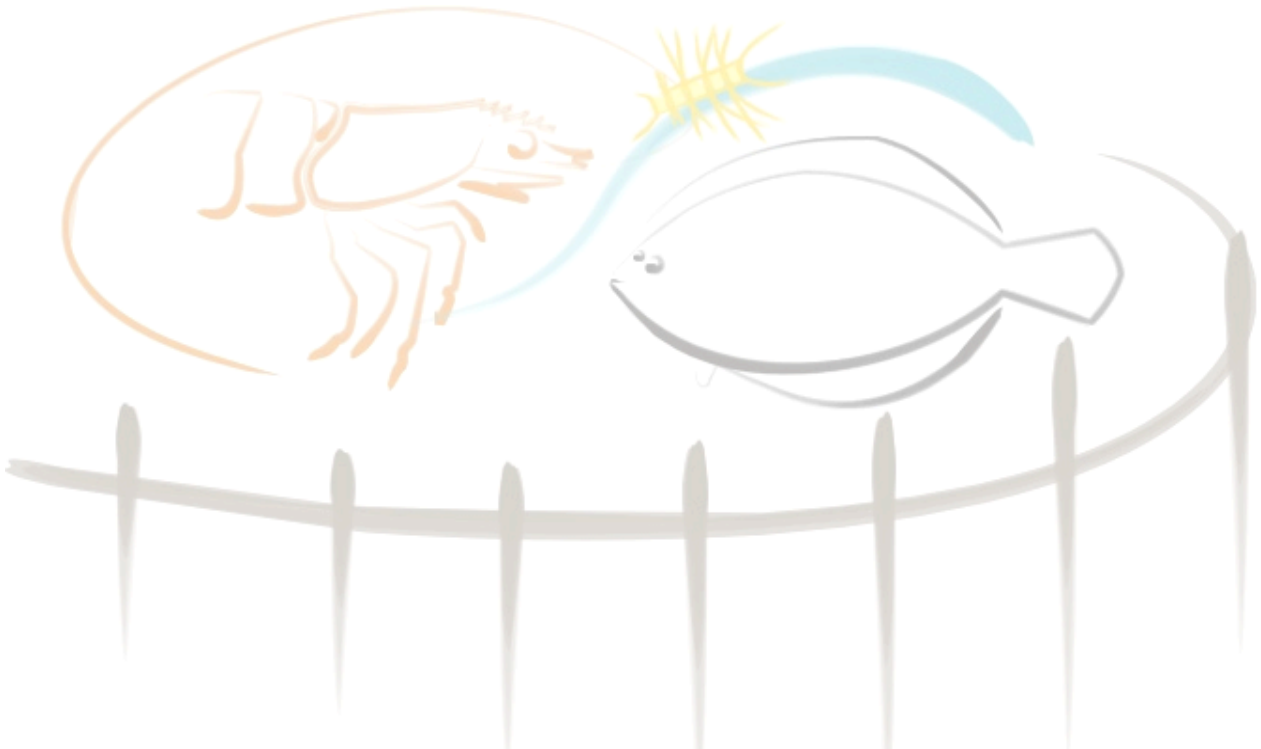




UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



**“Avaliação do impacto ambiental resultante do cultivo de
Rachycentron canadum em tanques-rede instalados no litoral
nordeste do Brasil.”**

ANA PAULA KLEIN

Rio Grande/RS, 13 de Julho de 2012.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA**

Dissertação de Mestrado

**“Avaliação do impacto ambiental resultante do cultivo de
Rachycentron canadum em tanques-rede instalados
no litoral nordeste do Brasil.”**

ANA PAULA KLEIN

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Aquicultura pelo Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande.

Orientador: Prof. Dr. Luís Henrique da Silva Poersch

Co-Orientador: Dr. Miguel Rodilla Alamá

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	VII
DEDICATÓRIA	X
AGRADECIMENTOS	XI
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT	XIV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. A maricultura em tanques-rede.....	1
1.2. A espécie promissora: <i>Rachycentron canadum</i>	2
1.3. Os problemas da atividade.....	2
1.4. A sustentabilidade dos cultivos marinhos: monitoramento ambiental.....	6
2. OBJETIVOS	8
2.2. Objetivos específicos	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1. Local de estudo.....	9
3.2. Características do cultivo	9
3.3. Monitoramento ambiental.....	10
3.4. Informações hidrodinâmicas.....	12
3.5. Análise das propriedades da água do mar.....	13
3.6. Análise do sedimento	14
3.7. Biomassa fitoplanctônica.....	16
3.8. Análise estatística	16
4. RESULTADOS.....	17
4.1. Temperatura.....	17
4.3. Oxigênio dissolvido	23
4.4. pH	26
4.5. Disco de Secchi	29
4.6. Amônio	29
4.7. Nitrito	32
4.8. Nitrogênio total.....	34

4.9. Carbono Orgânico Total (COT)	38
4.10. Fósforo total/Fosfato	41
4.11. Carbono no sedimento	41
4.12. Clorofila <i>a</i>	42
5. DISCUSSÃO	46
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade de ração aportada ao longo do cultivo.....	10
Tabela 2: Datas das coletas realizadas durante o experimento.....	11
Tabela 3: Nutrientes analisados, sua forma de leitura e respectivos intervalos de medida detectados pelo aparelho de leitura.....	13
Tabela 4: Exatidão e precisão da análise: uso do material de referência certificado acetanilida (n=6).	15
Tabela 5: Informações meteorológicas e oceanográficas obtidas ao longo das coletas.	17
Tabela 6: Dados completos de temperatura obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em graus Celsius (°C).....	18
Tabela 7: Taxa de variação da temperatura ao longo do experimento, com relação à amostra base.	18
Tabela 8: Dados completos de salinidade obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados.	20
Tabela 9: Taxa de variação da salinidade ao longo do experimento, com relação à amostra base.	21
Tabela 10: Dados completos de oxigênio dissolvido obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em mg/L.	23
Tabela 11: Taxa de variação do oxigênio dissolvido ao longo do experimento, em relação à amostra base.	24
Tabela 12: Dados completos do potencial hidrogeniônico (pH) obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados.	26
Tabela 13: Taxa de variação do pH ao longo do experimento, em relação à amostra base.	27
Tabela 14: Dados completos da transparência da água (disco de Secchi) obtidos ao longo do experimento no centro dos tanques-rede. Valores em metros.....	29
Tabela 15: Taxa de variação da transparência da água (disco de Secchi) ao longo do experimento, em relação à amostra base.	29
Tabela 16: Dados completos de amônio dissolvido na água obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em mg/L.	30
Tabela 17: Taxa de variação de amônio dissolvido na água ao longo do experimento, em relação à amostra base.	30

Tabela 18: Dados completos de nitrito dissolvido na água obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em mg/L.	33
Tabela 19: Dados completos de nitrogênio total na água obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em mg/L.	35
Tabela 20: Taxa de variação de nitrogênio total na água ao longo do experimento, em relação à amostra base.	35
Tabela 21: Dados completos de carbono orgânico total na água obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em mg/L.	38
Tabela 22: Taxa de variação de carbono orgânico total na água ao longo do experimento, em relação à amostra base.	39
Tabela 23: Dados completos de carbono no sedimento obtidos ao longo do experimento no leito marinho abaixo dos tanques-rede. Valores em %.	41
Tabela 24: Taxa de variação de carbono no sedimento no leito marinho abaixo dos tanques-rede ao longo do experimento, em relação à amostra base.	41
Tabela 25: Dados completos de clorofila <i>a</i> na água obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em µg/L.	43
Tabela 26: Taxa de variação de clorofila <i>a</i> na água ao longo do experimento, em relação à amostra base.	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: (A) Ração aportada aos peixes na superfície do tanque-rede. (B) Peixes se alimentando.	3
Figura 2: Os quatro tanques-rede de cultivo de beijupirá na costa de Recife, praia de Boa Viagem.	9
Figura 3: (A) Material para amostragem na embarcação. (B) Embarcação Beijupirá. (C) Bote Cação de Escamas.	11
Figura 4: Esquema dos tanques de cultivo e pontos amostrais do trabalho.	12
Figura 5: (A) Coleta de água com garrafa de Niskin. (B) Garrafas de água para análise de nutrientes. (C) Kits e aparelhos utilizados para determinação de nutrientes na água.	13
Figura 6: (A) Mergulhador coletando amostra de sedimento com auxílio de corer de PVC. (B) Amostras de sedimento, após descarbonatação, secando em estufa. (C) Equipamento CHNS/O. (D) Saída do equipamento com resultados das análises.	15
Figura 7: Variação média de todos os pontos amostrais da temperatura em graus Celsius ao longo do cultivo.	20
Figura 8: Variação da salinidade ao longo do cultivo nas diferentes distâncias, profundidades e direções do centro dos tanques-rede.	23
Figura 9: Variação do oxigênio dissolvido ao longo do cultivo nas diferentes distâncias, profundidades e direções do centro dos tanques-rede.	26
Figura 10: Variação média de todos os pontos amostrais do pH ao longo do cultivo.	28
Figura 11: Variação da transparência da água (disco de Secchi) ao longo do cultivo no ponto central dos tanques-rede.	29
Figura 12: Variação de amônio na água ao longo do cultivo nas diferentes distâncias, profundidades e direções do centro dos tanques-rede.	32
Figura 13: Variação de nitrito na água ao longo do cultivo nas diferentes distâncias, profundidades e direções do centro dos tanques-rede.	34
Figura 14: Variação de nitrogênio total na água ao longo do cultivo nas diferentes distâncias, profundidades e direções do centro dos tanques-rede.	37
Figura 15: Variação de carbono orgânico total na água ao longo do cultivo nas diferentes distâncias, profundidades e direções do centro dos tanques-rede.	40
Figura 16: Variação de carbono no sedimento no leito abaixo dos tanques-rede ao longo do cultivo no leito marinho abaixo dos tanques-rede.	42

Figura 17: Variação de clorofila *a* na água ao longo do tempo de cultivo e nos diferentes pontos amostrais. 45

*“Alles ist aus dem Wasser entsprungen,
Alles wird durch das Wasser erhalten”.*

Tudo surgiu da água,
Tudo é mantido pela água.

(Goethe)

DEDICATÓRIA

*Ao Moisés,
grande amor da minha vida, meu porto seguro;
Aos meus pais,
pela confiança e apoio, sempre.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Dr. Luís Poersch, Mineiro, em primeiro lugar pela confiança em mim e pela oportunidade de trabalhar em um projeto como este, um sonho realizado na minha carreira. Em segundo lugar, pela atenção e apoio ao longo de todos estes anos de trabalho juntos. Obrigada por todos os ensinamentos que me foram transmitidos ao longo do trabalho, pelos conselhos que levarei para toda a vida, assim como pelos momentos divertidos na Estação!

Ao Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura da FURG, pela oportunidade de realizar este mestrado, e a todos os seus professores, que também contribuíram muito para minha formação.

Ao Dr. Miguel, que literalmente atravessou o oceano e contribui muito para o desenvolvimento do trabalho.

Ao professor e Dr. Ronaldo Cavalli, Santiago Hamilton e Luís André Sampaio, que tocaram este projeto maravilhoso e, sem dúvida, me ajudaram muito.

A todo o pessoal do Projeto “Cação de Escamas”, sem os quais não seria possível a coleta destes dados, e foram grandes companheiros durante as horas de enjojo durante os embarques! Muito obrigada pela recepção em minhas estadas em Recife, e pelas ideias trocadas ao longo do trabalho, que só enriqueceram este trabalho. À Luciana da USP, Marina Nunes e pesquisadoras da UFAL.

