutrofização.

O resíduo de fundo de tanque de carcinicultura de águas oligohalinas apresentou características favoráveis ao reuso na produção agrícola devido seus bons índices de fertilidade e disponibilidade de nutrientes (Ca^{2+} , Mg^{2+} e P assimilável) mesmo com baixos teores de M.O. A relação textural, o resíduo foi classificado como franco siltoso, que indica uma maior retenção de nutrientes no fundo do viveiro. Essa relação textural pode ter dado condições a um maior acúmulo de P assimilável verificado no resíduo.

REFERÊNCIAS

ALONGI, D. M. **Coastal Ecosystem Processes**. 419 p., 1997.

ANDRADE, T. P. **Monitoramento da água, do solo e do sistema imunológico de camarões da espécie *Litopenaeus vannamei* durante um cultivo superintensivo e intensivo**. 2002. 47 f. TCC (Graduação em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

AQUINO, A. H. DA C.; RIBEIRO, K.; SANTOS, D. B. DOS; PONTES, C. S. Aspectos sociais e ambientais da carcinicultura no litoral sul do Rio Grande do Norte, Brasil. **CAMPO-TERRITÓRIO: REVISTA DE GEOGRAFIA AGRÁRIA**, v. 12, n. 26 abril, 8 jun. 2018.

AQUINO, R. F. **Acumulo e fracionamento de fósforo nos sedimentos do estuário do Rio Coreaú (Ceará) para avaliação do impacto da carcinicultura**. 2014. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná Instituto de geociências, programa de pós-graduação em Geologia e Geoquímica.

ARANTES, R. D. F. **O efeito da relação carbono-nitrogênio sobre a comunidade microbiana no cultivo super-intensivo de *Litopenaeus vannamei* sem renovação**. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

ARAÚJO, I. C. S. **Potencial de revegetação de solo degradado pela mineração de ferro utilizando leguminosas arbóreas e resíduo de carcinicultura**. 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

ARAÚJO, I. C. S.; COSTA, M. C. G. 2013. Biomass and nutrient accumulation pattern of leguminous tree seedlings grown on mine tailings amended with organic waste. **Ecological Engineering**, v. 60, p. 254-260, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.016>.

ARIAS, R. A. 2011. **Carcinicultura**. E-Tec Brasil; Instituto Federal do Paraná, Curitiba, Brazil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). **História da Carcinicultura no Brasil**. Fevereiro, 2011. Disponível em: <https://abccam.com.br/2011/02/historia-da-carcinicultura-no-brasil/>. Acesso em: 23 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). **Censo da Carcinicultura do Litoral Sul do Estado do Ceará e Zonas Interioranas Adjacentes**. Natal, RN. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). **Boas práticas de manejo e biossegurança para a carcinicultura marinha nacional**. 58 f. Natal, 2012. Disponível em: https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2012/02/BPMS_E_BIOSSEGURANA_-_ABCC_FEVEREIRO_2012.pdf. Acesso em: 07 jan. 2021.

AVNIMELECH, Y.; RITVO, Y. G. Shrimp and fish pond soils: processes and management Department. **Aquaculture**, v. 220, p. 549-567, 2003.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; NIENCHESKI, L. F. H.; VEECK, LUCIANA. Nutrientes na coluna da água e na água intersticial de sedimentos de uma enseada rasa estuarina com aportes de origem antrópica (RS-Brasil). **Atlântica**, v. 23, n. December, p. 101-116, 2001.

BOYD, C. E. **Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture**. Chapman and Hall, New York, 348 p., 1995.

BOYD, C. E.; THUNJAI, T.; BOONYARATPALIN, M. Dissolved salts in water for inland low-salinity shrimp culture. **Global Aquaculture Advocate**, v. 5, n. 3, p. 40-45, 2002.

BOYD, C.; WOOD, C.; THUNJAI, T. Aquaculture Pond Bottom Soil Quality Management. Corvallis: Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program, Oregon University, 41 p., 2002.

BORGES, E. A. S. **Avaliação dos parâmetros físico-químicos da água durante o cultivo de camarão em viveiros**. 2018. 34 f. TCC (Graduação em Química) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

BRAGA, B. B.; GONDIM, F. A.; JUNIOR, F. H. N.; PAIVA, S. I. O.; MARTINS, R. M.; FILHO, R. A. P. Efeitos da suplementação com resíduo da atividade da carcinicultura em plantas de girassol submetidas a condições de estresse hídrico. **Irriga**, v. 22, n. 3, p. 591-605, 2017.