À professora Mônica Wallner-Kersanach pela imensa ajuda e paciência durante as análises de carbono no sedimento, para as quais cedeu um espaço e o material do seu laboratório (Hidroquímica). E a todos ensinamentos que me foram passados, que contribuíram muito para a construção deste trabalho.

Ao pessoal do Laboratório de Ecologia de Fitoplâncton e Microorganismos Marinheiros, que me receberam com muita atenção para as análises de clorofila a.

Ao professor da UFPE Carlos A. F. Schettini, que nos cedeu os dados hidrodinâmicos da região estudada.

A todos colegas da Estação Marinha de Aquicultura, que contribuíram de uma forma ou outra para o trabalho, e tornaram os momentos na Estação muito agradáveis e a todos os funcionários, em especial ao Sandro que me ajudou muito com as dúvidas ao longo das análises, cuja ajuda foi imprescindível.

Às meninas da Ema, que, sem dúvida, tornaram minha estada em Rio Grande muito mais animada! Obrigada Bárbara, Camu, Faby, Paula Beck, Gabi, Jana, Shakirita.

Em especial à Sabrina, por toda ajuda e apoio no desenvolvimento do trabalho e pelas conversas divertidas entre um chimarrão e outro.

Ao CNPq e CAPES pelas bolsas cedidas.

Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) pelo financiamento do projeto Cação de Escama, além do CNPq, pelo financiamento da REPIMAR.

Ao meu grande amor, Moisés, companheiro, sem o qual talvez não tivesse conseguido chegar até aqui. Obrigada pelo amor, carinho, paciência e dedicação. Amo você!!

Aos meus pais, Teresinha e Paulo, que sempre se dedicaram ao máximo para que eu tivesse uma boa educação, sempre acreditando em mim, ajudando a tornar meus sonhos em realidade. E a minha irmã, Samantha.

E aos meus amados cachorros (!!), que me ajudaram a relaxar nas horas de estresse!!!

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

O cultivo de organismos marinhos em tanques-rede vem apresentando altas taxas de crescimento, todavia, geram consideráveis aportes de nutrientes e matéria orgânica ao meio circundante. Medidas de monitoramento permitem manter níveis adequados as exigências da espécie cultivada, assim como avaliar os efeitos do cultivo sobre a qualidade da água. Este estudo objetivou avaliar os possíveis impactos ambientais resultantes de um cultivo experimental de *Rachycentron canadum* na costa do Estado de Pernambuco. Para tal, foram realizadas coletas de água e sedimento a cada dois meses, na região do entorno do cultivo. Foram acompanhados oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade, pH e transparência da água (Secchi), além das concentrações de compostos como NH_4^+ , NO_2 , N(t) , P(t) e COT na água e quantidade de carbono no sedimento. A biomassa fitoplanctônica também foi monitorada, através de clorofila *a*. Temperatura e salinidade variaram de acordo com a sazonalidade e pluviosidade, mas permaneceram dentro das faixas ótimas para a espécie. Os valores de oxigênio dissolvido mantiveram-se sempre acima de 5 mg/L e o pH variou entre 8,5 e 9,5. Os valores de transparência da água variaram de acordo com as concentrações de clorofila *a*, que variaram de 0 a 1,02 $\mu\text{g/L}$, com a maior parte das amostras sendo inferiores a 0,45 $\mu\text{g/L}$, próprias de uma região oligotrófica. Quanto aos nutrientes na água, fósforo não foi detectado, e amônio e nitrito foram muito baixos. Todavia, os valores médios de nitrogênio total (6,66 mg/L) e carbono orgânico total (94,01 mg/L) foram mais elevados, inclusive os pontos controle, o que pode ser explicado pela proximidade do cultivo a desembocadura do rio Capibaribe, bastante rico em matéria orgânica. Os valores de carbono no sedimento variaram entre 8,7% e 10,69%, inclusive no ponto controle, e os valores podem ser explicados pela abundância de organismos bentônicos na região. Aparentemente o cultivo não impactou de maneira negativa a área adjacente. A baixa biomassa de peixes produzida e a grande dinâmica do ambiente, que apresentou altas velocidades de correntes (média de 0,26 m/s), estão relacionadas aos resultados. Acredita-se que o ambiente possua grande capacidade de suporte, entretanto, torna-se necessário o acompanhamento de novos ciclos de cultivo para confirmar os resultados encontrados.

ABSTRACT

Marine fish culture in cages has been growing during the last years, however, generates considerable inputs of nutrients and organic matter to the surrounding area. Water quality measures program allow to maintain adequate levels of crop species and to evaluate the effects of cultivation on the environment. This study aimed to evaluate the environmental impacts of *Rachycentron canadum* on the Pernambuco coast. Then, water and sediment samples were taken every two months in the surrounding fish culture. Were measured concentrations of dissolved oxygen, salinity, pH, turbidity (Secchi), temperature, and NH_4^+ , NO_2^- , N(t) , P (t) and TOC in water and carbon in the amount of sediment. Phytoplankton biomass was also monitored by chlorophyll *a*. Temperature and salinity varied according to season and rainfall, but remained within the optimum ranges for the specie culture. The dissolved oxygen values were always higher than 5 mg/L and the pH varied between 8.5 and 9.5. The transparency values varied according to chlorophyll *a* concentrations, that ranged from 0 to 1.02 $\mu\text{g/L}$, most samples being less than 0.45 $\mu\text{g/l}$, typical of oligotrophic water. Phosphorus dissolved was not detected, and ammonium and nitrite were very low. However, the mean values of total nitrogen (6.66 mg/L) and total organic carbon (94.01 mg/L) were higher, including control stations, which can be explained by the proximity of the Capibaribe river, very rich in organic matter. The values of carbon sediment ranged between 8.7% and 10.69%, including the control stations, and values can be explained by the abundance of benthic organisms in the region. No negative impacts were observed in the surrounding area. The low biomass of fish produced and highly dynamic environment, which showed high current speeds (average 0.26 m/s), are related to the results. According to results, the environment have great charge capacity, however, it is necessary to follow the new cultivation cycles to confirm the results.

1. INTRODUÇÃO

1.1. A maricultura em tanques-rede

Dentro do setor aquícola, o cultivo de organismos marinhos em tanques-rede é um dos segmentos que apresenta a maior taxa de crescimento a nível mundial, apesar de ser uma prática relativamente recente (Tacon & Halwart 2007). Trata-se de uma criação intensiva, cujo resultado final é uma alta produção numa área reduzida e num curto intervalo de tempo (Silva & Siqueira 1997). Nesse sistema, a renovação de água constante é um dos fatores que mais contribui para a manutenção da qualidade do sistema de produção (Liu *et al.* 2008).

Apesar das inúmeras vantagens do cultivo de peixes em tanques-rede e do potencial brasileiro para os cultivos marinhos devido a sua extensa costa, esta prática é ainda pouco utilizada no Brasil, sendo que apenas 15% do montante produzido pela aquacultura no país referem-se à maricultura (MPA 2010), e a piscicultura marinha tem volume de produção inexpressivo ainda (Cavalli & Hamilton 2007), apesar da intensificação das pesquisas nesta área na última década.

Todavia, nos últimos cinco anos, com a entrada de grupos empresariais voltados ao cultivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*), a atividade vem ganhando impulso, com novos estudos sendo desenvolvidos e cultivos experimentais em tanques-rede em andamento (Sampaio *et al.* 2011). Entretanto, existem alguns entraves para o desenvolvimento da piscicultura marinha no Brasil, que são a disponibilidade de formas jovens para atender os produtores e a carência de rações específicas e de qualidade para engorda de peixes marinhos (Sanches *et al.* 2008).

Atualmente cerca de 80 espécies de peixes estão sendo cultivadas no mundo em sistema de tanques-rede, sendo que desde sua introdução nos anos 70, e com uma produção que cresceu 4000 vezes, o Salmão se tornou o mais importante peixe da maricultura em tanques-rede no mundo, com mais de 1,4 milhões de toneladas produzidas em 2010, equivalendo a mais de 50% de toda a produção (FAO 2004-2012). A escolha da espécie a ser cultivada é, sem dúvida, uma etapa importante do processo de cultivo em tanques-rede. Considerações relativas à adaptação da mesma à região na qual será cultivada e análise do mercado a ser explorado, são necessárias para a escolha da espécie a ser produzida (Bardach *et al.* 1972).

1.2. A espécie promissora: *Rachycentron canadum*

Entre as mais promissoras, o beijupirá (*Rachycentron canadum*) é considerado como aquela que atualmente reuniria as melhores características para ser criada comercialmente no Brasil (Cavalli & Hamilton 2007), o que foi ratificado após estudo de Sampaio *et al.* (2011), que cultivaram a espécie no litoral do Rio de Janeiro entre 2008 e 2009 com resultados bastante promissores.

O beijupirá possui uma alta taxa de crescimento, acima de 1 mm por dia nas fases jovens. Esta excelente taxa de crescimento pode ser observada ao longo do seu ciclo de vida, podendo alcançar entre 4 e 6 kg em um ano (Arnold *et al.* 2002), e 8 a 10 kg em 16 meses (Su *et al.* 2000). Outro aspecto positivo é o seu bom valor de mercado. Segundo relatório da FAO (2007-2012), atualmente, a produção mundial do beijupirá cultivado é de cerca de 40 mil toneladas, concentradas na China e em Taiwan.

O beijupirá é um peixe carnívoro, que possui alta taxa metabólica, resultando em alto consumo de oxigênio e alta taxa de excreção, especialmente dos nitrogenados amônia e uréia. E é esta alta taxa energética que permite a esta espécie se desenvolver tão depressa, apresentando taxas muito positivas de crescimento até mesmo em confinamento (Feeley *et al.* 2007).

1.3. Os problemas da atividade

Devido ao crescimento deste setor, a sustentabilidade das atividades de maricultura intensiva passaram a ser colocadas em dúvida (Read *et al.* 2001a), e os possíveis impactos sobre o ambiente deveriam receber maior atenção, no que se refere aos estudos de prevenção, manutenção e recuperação do ambiente de cultivo. De acordo com Henry-Silva & Camargo (2008), conforme a produção de organismos aquáticos aumenta, a tendência é que os impactos negativos sobre o ambiente também se intensifiquem. Cabe ressaltar que ao impactar o ambiente onde a atividade está inserida, esta passa a ter seu futuro comprometido (Domínguez & Martin 2005). Para evitar qualquer impacto potencial sobre o meio ambiente, é importante que o setor aquícola disponha de diretrizes claras, concisas, com base científica, que assegurem o desenvolvimento sustentável da atividade (UICN 2007).

Diversos estudos têm indicado os impactos dos cultivos intensivos em tanques-rede no ambiente marinho, causados principalmente pelo aporte de nutrientes e matéria

orgânica oriundos da degradação das fezes e ração, que geram acúmulo de nitrogênio e fósforo, assim como os sólidos suspensos, sendo estes os principais responsáveis pela degradação ambiental.

Lupatsch & Kissil (1998) e Tsapakis *et al.* (2006) calcularam que a maior parte da porção de nitrogênio aportada pelos cultivos através da excreção dos peixes é na forma dissolvida de uréia (41%) e amônia (26%), enquanto as perdas de fosfato são da ordem de 22% (Tsagaraki *et al.* 2011). Molina & Vergara (2005) afirmam que em torno de 25% dos nutrientes aportados via alimentação aos peixes são incorporados a sua carne, enquanto 75% são liberados ao meio. Já segundo Borja (2002), 85% do fósforo e 52% a 95% do nitrogênio introduzido nos tanques através da comida e pelas excretas dos peixes, podem ser liberados ao meio marinho. Da mesma forma, aproximadamente 90% do carbono são aportados ao meio marinho através da ração e excretas dos peixes cultivados.