BURFORD, M. A.; LONGMORE, A. R. High ammonium production from sediments in hypereutrophic shrimp ponds. **Marine Ecology Progress Series**, v. 224, p. 187-195, 2001.

CAMPOS, B. R.; FURTADO, P. S.; D'INCAO, F.; POERSCH, L.; WASIELESKY, W. The chronic toxicity of ammonia, nitrite and nitrate on juvenile *Farfantepenaeus brasiliensis* (Crustacea: Decapoda). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 2, p. 261-269, abril 2015.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2 ed., Piracicaba: ESALQ, 2016.

CAVALHEIRO, T. B.; CONCEIÇÃO, M. M. da; RIBEIRO, T. T. B. C. Crescimento do camarão *Litopenaeus vannamei* em viveiros e tanques utilizando efluente do processo de dessalinização. **Gaia Scientia**, v. 10, n. 4, p. 319-337, 2016.

CARVALHO, R. A. P. L. F. Inocuidade do Camarão Cultivado nos Principais Mercados Mundiais. **Revista ABCC**, Natal, Ano XXI n. 2, p. 20- 24, 2019.

CHAGAS, R. B. **Influência de diferentes densidades de estocagem sobre o crescimento do *Litopenaeus vannamei* e caracterização do sedimento e solo dos viveiros**. 2007. 102 f.:il. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/654>.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (COEMA). **Resolução COEMA N°02, de 02 de fevereiro de 2017**. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes

líquidos gerados por fontes poluidoras. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/46/2019/09/COEMA-02-2017.pdf>. Acesso em: 20 de nov. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA N° 357/2005** - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU n° 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA N° 430/2011** - "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA." - Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU n° 92, de 16/05/2011, pág. 89.

CORREIA, E. S.; MELO, F. P.; LIMA, J. P. V. Sistema intensivo de criação de camarão com mínima troca d'água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA - ZOOTEC 2015, 25., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303850997_Sistema_intensivo_de_criacao_de_camarao_com_minima_troca_d'agua. Acesso em: 23 maio 2021.

COSTA, E. F.; SAMPAIO, Y. Geração de empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva do camarão marinho cultivado. **Revista Economia Aplicada**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 1-19, 2004.

DONAGEMA, G. K.; DE CAMPOS, D. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. M. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

DE QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. Boas práticas de manejo (BPMs) para reduzir o acúmulo de amônia nos viveiros de aquicultura. **Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico**, 2007.

FARIAS, G. O. **Aspectos Socioambientais e caracterização de efluente da carcinicultura, em Jaguaruana/CE**. Fortaleza, 2016. 88 p. Monografia (Graduação em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

FIGUEIREDO, M. C. B.; ROSA, M. D. F.; ARAUJO, L. D. F. P.; CORREIA, L. J. A.; MORAIS, L. F. S. Perfil das Fazendas de Camarão em Águas Interiores, na Região do Baixo Jaguaribe. **RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 3, p. 101-108, 2004.

FIGUEIREDO, M. C. B.; ARAÚJO, L. F. P.; GOMES, R. B.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MORAIS, L. F. S. Impactos ambientais do lançamento de efluentes da carcinicultura em águas interiores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 167-174, 2005.

FIGUEIREDO, M. C. B.; ARAÚJO, L. F. P.; GOMES, R. B.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MORAIS, L. F. S. Impactos ambientais da carcinicultura de águas interiores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 231-240, 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2020. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action**. Rome.

<https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2018. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals**. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 2018.

FRAGA, A. P. C. **Caracterização da qualidade da água, dos sedimentos e dos efluentes gerados pela atividade de carcinicultura marinha, em duas fazendas no Estado de Santa Catarina- Brasil**. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura), Departamento de Aqüicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

GUIDOLINI, J. F.; ABDALA, V. L.; CARMO, D. A.; VAL, B. H. P.; JUNIOR, R. F. Ortofosfato como parâmetro indicador de qualidade da água em diferentes pontos da bacia do Rio Uberaba. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 3., 2010, Uberaba. **Anais [...]**. Uberaba: IFTM, 2010. 3p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, IBGE. 2018.