Figura 1: (A) Ração aportada aos peixes na superfície do tanque-rede. (B) Peixes se alimentando.

Em determinadas situações, a amônia excretada pelos peixes aumenta as concentrações do íon nas águas superficiais em até 5 vezes numa região de cultivo, comparada a uma sem atividade de aquacultura (Wu *et al.* 1999). Nestas situações, os compostos nitrogenados na forma de nitrogênio amoniacal e nitrito são especialmente tóxicos aos organismos aquáticos (Vinatea 1997).

Apesar de o beijupirá ser bastante tolerante aos compostos nitrogenados, em cultivos intensivos estes podem rapidamente se incrementar, ocasionando maior suscetibilidade a doenças, diminuição das taxas de crescimento e aumento das taxas de conversão alimentar (Rodrigues *et al.* 2007), por isso a importância do monitoramento desses compostos.

Russell *et al.* (2005), por exemplo, detectaram que um incremento na disponibilidade de nitrogênio em águas costeiras oligotróficas no sul da Austrália geram um desproporcional impacto nos ecossistemas locais, quando comparados a áreas cronicamente afetadas por altos níveis de nutrientes nas regiões mais populosas do sudeste do país (Fernandes *et al.* 2007), isto por que, produtores primários adaptados a viver em condições de depleção de nitrogênio geralmente apresentam rápido crescimento em resposta a qualquer pequeno acréscimo de nutrientes no meio, e, como consequência, estes tipos de ambientes podem facilmente sofrer um distúrbio no seu balanço ecológico.

Já o incremento de fosfato no meio tem efeito direto sobre a densidade de microalgas, podendo ser responsável por processos de eutrofização que geram *blooms* fitoplanctônicos, sendo que estes, eventualmente, podem apresentar toxinas e/ou simplesmente afetar o uso recreativo do ambiente aquático, além de gerar mudanças estruturais/funcionais nas comunidades já estabelecidas (Samocha & Lawrence 1997).

Temporetti & Pedrozo (2000), analisando o cultivo de salmonídeos em lagos, estimaram que 66% do fósforo disponível na ração aportada aos peixes ficam acumulados no sedimento logo abaixo dos tanques-rede. Cancemi *et al.* (2003) confirmam isso, mostrando que as concentrações de fósforo total são quatro vezes maior abaixo dos tanques, comparado a estações a 100 metros de distância do centro dos mesmos, e as taxas de sedimentação de fósforo aumentam de 58 a 141 vezes comparado às estações controle (Holmer *et al.* 2006). Martí *et al.* (2005) propõem a análise de fósforo total e clorofila *a*, pois são medidas indiretas da biomassa fitoplanctônica e podem ser um indicador muito sensível de eutrofização.

Segundo Karakassis *et al.* (2000), no mar Mediterrâneo, as concentrações de carbono orgânico e nitrogênio no sedimento podem dobrar entre 0 e 10 metros de distância dos tanques-rede quando comparado a um ponto controle. Dependendo da hidrodinâmica e do manejo do cultivo podem ser detectados impactos em um raio de até 1 km ao redor dos tanques de cultivo, embora sejam observados principalmente no sedimento abaixo das unidades produtoras. Karakassis *et al.* (2000) afirmam que as concentrações de carbono orgânico e nitrogênio no sedimento próximo aos tanques são de 1 a 5 vezes maiores do que nos pontos controle.

Um estudo publicado por Lee *et al.* (2006) numa estação submersível de aquacultura comercial no Havaí encontraram o sedimento logo abaixo das gaiolas

fortemente afetado após 11 meses de cultivo, e uma área a 80 metros do centro do cultivo extremamente impactada após 23 meses de atividades. Aguado-Giménez & Ruiz-Fernández (2012), mostraram que bancos de rodolitos, mesmo com uma produção baixa de peixes, são afetados pelo cultivo. Ocorreu direto e forte impacto logo abaixo dos tanques, onde essas comunidades praticamente desapareceram após apenas 8 meses de cultivo. Os autores acentuam que mesmo com uma produção baixa (menos de 60 toneladas ao final do cultivo), aqueles bancos são muito sensíveis ao cultivo.

Entretanto as condições ambientais do local de cultivo, como profundidade, correntes, temperatura e salinidade, são os principais determinantes do comportamento de deposição dos produtos fecais e de seus tamanhos (Chen *et al.* 1999). A influência dos cultivos marinhos em tanques-rede sobre o sedimento do leito marinho já foi estudada por diversos pesquisadores, confirmando que a mesma ocorre desde dezenas até centenas de metros a partir dos cultivos, e sobre diferentes características hidrológicas (Morrisey *et al.* 2000; Molina *et al.* 2001). Quando a deposição de material orgânico ultrapassa a taxa de assimilação de nutrientes, o sedimento passa a se tornar anaeróbico, e os organismos bentônicos passam a ser diretamente e fortemente afetados (Gowen *et al.* 1991; Angel *et al.*, 2000). Esses distúrbios são gerados tanto por variações espaciais quanto temporais, e alguns parâmetros químicos do sedimento irão sofrer variações antes que outros (Aguado-Giménez & García-García 2004).

Todo esse aporte em excesso de nutrientes causa, entre outros efeitos, incremento da demanda de oxigênio, produção de sedimentos anóxicos e de gases tóxicos, mudanças nas comunidades, diminuição da diversidade dos organismos bentônicos e alteração da biodiversidade da mesma (Borja 2002, Macias *et al.* 2005, Huiwen & Yinglan 2007, Buschmann *et al.* 2009). E, segundo trabalho de Macias (2006), todos estes efeitos são responsáveis por causar estresse, doenças e até mortalidades nos peixes cultivados, redução da capacidade de assimilação do meio e incremento de *fouling* nas estruturas flutuantes do cultivo, prejudicando a circulação de água no sistema. Já está comprovado que os cultivos de salmão, por exemplo, provocam mudanças nas propriedades físicas e químicas da água e modificam a biodiversidade da microflora bentônica no sedimento abaixo dos tanques. Já os compostos inorgânicos dissolvidos proporcionam o crescimento do fitoplâncton, podendo causar *blooms* desconhecidos, produzindo um efeito cascata ao longo de toda a cadeia trófica (Buschmann *et al.* 2009).

Apesar de estudos comprovarem o impacto da maioria dos cultivos, Grigorakis & Rigos (2011) acreditam que as atividades aquícolas não devem ser condenadas, e, por exemplo, Black (2001), argumenta que a aquicultura contribui apenas com uma pequena fração do total de nutrientes aportados às águas costeiras, e que estes sistemas possuem uma capacidade assimilativa muito maior que o aporte que recebem. Nordvarg & Johansson (2002) e Sara (2007), também reportam pouca deterioração da qualidade de água próximo aos cultivos em áreas onde a dinâmica do ambiente é elevada, com grande circulação de água devido às correntes ou a grande amplitude de maré. Por exemplo, no Mar Mediterrâneo, a qualidade da água em torno dos cultivos aparentemente não foi afetada (Sanz 2009). Schendel *et al.* 2004 mostram que a influência dos cultivos fica limitada a 100 metros dos tanques, passando a níveis de base a partir desta distância.

Segundo Carroll *et al.* (2003) o acúmulo de carbono orgânico total no sedimento proporcionado pelo cultivo desaparece completamente entre 50 e 100 metros do centro do cultivo, mesmo quando há grande degradação ambiental abaixo dos tanques. E quanto aos parâmetros químicos do sedimento, na maioria dos casos, efeitos mais severos ficam restritos a áreas de menos de 10 metros do centro das estruturas.

A qualidade da água no entorno do cultivo de três instalações aquícolas analisadas no trabalho de Macias *et al.* (2005) não apresentou variação significativa que pudesse estar relacionada com a presença dos cultivos, já que as concentrações dos parâmetros medidos na maioria das estações apresentaram valores dentro da faixa normal para as águas da região, e os valores ficaram abaixo dos limites legais exigidos para o local.

1.4. A sustentabilidade dos cultivos marinhos: monitoramento ambiental

As atividades aquícolas devem receber atenção especial a fim de evitar que criem poluição, evitando terem sua imagem prejudicada. Deve estar claro, pois, que a preservação ambiental é parte do processo produtivo, e que não se concebe o desenvolvimento de técnicas de manejo para aumentar a produtividade sem avaliação dos impactos ambientais produzidos (Valenti *et al.* 2000). Os impactos ambientais devem ser evitados, pois, além de refletirem negativamente no ecossistema adjacente, ainda podem afetar o bom andamento da produção, diminuindo a lucratividade e, até

mesmo, a viabilidade do sistema de produção (Costa 2004). Uma ênfase particular deve ser dada em boas práticas de manejo das estações de cultivo, assim como em programas de monitoramento do meio ambiente (Grigorakis & Rigos 2011).

Programas de monitoramento ambiental utilizam indicadores que sejam sensíveis para apontar modificações no ambiente, sendo que um programa ideal integra medições físicas, químicas e biológicas, permitindo a caracterização físico-química dos ecossistemas aquáticos e os aspectos ecológicos dos organismos bioindicadores (Callisto & Gonçalves Júnior 2005). Medidas de monitoramento permitirão manter níveis adequados e compatíveis com as exigências das espécies cultivadas, assim como avaliar os efeitos do cultivo sobre a qualidade da água.

Carroll *et al.* (2003) citam que é muito importante o estabelecimento de critérios de aceitabilidade criados levando em consideração o conhecimento da capacidade de assimilação do local e as características deste corpo receptor, e da compreensão das interações dos diversos fatores ambientais, além do manejo severo dos fatores causadores de impactos ambientais.

Para controlar os impactos ambientais dos cultivos podem ser adotadas pelo menos duas medidas, sendo a primeira referente à adoção de práticas sustentáveis de gestão costeira, o que permite o desenvolvimento da atividade dentro de limites aceitáveis e impede danos irreversíveis ao meio ambiente (Borja 2002). A segunda medida está relacionada à integração entre a modelagem numérica e as boas práticas de manejo, minimizando o aporte de nutrientes e matéria orgânica para o meio adjacente. Gómez-Galindo (2000) aponta a necessidade de se avaliar a performance da aquicultura de forma multidisciplinar.

A extensão da dispersão das diferentes frações do efluente gerado varia, e dependerá das características do cultivo (produção, espécie, regime de alimentação, etc.), dos efluentes resultantes e do regime local de correntes, assim como da época do ano, liberando-se quantidades mais elevadas nos meses de verão, devido as maiores taxas de alimentação nesta época. (Sara *et al.* 2006). Um estudo de monitoramento ambiental deve, então, levar em conta todas estas variáveis, por isso, Rapp *et al.* (2007) relatam que estudos de avaliação de impactos dispendem muito tempo.

Como exemplo, na Europa, consideráveis esforços vêm sendo feitos para avaliar as relações entre as atividades de cultivo e o meio ambiente circundante, como geração de uma série de modelos, guias de boas práticas de manejo, procedimentos de

monitoramento das atividades, estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, entre outros (Carroll *et al.* 2003).

Martí *et al.* (2005) recomendam que as variáveis analisadas e a periodicidade das coletas sejam adequadas às características do tipo de cultivo a ser realizado, pois, por exemplo, a maior parte dos trabalhos de monitoramento realizados na Comunidade Valenciana, na Espanha, são inadequados. Os autores recomendam que um Plano de Vigilância Ambiental – PVA deve seguir diretrizes mínimas e básicas para ser eficiente, focando os fatores ambientais mais afetados, e utilizando as ferramentas verdadeiramente úteis para a detecção dos impactos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi conduzir um estudo piloto, acompanhando possíveis mudanças nas características da água e do sedimento marinho, no entorno de um cultivo de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em tanques-rede no litoral nordeste do Brasil, buscando avaliar a influência deste cultivo sobre o meio adjacente, e os possíveis impactos ambientais negativos resultantes deste cultivo. Este estudo poderá auxiliar pesquisas futuras nesta área. O trabalho objetiva também o levantamento de dados importantes, que servirão de base para serem aplicados em um sistema de modelagem, que poderá determinar a capacidade de suporte do ambiente.

2.2. Objetivos específicos

- Quantificar o aporte de nutrientes e matéria orgânica do ambiente de cultivo para o ecossistema adjacente, no que se refere à coluna d'água e ao sedimento;
- Avaliar possíveis mudanças nas características físico-químicas do ambiente circundante ao cultivo;
- Avaliar possíveis mudanças na biomassa fitoplanctônica do sistema circundante ao cultivo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

1.1. Local de estudo

As coletas foram realizadas em um cultivo experimental de *Rachycentron canadum*, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). As unidades experimentais estavam localizadas em mar aberto, na plataforma continental do Estado de Pernambuco, em frente à praia de Boa Viagem, cidade do Recife. A área concedida ao cultivo localizava-se a uma distância de 4,3 milhas náuticas (mn) da praia e 5,7 mn do Porto de Recife, cuja profundidade média é de 22 metros.

Os peixes foram distribuídos em quatro tanques-rede de 16 m de diâmetro x 6 m de profundidade, resultando em um volume útil de 1200 m³ cada. Os tanques-rede foram dispostos lado a lado distanciados 12 m, fixados por um sistema de fundeio, conforme a figura 2.



Figura 2: Os quatro tanques-rede de cultivo de beijupirá na costa de Recife, praia de Boa Viagem.

O ambiente monitorado possui baixas concentrações de nutrientes, característico de ambientes oligotróficos. Há predominância de vento sudeste. Quanto à sedimentologia, o leito marinho é composto por sedimentos com 27,7% de cascalho, 68,9% de areia (predominando a fração grossa) e 3,4% de lama. Sua composição é de 93,8% de carbonato de cálcio, oriundo dos restos de organismos aquáticos.

1.2. Características do cultivo

Os peixes foram obtidos junto a um laboratório comercial instalado no município de Ipojuca, em Pernambuco. Em dezembro de 2010, 15 mil juvenis de

beijupirá com peso médio de 150 g foram transferidos para os tanques a uma densidade média de 3,0 peixes/m³, onde os mesmos foram mantidos até 15 de setembro de 2011, totalizando nove meses de cultivo. Durante este período, a alimentação consistiu de uma ração comercial de produção nacional com formulação específica para o beijupirá contendo cerca de 42% de proteína bruta e 8% de lipídios totais. A alimentação foi fornecida em duas refeições diárias, no início da manhã e ao entardecer. A quantidade total de ração utilizada ao longo de todo o cultivo foi 14.310,5 kg, como mostra a tabela 1.

Tabela 1: Quantidade de ração aportada ao longo do cultivo.

MÊS	KG
Dez/10	800
Jan/11	1860
Fev/11	1745,5
Mar/11	2600,5
Abr/11	2090
Mai/11	1514,5
Jun/11	1385
Jul/11	1274,5
Ago/11	817,5
Set/11	223
Total	14.310,5

Ao final dos nove meses de cultivo, a média (\pm DP) de comprimento total e peso total dos peixes foi 55,37 cm (\pm 6,35) e 1.974,66 g (\pm 603,82), respectivamente. O menor peixe amostrado tinha 415 g de peso total e 37 cm de comprimento, e o maior, 4.085 g e 64 cm.

1.3. Monitoramento ambiental

As coletas para o monitoramento ambiental foram realizadas a cada dois meses, aproximadamente, ao longo de nove meses de cultivo, sendo realizadas ainda uma coleta inicial em setembro de 2010, correspondente a 1ª amostragem (anterior ao cultivo) e uma coleta final em dezembro de 2011, correspondente a 7ª amostragem (posterior ao cultivo), após a despesca que ocorreu em setembro de 2011, correspondente a 6ª amostragem, de acordo com a tabela 2:

Tabela 2: Datas das coletas realizadas durante o experimento.

	MÊS	DATA
1ª amostragem	Setembro	17/09/2010
2ª amostragem	Fevereiro	09/02/2011
3ª amostragem	Abril	05/04/2011
4ª amostragem	Junho	21/06/2011
5ª amostragem	Agosto	09 e 11/08/2011
6ª amostragem	Setembro	20/09/2011
7ª amostragem	Dezembro	07/12/2011

O deslocamento até as unidades de cultivo foi realizado por meio de embarcações da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), sendo um barco grande (Beijupirá) para facilitar o trabalho à bordo; e um pequeno bote (Cação de Escamas), permitindo acesso ao centro dos quatro tanques.



Figura 3: (A) Material para amostragem na embarcação. (B) Embarcação Beijupirá. (C) Bote Cação de Escamas.

Os parâmetros ambientais e amostras foram tomados em pontos pré-estabelecidos, de acordo com a figura 4, e levando-se em consideração metodologias já aplicadas em outros países. Os pontos de coleta devem ser escolhidos de acordo com cada cultivo específico. Porém, em qualquer caso, um ponto deve se situar diretamente abaixo do centro das estruturas, e outro a 200 metros do centro dos tanques, na direção da corrente predominante, já que alguns estudos vêm revelando que não se detectam enriquecimento orgânico em distâncias maiores que 100 metros do centro das instalações (Chen *et al.* 1999).

Assim, além de um ponto no centro dos quatro tanques (0 metros), as amostras foram coletadas em dois transectos, um em direção à costa (Oeste) e outro na direção oposta, para mar aberto (Leste). Cada transecto foi composto por três pontos amostrais, sendo estes 30m, 80m e 100m do ponto central, além de um ponto a 200m na direção Leste que foi considerado como ponto controle. As amostras de água ainda foram tomadas nas profundidades de 1 m (superfície), 10 m (meia água) e 20 m (fundo).

As amostras de água foram armazenadas em frascos plásticos de 300 ml, mantidas em gelo na embarcação, e imediatamente congeladas em freezer no laboratório em terra para posterior análise, sendo que, durante o transporte aéreo (Recife – Rio Grande), foram mantidas em gelo seco para manutenção da temperatura de congelamento.

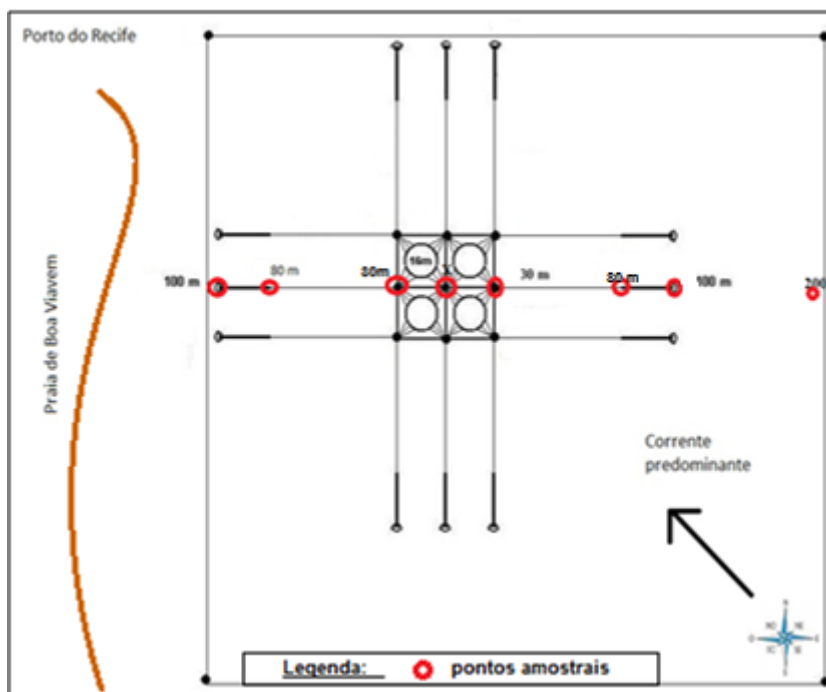


Figura 4: Esquema dos tanques de cultivo e pontos amostrais do trabalho.

1.4. Informações hidrodinâmicas

Sendo os dados hidrodinâmicos imprescindíveis para avaliar a influência do cultivo no meio circundante, foi desenvolvido paralelamente a este estudo, uma coleta dos dados de correntes na área da fazenda marinha. Para tal, foi instalado um perfilador acústico de correntes por efeito Doppler (PACD) da marca Nortek A/S modelo Aquadopp Profiler de 1000 kHz, nas proximidades dos tanques-rede do Projeto Cação

de Escamas. O período de observação foi de 02/06 a 19/10, totalizando 139 dias e quase cinco meses.

Foram registrados dados de velocidade e direção de correntes na coluna de água, avaliando principalmente as condições mais superficiais e que afetam mais diretamente as estruturas dos tanques.

A velocidade média registrada foi de 0,26 m/s, e o valor máximo foi de 0,78 m/s.

As correntes mais intensas ocorreram em junho e julho. Em agosto as correntes diminuíram gradualmente de intensidade, permanecendo assim durante setembro e outubro. No final de outubro ocorreu uma elevação brusca da intensidade no final do registro (*Dr. Carlos A.F. Schettini, comunicação pessoal*).

1.5. Análise das propriedades da água do mar

Com auxílio de aparelho Multiparâmetro YSI[®], foram coletados *in situ* os dados de oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade e pH da água. A transparência da água foi estimada através de disco de Secchi, apenas no ponto central dos tanques.

As amostras de água para a quantificação dos nutrientes dissolvidos foram coletadas através de garrafa de Niskin em todos os pontos amostrais e profundidades.

Foram determinadas as concentrações de amônio (NH_4^- -N), nitrito (NO_2^- -N), nitrogênio total (Nt) carbono orgânico total (COT) e fósforo total/fosfato (Pt/PO_4^+ -P). As amostras foram processadas com auxílio de um multianalisador WTW PhotoLab S6, e kits de análise específicos para cada nutriente, conforme tabela abaixo, na Estação Marinha de Aquacultura – IO/FURG.



Figura 5: (A) Coleta de água com garrafa de Niskin. (B) Garrafas de água para análise de nutrientes. (C) Kits e aparelhos utilizados para determinação de nutrientes na água.

Tabela 3: Nutrientes analisados, sua forma de leitura e respectivos intervalos de medida detectados pelo aparelho de leitura.

NUTRIENTE	LEITURA	INTERVALO DE MEDIDA (mg/L)
-----------	---------	----------------------------

Amônio	NH ₄ ⁺ -N	0,010 - 2,0
Nitrito	NO ₂ ⁻ -N	0,010 - 0,7
Nitrogênio Total	N	0,5 - 15,0
Carbono Orgânico Total	COT	5,0 - 80,0
Fósforo total/Fosfato	Pt/PO ₄ ⁺ -P	0,5 - 25,0

1.6. Análise do sedimento

As amostras de sedimento foram coletadas através de mergulho, com auxílio de corers de PVC, em todos os pontos amostrais, sendo que, posteriormente, a camada mais superficial do solo coletado foi selecionada com auxílio de espátula de inox e armazenada em pequenos frascos de vidro com tampa de plástico coberta com papel alumínio, evitando contaminação da amostra.