KUBITZA, F. O impacto da amônia, do nitrito e do nitrato sobre o desempenho e a saúde dos peixes e camarões. **Panorama Aqüicultura**, v. 27, p. 14-27, 2017a.

KUBITZA, F. Oxigênio dissolvido e sua importância para o desempenho e saúde dos peixes e camarões. **Panorama da Aqüicultura**, v. 27, p. 24-33, 2017b. Disponível em: http://www.aquaimagem.com.br/docs/Panorama_162_Kubitza_agua_parte1.pdf. Acesso em: 11 mar. 2021.

LACERDA, L. D., WARD, R., GODOY, M., MEIRELES, J., BORGES, R., & FERREIRA, A. 20-Years cumulative impact from shrimp farming on mangroves of Northeast Brazil. **Frontiers in Forests and Global Change Tropical Forests**. 2021.

LEHMANN, M. **Potencial redox em sedimentos de viveiros de água doce e salgada: metodologia de determinação e comportamento**. 2015. 44 f. Dissertação de Mestrado em Aqüicultura- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LEIRA, M. H.; DA CUNHA, L. T.; BRAZ, M. S.; MELO, C. C. V.; BOTELHO, H. A.; REGHIM, L. S. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Pubvet**, v. 11, 1-102, 2017.

MARCHAND, C.; ALLENBACH, M.; LALLIER-VERGÈS, E. Relationships between heavy metals distribution and organic matter cycling in mangrove sediments (Conception Bay, New Caledonia). **Geoderma**, v. 160, n. 3-4, p. 444-456, 2011.

MARTINS, P. C. C. **Influência das condições ambientais e técnicas de produção sobre a incidência de enfermidades no cultivo de camarão marinho, *Litopenaeus vannamei*, no estado do Ceará**. 2003. 117 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1640>. Acesso em: 05 jan. 2021.

MATIAS, J. F. N.; ELOY, H. R. F.; CATTER, K. M.; VIDIGAL, R. C. D. A. B.; SOUZA, R. L. M.; LISBOA, V.; MATIAS, M. L. Análise comparativa da eficiência econômica e

competitividade dos cultivos de camarão marinho no sistema semi-intensivo (tradicional) e superintensivo (com reuso de água e uso de bioflocos–BFT) utilizados no Brasil. **Sistemas & Gestão**, v. 15, n. 2, p. 123-130, 2020.

MELO, F. P. de et al. Toxicidade do nitrito para o camarão *litopenaeus vannamei* cultivado em sistemas de água clara e bioflocos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 4, p. 855-865, 2016.

MELO, J. F. A. **Tratamento de efluentes da carcinicultura por flotação em coluna e flotação**. 2010. 42 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Coordenação Geral de Pós-graduação. Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 2010.

MINELLO, M. C. et al. Avaliação sazonal de alguns parâmetros indicadores da qualidade de água no reservatório da usina hidrelétrica de Ilha Solteira-SP, Brasil. **Global Science and Technology**, v. 3, n. 2, p. 98-104, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/134495>.

MIRANDA, F. R. D., SOUZA JR, F. E. A., LIMA, R. N., SOUSA, C., SANTANA, M. G., & COSTA, C. A. Uso de efluentes da carcinicultura de águas interiores na irrigação do arroz. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 380-386, 2008.

MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. D. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reuso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista DAE**, v. 67, p. 40-55, 2019.

MOREIRA, F. H. G.; LIMA, F. R. S.; CAVALCANTE, D. H.; SÁ, M. V. C. Ionic balance of water and physical-chemical properties of soil from marine shrimp farms of the Jaguaruna interior county, Ceará, Brazil. **Ciênc. anim. bras.**, Goiânia, v. 21, e-56913, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-6891v21e-56913>. Acesso em: 14 fev. 2021.

MORIATY, D.J.W. The Role of Microorganisms in Aquaculture Ponds. **Aquaculture**, v.151 p. 333-349, 1997.

NATORI, M. N.; SUSSEL, F. R.; SANTOS, E. C. B.; PREVIERO, T. C.; VIEGAS, E. M. M.; GAMEIRO, A. H. Desenvolvimento da carcinicultura marinha no Brasil e no mundo: avanços tecnológicos e desafios. **Informações Econômicas**, v. 41, p. 61-73, 2011.