Os frascos foram imediatamente congelados e assim permaneceram até o seu processamento no Laboratório de Hidroquímica – IO/FURG, através da metodologia de Wallner-Kersanach *et al.* (2010), permitindo determinar as concentrações de carbono presentes no sedimento coletado no fundo dos tanques de cultivo. Para tal, as amostras foram previamente secas à 60°C em estufa até atingirem peso constante, pesando-se em seguida de 2,5 à 3,0 mg de cada amostra e analisando as mesmas no Analisador Elementar CHNS/O Série 2400 Series II da Perkin Elmer®.



Figura 6: (A) Mergulhador coletando amostra de sedimento com auxílio de corer de PVC. (B) Amostras de sedimento, após descarbonatação, secando em estufa. (C) Equipamento CHNS/O. (D) Saída do equipamento com resultados das análises.

A calibração do equipamento e o controle de qualidade das análises foram realizados utilizando-se o material de referência certificado acetanilida. A acetanilida apresentou os seguintes valores, de acordo com a tabela 4:

Tabela 4: Exatidão e precisão da análise: uso do material de referência certificado acetanilida (n=6).

	C%	% Recuperação do C
Valor certificado	71,09	–
Valor analisado	71,37	100,39
Valor analisado	71,47	100,53
Valor analisado	71,29	99,89
Valor analisado	71,27	99,72
Valor analisado	71,6	100,43
Valor analisado	71,34	100,10

1.7. Biomassa fitoplanctônica

A biomassa de fitoplâncton foi determinada em todos os pontos amostrais e nas diferentes profundidades e dosada por análise de clorofila *a* por fluorimetria (Welschmeyer 1994). Para tal, as amostras de água coletadas foram mantidas no escuro até a chegada ao laboratório em terra. 150 ml de amostra de cada ponto foram filtradas com auxílio de bomba à vácuo, em filtros de fibra de vidro (GF/F 47 mm), que foram envoltos em papel alumínio e congelados para posterior análise. Os pigmentos foram extraídos no escuro durante um período de 24 horas com temperatura de -18 °C, em acetona 90% (Merk® PA). A leitura foi realizada com auxílio de fluorímetro Turner TD -700, junto ao Laboratório de Ecologia do Fitoplâncton e Microorganismos Marinhos – IO/FURG.

1.8. Análise estatística

A Estatística não-paramétrica representa um conjunto de ferramentas de uso mais apropriado em pesquisas onde não se conhece bem a distribuição da população e seus parâmetros (Campos 2002). Entretanto, no presente estudo, devido a ausência de réplicas, ao pequeno número amostral e a distribuição não-normal dos dados (uma vez que não foi possível obter uma transformação dos mesmos), não foi possível a aplicação de testes não paramétricos, sendo realizada, então, apenas uma descrição do comportamento dos dados, com auxílio de uma estatística descritiva.

As estatísticas descritivas permitem caracterizar as variáveis ao longo do tempo da realização do experimento (de setembro de 2010 a dezembro de 2011). Utilizando-se a taxa evolutiva dos parâmetros coletados, pode-se avaliar a variação destes no meio ambiente (Bussab & Morettin 2003). Para verificar o comportamento das variáveis neste estudo, no período de setembro de 2010 a dezembro de 2011, calculou-se a taxa de variação destas, tomando-se como base os dados da primeira coleta de cada variável (dados de referência), sendo esta a amostra base. Esta taxa é um indicador de base fixa, sendo um valor em percentual, obtido pela razão das amostras em relação à amostra base, cuja fórmula é:

$$\text{Taxa (\%)} = ([\text{amostra/amostra base}] * 100 - 100)$$

Os resultados são apresentados a seguir em forma de tabelas com dados obtidos e taxas calculadas, além de gráficos mostrando a evolução dos parâmetros ao longo do cultivo, nas diferentes distâncias e profundidades.

Tabelas com espaços vazios significam dados não obtidos, e os traços (-) significam valores abaixo do limite de detecção do aparelho, podendo ser nulos.

4. RESULTADOS

Tabela 5: Informações meteorológicas e oceanográficas obtidas ao longo das coletas.

CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS/OCEANOGRÁFICAS			
COLETA	TEMPO	VENTO	MAR
1ª amostragem	Sol com nuvens	SE forte	Agitado
2ª amostragem	Sol	SE fraco	Corrente fraca N
3ª amostragem	Sol	Moderado	Moderado
4ª amostragem	Chuva	SE forte	Agitado
5ª amostragem* (09/08)	Nublado, chuviscos	S moderado	Muito agitado
5ª amostragem* (11/08)	Sol	Fraco	Calmo
6ª amostragem	Sol com pancadas de chuva	Forte	Agitado, corrente forte
7ª amostragem*	Sol	L fraco	Calmo

* Ocorrência de chuvas no período anterior à coleta

Devido às más condições do mar na primeira amostragem, além da falta de experiência da equipe com este tipo de coleta, foram coletados dados de apenas quatro pontos amostrais, sendo estes os pontos centrais das gaiolas na superfície e fundo, e os pontos a 100 metros superfície e fundo na direção oeste, dos quais foram obtidos a média dos parâmetros coletados, e considerado como valor representativo do ambiente como um todo, uma vez que o mesmo ainda não sofria influência do cultivo, o ambiente pôde ser considerado homogêneo.

A seguir são apresentados os resultados dos parâmetros analisados.

4.1. Temperatura

Tabela 6: Dados completos de temperatura obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em graus Celsius (°C).

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	1ª coleta (set/10)	2ª coleta (fev/11)	3ª coleta (abr/11)	4ª coleta (jun/11)	5ª coleta (ago/11)	6ª coleta (set/11)	7ª coleta (dez/11)
S	0	26,36		29,9	27,16	26,48	26,23	27,85
M	0	26,36		29,85	27,18	26,46	26,24	27,74
F	0	26,36		29,72	27,16	26,27	26,24	27,73
S	O30	26,36	29,08	29,78	27	26,13	26,22	27,78
M	O30	26,36	28,93	29,74	27,15	26,12	26,23	27,73
F	O30	26,36	28,79	29,72	27,16	26,12	26,21	27,73
S	O80	26,36	29,19	29,88	27,12	26,12	26,22	27,79
M	O80	26,36	28,9	29,84	27,16	26,12	26,22	27,74
F	O80	26,36	28,86	29,83	27,15	26,12	26,22	27,72
S	O100	26,36	29,23	29,88	27,13	26,13	26,24	27,79
M	O100	26,36	28,88	29,86	27,16	26,13	26,1	27,73
F	O100	26,36	28,81	29,79	27,16	26,13	26,22	27,72
S	L30	26,36	29,24	29,88	27,16	26,51	26,22	27,88
M	L30	26,36	28,88	29,87	27,16	26,45	26,22	27,74
F	L30	26,36	29,07	29,72	27,15	26,28	26,21	27,73
S	L80	26,36	29,29	29,87	27,12	26,19	26,24	27,81
M	L80	26,36	28,93	29,77	27,17	26,19	26,23	27,76
F	L80	26,36	28,78	29,71	27,14	26,19	26,21	27,72
S	L100	26,36	29,23	29,79	27,14	26,19	26,23	27,82
M	L100	26,36	28,86	29,77	27,17	26,19	26,22	27,73
F	L100	26,36	28,78	29,74	27,14	26,18	26,21	27,72
S	200	26,36	29,24	29,73	27	26,19	26,21	27,82
M	200	26,36	28,87	29,72	27,16	26,19	26,22	27,73
F	200	26,36	28,76	29,71	27,14	26,18	26,22	27,72

Tabela 7: Taxa de variação da temperatura ao longo do experimento, com relação à amostra base.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	2ª/base	3ª/base	4ª/base	5ª/base	6ª/base	7ª/base
S	0		13,43	3,03	0,46	-0,49	5,65
M	0		13,24	3,11	0,38	-0,46	5,24

F	0		12,75	3,03	-0,34	-0,46	5,20
S	O30	10,32	12,97	2,43	-0,87	-0,53	5,39
M	O30	9,75	12,82	3,00	-0,91	-0,49	5,20
F	O30	9,22	12,75	3,03	-0,91	-0,57	5,20
S	O80	10,74	13,35	2,88	-0,91	-0,53	5,42
M	O80	9,64	13,20	3,03	-0,91	-0,53	5,24
F	O80	9,48	13,16	3,00	-0,91	-0,53	5,16
S	O100	10,89	13,35	2,92	-0,87	-0,46	5,42
M	O100	9,56	13,28	3,03	-0,87	-0,99	5,20
F	O100	9,29	13,01	3,03	-0,87	-0,53	5,16
S	L30	10,93	13,35	3,03	0,57	-0,53	5,77
M	L30	9,56	13,32	3,03	0,34	-0,53	5,24
F	L30	10,28	12,75	3,00	-0,30	-0,57	5,20
S	L80	11,12	13,32	2,88	-0,64	-0,46	5,50
M	L80	9,75	12,94	3,07	-0,64	-0,49	5,31
F	L80	9,18	12,71	2,96	-0,64	-0,57	5,16
S	L100	10,89	13,01	2,96	-0,64	-0,49	5,54
M	L100	9,48	12,94	3,07	-0,64	-0,53	5,20
F	L100	9,18	12,82	2,96	-0,68	-0,57	5,16
S	200	10,93	12,78	2,43	-0,64	-0,57	5,54
M	200	9,52	12,75	3,03	-0,64	-0,53	5,20
F	200	9,10	12,71	2,96	-0,68	-0,53	5,16

Os valores de temperatura da água coletados ao longo do cultivo não apresentaram variações significativas, sendo observadas alterações apenas de acordo com a sazonalidade (figura 7). Não foram observadas variações com relação às diferentes profundidades.

A temperatura foi mais elevada nos meses de fevereiro e abril, coincidindo com os meses de verão, sendo a média de 29,8°C correspondente ao mês de abril a mais elevada. As taxas chegaram a variar de 9,1 a 13,43% positivamente nestas coletas. Já as menores temperaturas ocorreram no período chuvoso (primeira, quinta e sexta amostragens), com médias de 26,36; 26,24 e 26,22°C, coincidindo com o período mais frio do ano, sendo que a quinta e sexta amostragens ocorreram sob chuva e ventos fortes. Na tabela 7 podem-se observar as taxas negativas para a quinta e sexta amostragens, quando comparadas a primeira coleta.

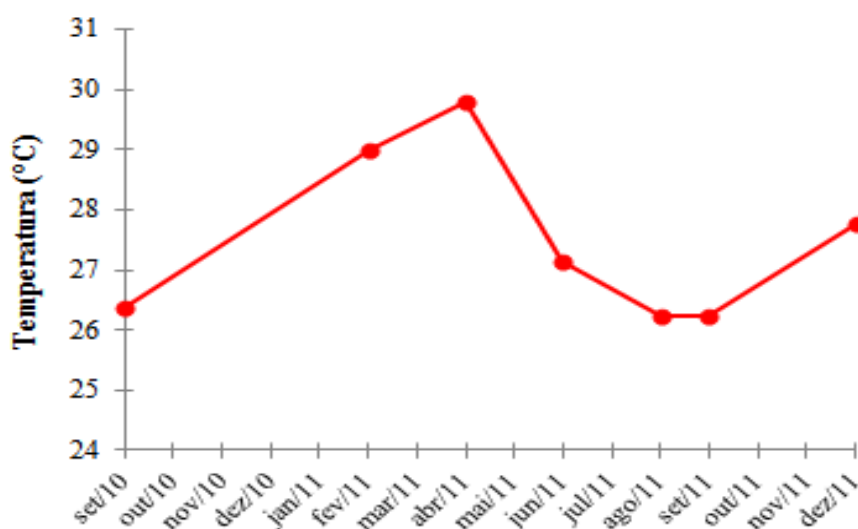


Figura 7: Variação média de todos os pontos amostrais da temperatura em graus Celsius ao longo do cultivo.