NAUMANN, E. **Einführung in die Bodenkunde der Seen**. 1930.

NETO, M. L. Q.; MEDEIROS, M. K. S.; FLORÊNCIO, F. D. C.; & JÚNIOR, P. L. S. Análise da qualidade da água subterrânea utilizada no abastecimento urbano: um estudo de caso em poços tubulares no município de São Rafael/RN. In: **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB**. sn, 2016. p. 29.

NOGUEIRA, M.; PINTO, F. D. R.; NUNES, A. P.; GUARIZ, C. S. L.; AMARAL, L. A. D. Qualidade dos efluentes produzidos na fase de crescimento do camarão-da-amazônia *macrobrachium amazonicum*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, n. 2, p. 159-167, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v15i219521>. Acesso em: 20 fev. 2021.

NUNES, A. J. P. O cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em águas oligohalinas.

Panorama da Aquicultura, v. 11, n. 66, p. 26-35, 2001a. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/o-cultivo-do-camarao-litopenaeus-vannamei-em-aguas-oligohalinas/>. Acesso em: 18 nov. 2020.

NUNES, A. J. P. O cultivo de camarões marinhos no Nordeste do Brasil. **Panorama da Aquicultura**. Junho, 2001b. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/o-cultivo-de-camaroes-marinhos-no-nordeste-do-brasil>. Acesso em: 23 set. 2020.

OLIVEIRA, A. G. J.; NETO, R. Cultivo de camarão marinho em águas de baixa salinidade: uma realidade na carcinicultura com o camarão marinho *L. vannamei* na Paraíba. **Revista ABCC**, Natal, Ano XXI n.1, p. 54-56, 2019.

OLIVEIRA, L. S. **Decomposição de resíduos orgânicos e liberação de nutrientes sobre o solo**. 2017. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

OTERO, X. L. et al. Geochemistry of iron and manganese in soils and sediments of a mangrove system, Island of Pai Matos (Cananea - SP, Brazil). **Geoderma**, v. 148, p. 318–335, 2009.

PAULA FILHO, F. J.; MOURA, M. C. S.; MARINS, R. V. Fracionamento Geoquímico do Fósforo em Águas e Sedimentos do Rio Corrente, Bacia hidrográfica do Parnaíba/PI. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 6, p. 623-640, novembro 2012.

PÉREZ, X. L. O. **Biogeoquímica de metais pesados em ambientes sedimentares marinhos: i. Fluvisolos do pântano Ortigueira (não Península Ibérica), ii. Fossa hidrotermal de Guaymas (Golfo da Califórnia-México)**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de Santiago de Compostela.

PIEDRAS, S. R. N. et al. Toxicidade aguda da amônia não ionizada e do nitrito em alevinos de *Cichlasoma f. f. f.* (JENYNS, 1842). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 1008-1012, setembro 2006.

PINTO, F. A. Sorção e dessorção de fósforo em solos de cerrado. **Universidade Federal de Goiás**, 2012.

POURIA, S.; de ANDRADE, A.; BARBOSA, J.; CAVALCANTI, R. L.; BARRETO, V. T. S.; WARD, C. J.; PREISER, W.; POON, G. K.; NEILD, G.H.; CODD, G. A. Fatal microcystin intoxication in hemodialysis unit in Caruaru, Brazil. **Lancet**, V. 352, n. 9121, p. 21-26, 1998.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. M. **Guia de interpretações de análise de solo e foliar**. 104 f, Vitória, ES: Incaper, 2013.

QUEIROZ, J. F. Boas práticas aquícolas (BPA) em viveiros garantem sucesso da produção. **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, p. 36-39, 2012. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va11-meio-ambiente01.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2021.

QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C.; SILVEIRA, M. P. Coleta e preparação de amostras de

sedimentos de viveiros de aquicultura. **Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico**, 2004.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 285p. 2001.

RAIJ, B. Van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 142 p., 1981.

RIBEIRO, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H (Ed.) **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, 1999, 359 p.

RIBEIRO, L. F.; SOUZA, M. C. M. B. N.; BARROS, F.; HATJE, V. Desafios da carcinicultura: aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 14, n. 3, p. 365-383, 2014.

RIBEIRO, R. P., SENGIK, E., BARRERO, N. M. L., CIOLA, A. L., MOREIRA, H. L. M., SUSSEL, F. R., ... & BENITES, C. Coleta de amostras de sedimentos em viveiros de piscicultura. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 27, n. 3, p. 399-403, 2005.

ROCHA, I. P. Setor Carcinícola, Aquícola e Pesqueiro: Potencialidades, Oportunidades e Desafios para uma Efetiva Contribuição com o Fortalecimento da Sócia Economia Primária do Brasil. **ABCC**. Dezembro, 2018. Disponível em: <https://abccam.com.br/2018/12/setor-carcinicola-aquicola-e-pesqueiro-potencialidades-oportunidades-e-desafios-para-uma-efetiva-contribuicao-com-o-fortalecimento-da-socia-economia-primaria-do-brasil/>. Acesso em: 09 dez. 2020.

ROCHA, J. L. O. **Caracterização do solo de viveiros de cultivo intensivo e extensivo de *Litopenaeus vannamei* (BONNE, 1931): um estudo de caso no nordeste do Brasil**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2020.

ROY L, A.; DAVIS D. A.; SAOUD, I. P.; HENRY, R. P. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. **Aquaculture** 262: 461-469. 2007

ROTTA, M. A.; QUEIROZ, J. F. **Boas práticas de manejo (BPMs) para a produção de peixes em tanques-rede**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003, 27p.

SÁ, M. V. C. **Limnocultura: limnologia para aquicultura**. 218 p., Fortaleza: Edições UFC, 2012.

SÁ, M. V. C. **Manual de práticas laboratoriais em limnocultura (água e solo)**. 56 p., Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **Camarão marinho:**

preparação do viveiro, povoamento, manejo e despesca. Ed. 1. Brasília: SENAR, 2017.

SILVA, A. S. **Caracterização da microbiota presente em biofiltros em sistemas de recirculação para aquicultura.** 2016. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Duque de Caxias, 2016.

SILVA, K. R. **Dinâmica do nitrogênio e do fósforo no cultivo super-intensivo dos camarões *litopenaeus vannamei* e *farfantepenaeus paulensis* sem renovação de água.** 2009. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal do Rio Grande, 2009.

SILVA, S. B. **Análise de solos para ciências agrárias.** 2. ed. - Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2018.

SILVA, V. K.; FERREIRA, M. W.; LOGATO, P. V. R. **Qualidade da água na Piscicultura.** Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras, 2007.

SOBRAL, L. F., BARRETO, M. D. V., DA SILVA, A. J., & DOS ANJOS, J. L. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. **Embrapa Tabuleiros Costeiros- Documentos (INFOTECA-E)**, 2015.

SOUZA, R. A. L. de; TAKATA, R.; SOUZA, A. da S. L. de; SILVA JÚNIOR, M. L. da; SILVA, F. N. L. da. Characterization of sediments in fish farming ponds in the Eastern Amazon, Brazil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. e41710111815, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i1.11815. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/11815>. Acesso em: 4 de maio de 2021.

SOUZA, D. D. J. M. **Geoquímica de sedimentos de tanques de carcinicultura na baía de todos os santos, Bahia.** 2015. 62 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

TAHIM, E. F.; DAMACENO, M. N.; ARAÚJO, I. F. Trajetória Tecnológica e Sustentabilidade Ambiental na Cadeia de Produção da Carcinicultura no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 1, p. 93-108, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790570106> . Acesso em: 15 dez. 2020.

TSUJI, T. C. **Monitoramento microbiológico de um viveiro de criação de camarão marinho em um sistema superintensivo.** 2002. 33 f. TCC (Graduação em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

VALENTI, W. C. Criação de camarões de água doce. In: Congresso de Zootecnia, 12º, Vila Real, Portugal, 2002, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. **Anais...** p. 229-237. 2002.

VINATEA, L., OLIVERA, A., SEIFFERT, W., LIMA, M., MARINHO, M., & BOUVY, M. Caracterização dos efluentes das fazendas de cultivo de *Litopenaeus vannamei* na região Nordeste do Brasil. **Revista da ABCC**, (3), 52-54, 2003.