4.2. Salinidade

Tabela 8: Dados completos de salinidade obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	1ª coleta (set/10)	2ª coleta (fev/11)	3ª coleta (abr/11)	4ª coleta (jun/11)	5ª coleta (ago/11)	6ª coleta (set/11)	7ª coleta (dez/11)
S	0	35,87		37,23	33,27	35,93	35,69	36,69
M	0	35,87		37,26	35,09	34,98	36,31	36,35
F	0	35,87		37,27	34,3	34,92	35,56	35,85
S	O30	35,87	37,03	37,2	36,16	36,99	36,09	36,77
M	O30	35,87	36,96	37,21	36,35	36,07	35,38	36,03
F	O30	35,87	36,98	37,21	36,03	36,15	35,17	36,7
S	O80	35,87	37,07	37,16	36,12	37,04	35,25	35,81
M	O80	35,87	36,62	37,19	35,18	35,95	35,57	36,76
F	O80	35,87	36,61	37,12	34,56	36,55	35,87	36,32
S	O100	35,87	36,71	36,94	36,26	37,34	36,36	36,76
M	O100	35,87	36,75	36,77	35,3	36,87	35,45	36,39
F	O100	35,87	36,84	37,12	34,4	37,04	35,78	36,03
S	L30	35,87	36,91	36,61	36,2	36,6	36,21	36,73
M	L30	35,87	36,98	36,91	35,53	36,21	35,13	36,3

F	L30	35,87	37,08	36,61	35,43	36,56	35,32	35,64
S	L80	35,87	36,9	37,2	36,08	37,02	35,3	36,72
M	L80	35,87	36,94	37,2	35,85	36,63	35,35	36,23
F	L80	35,87	36,47	36,54	34,84	36,68	36,22	35,68
S	L100	35,87	33,42	36,77	36,13	36,98	36,24	36,81
M	L100	35,87	31	37,08	35,18	36,37	35,53	36,3
F	L100	35,87	37,11	37,09	35,6	36,71	35,73	35,69
S	200	35,87	36,37	37,22	36,17	37,01	35,69	36,78
M	200	35,87	36,91	37,21	36,32	37,19	35,25	36,17
F	200	35,87	36,98	37,21	35,75	36,48	36,03	36,21

Tabela 9: Taxa de variação da salinidade ao longo do experimento, com relação à amostra base.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	2^a/base	3^a/base	4^a/base	5^a/base	6^a/base	7^a/base
S	0		3,79	-7,25	0,17	-0,50	2,29
M	0		3,88	-2,17	-2,48	1,23	1,34
F	0		3,90	-4,38	-2,65	-0,86	-0,06
S	O30	3,23	3,71	0,81	3,12	0,61	2,51
M	O30	3,04	3,74	1,34	0,56	-1,37	0,45
F	O30	3,09	3,74	0,45	0,78	-1,95	2,31
S	O80	3,35	3,60	0,70	3,26	-1,73	-0,17
M	O80	2,09	3,68	-1,92	0,22	-0,84	2,48
F	O80	2,06	3,48	-3,65	1,90	0,00	1,25
S	O100	2,34	2,98	1,09	4,10	1,37	2,48
M	O100	2,45	2,51	-1,59	2,79	-1,17	1,45
F	O100	2,70	3,48	-4,10	3,26	-0,25	0,45
S	L30	2,90	2,06	0,92	2,04	0,95	2,40
M	L30	3,09	2,90	-0,95	0,95	-2,06	1,20
F	L30	3,37	2,06	-1,23	1,92	-1,53	-0,64
S	L80	2,87	3,71	0,59	3,21	-1,59	2,37
M	L80	2,98	3,71	-0,06	2,12	-1,45	1,00
F	L80	1,67	1,87	-2,87	2,26	0,98	-0,53
S	L100	-6,83	2,51	0,72	3,09	1,03	2,62
M	L100	-13,58	3,37	-1,92	1,39	-0,95	1,20
F	L100	3,46	3,40	-0,75	2,34	-0,39	-0,50
S	200	1,39	3,76	0,84	3,18	-0,50	2,54
M	200	2,90	3,74	1,25	3,68	-1,73	0,84
F	200	3,09	3,74	-0,33	1,70	0,45	0,95

A salinidade, de maneira geral, teve leve variação de acordo com as condições climáticas ao longo das coletas. Na 3ª amostragem, que teve sol, sem chuvas anteriores e as temperaturas mais elevadas, a salinidade também foi mais elevada, apresentando média geral de 37,06, e taxas positivas, como possível observar na tabela 9, possivelmente devido às mais altas taxas de evaporação, que acabam por aumentar a salinidade. Já a menor média foi da 4ª amostragem, ficando em 35,5, que ocorreu sob chuva, produzindo redução na salinidade. Assim como para temperatura, não foi observado qualquer padrão de comportamento da salinidade de acordo com as diferentes profundidades. Fica claro observando a tabela acima, que durante os meses mais quentes, as taxas são positivas e mais elevadas, quando comparadas a primeira amostragem.

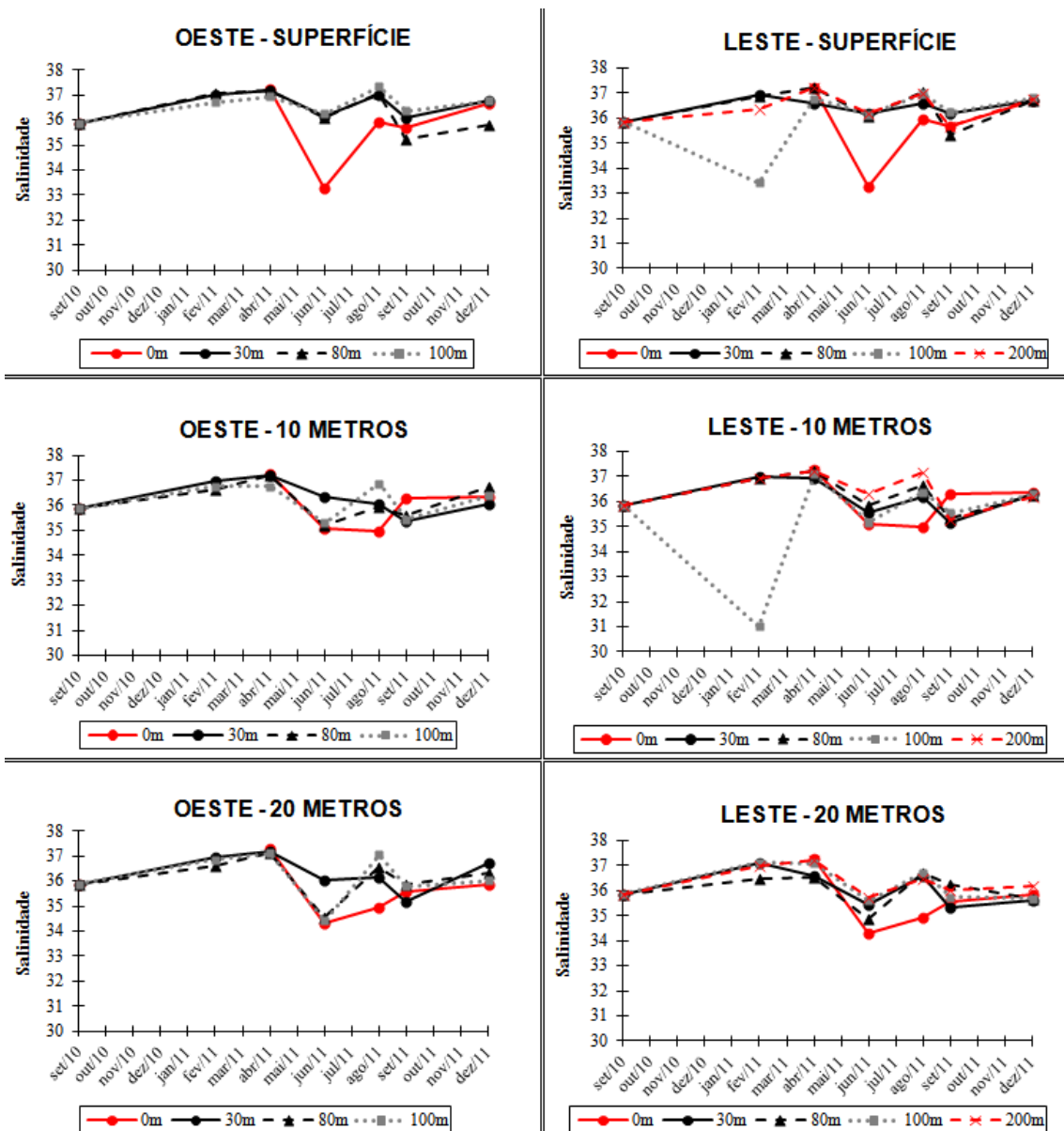


Figura 8: Variação da salinidade ao longo do cultivo nas diferentes distâncias, profundidades e direções do centro dos tanques-rede.

4.3. Oxigênio dissolvido

Tabela 10: Dados completos de oxigênio dissolvido obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em mg/L.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	1ª coleta (set/10)	2ª coleta (fev/11)	3ª coleta (abr/11)	4ª coleta (jun/11)	5ª coleta (ago/11)	6ª coleta (set/11)	7ª coleta (dez/11)
S	0	7,45		7,26	7,11	7,17	5,62	5,23
M	0	7,45		7,18	7,24	6,84	7,43	5,35
F	0	7,45		7,18	7,25	6,78	7,51	5,32

S	O30	7,45	7,16	7,37	7,36	7,7	7,74	5,3
M	O30	7,45	7,08	7,29	7,24	7,43	7,59	5,22
F	O30	7,45	6,94	7,26	7,53	7,77	7,55	5,19
S	O80	7,45	6,95	7,03	7,15	7,35	7,34	5,28
M	O80	7,45	6,95	7,18	7,32	7,38	7,51	5,2
F	O80	7,45	7,13	7,22	7,36	7,39	7,7	5,28
S	O100	7,45	7,28	7,15	7,11	7,09	8,04	5,34
M	O100	7,45	7,02	7,3	7,18	7,17	7,62	5,35
F	O100	7,45	7,33	7,27	7	7,14	7,7	5,31
S	L30	7,45	5,7	7,26	7,13	6,24	5,76	5,31
M	L30	7,45	5,3	7,21	7,08	6,25	7,64	5,38
F	L30	7,45	5,18	7,28	7,21	6,19	7,58	5,39
S	L80	7,45	6,77	7,25	7,39	6,8	6,6	5,32
M	L80	7,45	7,05	7,2	7,4	6,98	7,52	5,37
F	L80	7,45	7,26	7,22	7,04	7,12	7,74	5,35
S	L100	7,45	7,38	7,54	7,25	6,93	6,98	5,36
M	L100	7,45	6,94	7,2	7,19	7,08	7,48	5,32
F	L100	7,45	7,12	7,22	7,25	7,08	7,62	5,35
S	200	7,45	7,23	7,28	7,27	7,14	7,88	5,29
M	200	7,45	7,04	7,29	7,21	7,24	7,41	5,35
F	200	7,45	7,02	7,2	7,27	7,25	7,62	5,4

Tabela 11: Taxa de variação do oxigênio dissolvido ao longo do experimento, em relação à amostra base.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	2ª/base	3ª/base	4ª/base	5ª/base	6ª/base	7ª/base
S	0		-2,55	-4,56	-3,76	-24,56	-29,80
M	0		-3,62	-2,82	-8,19	-0,27	-28,19
F	0		-3,62	-2,68	-8,99	0,81	-28,59
S	O30	-3,89	-1,07	-1,21	3,36	3,89	-28,86
M	O30	-4,97	-2,15	-2,82	-0,27	1,88	-29,93
F	O30	-6,85	-2,55	1,07	4,30	1,34	-30,34
S	O80	-6,71	-5,64	-4,03	-1,34	-1,48	-29,13
M	O80	-6,71	-3,62	-1,74	-0,94	0,81	-30,20
F	O80	-4,30	-3,09	-1,21	-0,81	3,36	-29,13
S	O100	-2,28	-4,03	-4,56	-4,83	7,92	-28,32
M	O100	-5,77	-2,01	-3,62	-3,76	2,28	-28,19
F	O100	-1,61	-2,42	-6,04	-4,16	3,36	-28,72

S	L30	-23,49	-2,55	-4,30	-16,24	-22,68	-28,72
M	L30	-28,86	-3,22	-4,97	-16,11	2,55	-27,79
F	L30	-30,47	-2,28	-3,22	-16,91	1,74	-27,65
S	L80	-9,13	-2,68	-0,81	-8,72	-11,41	-28,59
M	L80	-5,37	-3,36	-0,67	-6,31	0,94	-27,92
F	L80	-2,55	-3,09	-5,50	-4,43	3,89	-28,19
S	L100	-0,94	1,21	-2,68	-6,98	-6,31	-28,05
M	L100	-6,85	-3,36	-3,49	-4,97	0,40	-28,59
F	L100	-4,43	-3,09	-2,68	-4,97	2,28	-28,19
S	200	-2,95	-2,28	-2,42	-4,16	5,77	-28,99
M	200	-5,50	-2,15	-3,22	-2,82	-0,54	-28,19
F	200	-5,77	-3,36	-2,42	-2,68	2,28	-27,52

A média geral da concentração de oxigênio dissolvido foi de 6,93 mg/L. De acordo com as taxas calculadas, a partir da primeira coleta, observou-se que na maioria das amostras ocorreram diminuições deste parâmetro, ao longo do tempo, nas diferentes profundidades e direções. As taxas obtidas em sua maioria foram negativas, demonstrando o decréscimo de oxigênio dissolvido na água, chegando este a mais de 30%. A maior redução ocorreu na última coleta, correspondente ao mês de dezembro, e em alguns pontos durante a segunda amostragem, fevereiro, quando comparados à primeira, o que pode ser devido às temperaturas mais elevadas nestes meses, e o mesmo ocorreu para alguns pontos na segunda amostragem, quando comparados à primeira.

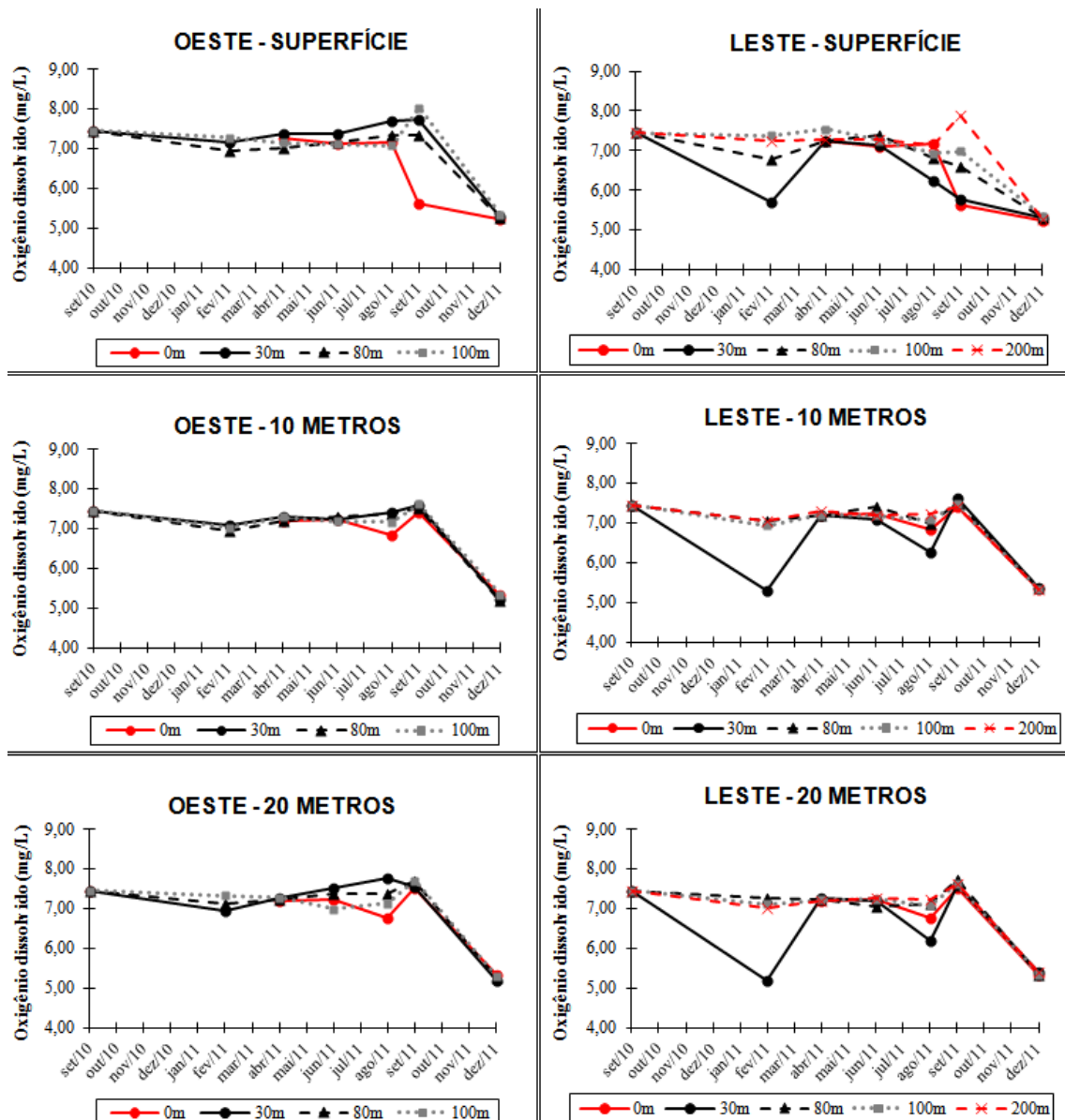


Figura 9: Variação do oxigênio dissolvido ao longo do cultivo nas diferentes distâncias, profundidades e direções do centro dos tanques-rede.

4.4. pH

Tabela 12: Dados completos do potencial hidrogeniônico (pH) obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	1ª coleta (set/10)	2ª coleta (fev/11)	3ª coleta (abr/11)	4ª coleta (jun/11)	5ª coleta (ago/11)	6ª coleta (set/11)	7ª coleta (dez/11)
S	0	7,5		8,82	8,77	8,59	9,04	9,86
M	0	7,5		8,67	8,65	8,89	9,02	9,1

F	0	7,5		8,62	8,68	8,9	8,88	9,18
S	O30	7,5	6,81	8,66	8,57	9,28	9,21	9,37
M	O30	7,5	6,7	8,62	8,76	8,84	8,85	9,04
F	O30	7,5	6,68	8,26	8,74	8,88	8,84	8,92
S	O80	7,5	6,56	8,6	8,74	8,76	9,1	8,98
M	O80	7,5	6,62	8,58	8,62	9,5	8,78	8,93
F	O80	7,5	6,58	8,54	8,64	9,13	8,86	8,87
S	O100	7,5	6,62	8,52	8,76	9,19	9,06	9,57
M	O100	7,5	6,63	8,5	8,7	8,89	8,9	8,9
F	O100	7,5	6,63	8,54	8,66	8,99	8,84	8,9
S	L30	7,5	5,43	9,05	8,73	8,98	9,31	9,78
M	L30	7,5	6,21	8,75	8,68	8,91	8,98	9,08
F	L30	7,5	6,38	8,7	8,63	8,92	8,87	9,27
S	L80	7,5	6,59	8,59	8,86	9,2	9,04	9,83
M	L80	7,5	6,63	8,48	8,71	8,94	8,99	9,08
F	L80	7,5	6,65	8,5	8,65	8,92	8,91	9,25
S	L100	7,5	6,56	8,61	8,84	9,39	9,12	9,34
M	L100	7,5	6,55	8,55	8,75	9,17	9,02	9,04
F	L100	7,5	6,61	8,51	8,63	9,07	8,87	9,24
S	200	7,5	6,68	8,32	8,84	9,17	8,83	10,28
M	200	7,5	6,67	8,6	8,78	8,98	8,96	9,17
F	200	7,5	6,66	8,59	8,69	8,86	8,8	9,38

Tabela 13: Taxa de variação do pH ao longo do experimento, em relação à amostra base.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	2ª/base	3ª/base	4ª/base	5ª/base	6ª/base	7ª/base
S	0		17,60	16,93	14,53	20,53	31,47
M	0		15,60	15,33	18,53	20,27	21,33
F	0		14,93	15,73	18,67	18,40	22,40
S	O30	-9,20	15,47	14,27	23,73	22,80	24,93
M	O30	-10,67	14,93	16,80	17,87	18,00	20,53
F	O30	-10,93	10,13	16,53	18,40	17,87	18,93
S	O80	-12,53	14,67	16,53	16,80	21,33	19,73
M	O80	-11,73	14,40	14,93	26,67	17,07	19,07
F	O80	-12,27	13,87	15,20	21,73	18,13	18,27
S	O100	-11,73	13,60	16,80	22,53	20,80	27,60
M	O100	-11,60	13,33	16,00	18,53	18,67	18,67

F	O100	-11,60	13,87	15,47	19,87	17,87	18,67
S	L30	-27,60	20,67	16,40	19,73	24,13	30,40
M	L30	-17,20	16,67	15,73	18,80	19,73	21,07
F	L30	-14,93	16,00	15,07	18,93	18,27	23,60
S	L80	-12,13	14,53	18,13	22,67	20,53	31,07
M	L80	-11,60	13,07	16,13	19,20	19,87	21,07
F	L80	-11,33	13,33	15,33	18,93	18,80	23,33
S	L100	-12,53	14,80	17,87	25,20	21,60	24,53
M	L100	-12,67	14,00	16,67	22,27	20,27	20,53
F	L100	-11,87	13,47	15,07	20,93	18,27	23,20
S	200	-10,93	10,93	17,87	22,27	17,73	37,07
M	200	-11,07	14,67	17,07	19,73	19,47	22,27
F	200	-11,20	14,53	15,87	18,13	17,33	25,07

Na figura 10 pode-se observar a variação do pH entre os diferentes pontos amostrais e profundidades, sendo o menor valor observado de 5,43 e o maior de 10,28. Como os valores pouco diferiram entre os diferentes pontos amostrais, o gráfico abaixo apresenta uma média geral de todos os pontos coletados. De acordo com as taxas, apresentadas na tabela 13, observou-se queda nos valores de pH apenas na segunda coleta em relação a amostra base, passando de 7,5 para 6,55, abaixo do normal para águas marinhas, sendo que as taxas apresentaram-se negativas para todos os pontos amostrais nesta coleta. Os demais valores obtidos aumentaram, em relação à referência, sendo a maior média relativa à última coleta, no mês de dezembro, com média de 9,28 e taxa de até 37,07%.

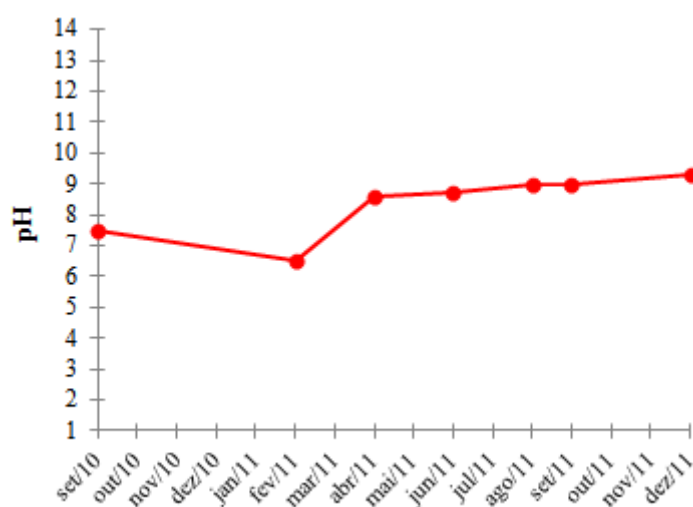


Figura 10: Variação média de todos os pontos amostrais do pH ao longo do cultivo.

4.5. Disco de Secchi

Tabela 14: Dados completos da transparência da água (disco de Secchi) obtidos ao longo do experimento no centro dos tanques-rede. Valores em metros.

1ª coleta (set/10)	2ª coleta (fev/11)	3ª coleta (abr/11)	4ª coleta (jun/11)	5ª coleta (ago/11)	6ª coleta (set/11)	7ª coleta (dez/11)
4	14,5	12	7	7,5	6	17,5

Tabela 15: Taxa de variação da transparência da água (disco de Secchi) ao longo do experimento, em relação à amostra base.

2ª/base	3ª/base	4ª/base	5ª/base	6ª/base	7ª/base
262,5	200	75	87,5	50	337,5

Os valores de transparência da água medidos através de disco de Secchi variaram de 4 à 17,5 metros, de acordo com as condições meteorológicas e oceanográficas nos dias de coletas. Os valores de menor transparência corresponderam a 1ª, 4ª, 5ª e 6ª amostragens, já as maiores penetrações de luz ocorreram nos meses de dezembro e fevereiro.

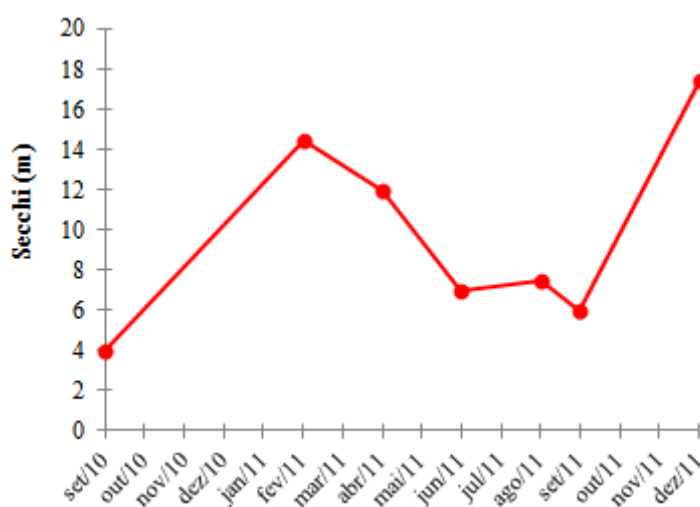


Figura 11: Variação da transparência da água (disco de Secchi) ao longo do cultivo no ponto central dos tanques-rede.

4.6. Amônio

A tabela com os dados de amônio apresenta apenas a 1ª, 2ª, 3ª e 6ª amostragens, uma vez que na 4ª, 5ª e 7ª os valores foram abaixo do detectável em todos os pontos.

Tabela 16: Dados completos de amônio dissolvido na água obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em mg/L.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	1ª coleta (set/10)	2ª coleta (fev/11)	3ª coleta (abr/11)	6ª coleta (set/11)
S	0	0,01	0,011	–	0,14
M	0	0,01	0,01	0,02	–
F	0	0,01	0,04	–	–
S	O30	0,01	0,021	–	–
M	O30	0,01	0,016	–	–
F	O30	0,01	0,016	–	–
S	O80	0,01	0,013	–	–
M	O80	0,01	0,011	–	–
F	O80	0,01	0,012	–	0,15
S	O100	0,01	0,01	–	0,16
M	O100	0,01	0,043	–	0,03
F	O100	0,01	–	–	–
S	L30	0,01	–	–	0,22
M	L30	0,01	–	–	–
F	L30	0,01	–	–	–
S	L80	0,01	–	–	–
M	L80	0,01	0,001	0,12	0,15
F	L80	0,01	–	–	–
S	L100	0,01	0,001	–	–
M	L100	0,01	0,001	–	–
F	L100	0,01	0,008	–	–
S	200	0,01	–	–	–
M	200	0,01	–	–	–
F	200	0,01	–	–	–

Tabela 17: Taxa de variação de amônio dissolvido na água ao longo do experimento, em relação à amostra base.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	2ª/base	3ª/base	6ª/base
S	0	10		
M	0	0	100	

F	0	300		
S	O30	110		
M	O30	60		
F	O30	60		
S	O80	30		
M	O80	10		
F	O80	20		
S	O100	0		
M	O100	330		
F	O100			
S	L30			
M	L30			
F	L30			
S	L80			
M	L80	-90	1100	1400
F	L80			
S	L100	-90		
M	L100	-90		
F	L100	-20		
S	200			
M	200			
F	200			

Observando a tabela 16, pode-se verificar que várias medições de amônio atingiram valores abaixo do limite de detecção do aparelho e que as concentrações foram quase nulas durante a maior parte das coletas.

É possível inferir que as maiores concentrações ocorreram durante os meses fevereiro (verão) e ao final do período de produção.

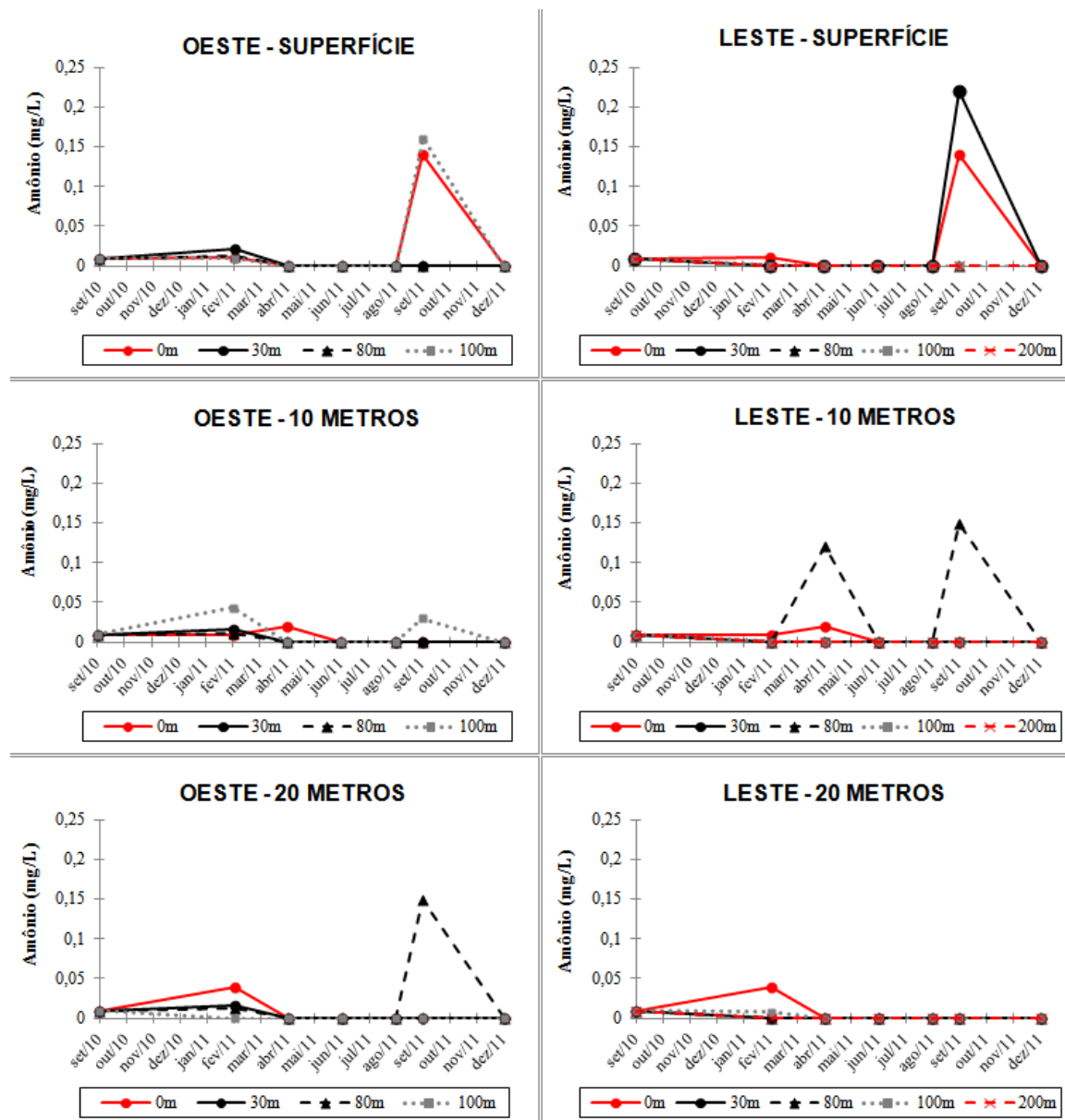


Figura 12: Variação de amônio na água ao longo do cultivo nas diferentes distâncias, profundidades e direções do centro dos tanques-rede.

4.7. Nitrito

A tabela com os dados de nitrito não apresentam os dados da 1^a e 2^a amostragens, devido a erros no processamento das amostras, e a 4^a amostragem devido aos valores não terem sido detectados em nenhum ponto amostral. Como se pode observar na tabela 18, grande parte dos valores obtidos ficaram abaixo do limite de detecção do aparelho, não sendo possível calcular as taxas de evolução deste composto.

Tabela 18: Dados completos de nitrito dissolvido na água obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em mg/L.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	3ª coleta (abr/11)	5ª coleta (ago/11)	6ª coleta (set/11)	7ª coleta (dez/11)
S	0	–	–	–	–
M	0	–	–	–	0,016
F	0	–	–	–	0
S	O30	–	–	–	0,036
M	O30	0,07	–	–	0,012
F	O30	–	–	–	0,026
S	O80	–	–	–	–
M	O80	0,002	–	–	–
F	O80	–	–	–	0,004
S	O100	–	–	–	–
M	O100	0,002	–	–	0,018
F	O100	–	0,004	–	–
S	L30	–	–	0,014	–
M	L30	–	–	–	0,006
F	L30	0,006	–	–	–
S	L80	–	–	–	0,018
M	L80	0,004	–	–	–
F	L80	–	–	–	0,048
S	L100	–	–	–	–
M	L100	–	–	–	0,032
F	L100	0,004	–	–	–
S	200	–	–	–	0,018
M	200	–	–	–	0,036
F	200	–	–	–	0,03

O valor máximo obtido foi de 0,048 mg/L, sendo que, apesar de na maioria dos pontos os valores não terem sido detectados, estes foram mais constantes e mais elevados durante a última amostragem, posterior ao cultivo, com média geral de 0,02 mg/L de nitrito dissolvido na água.

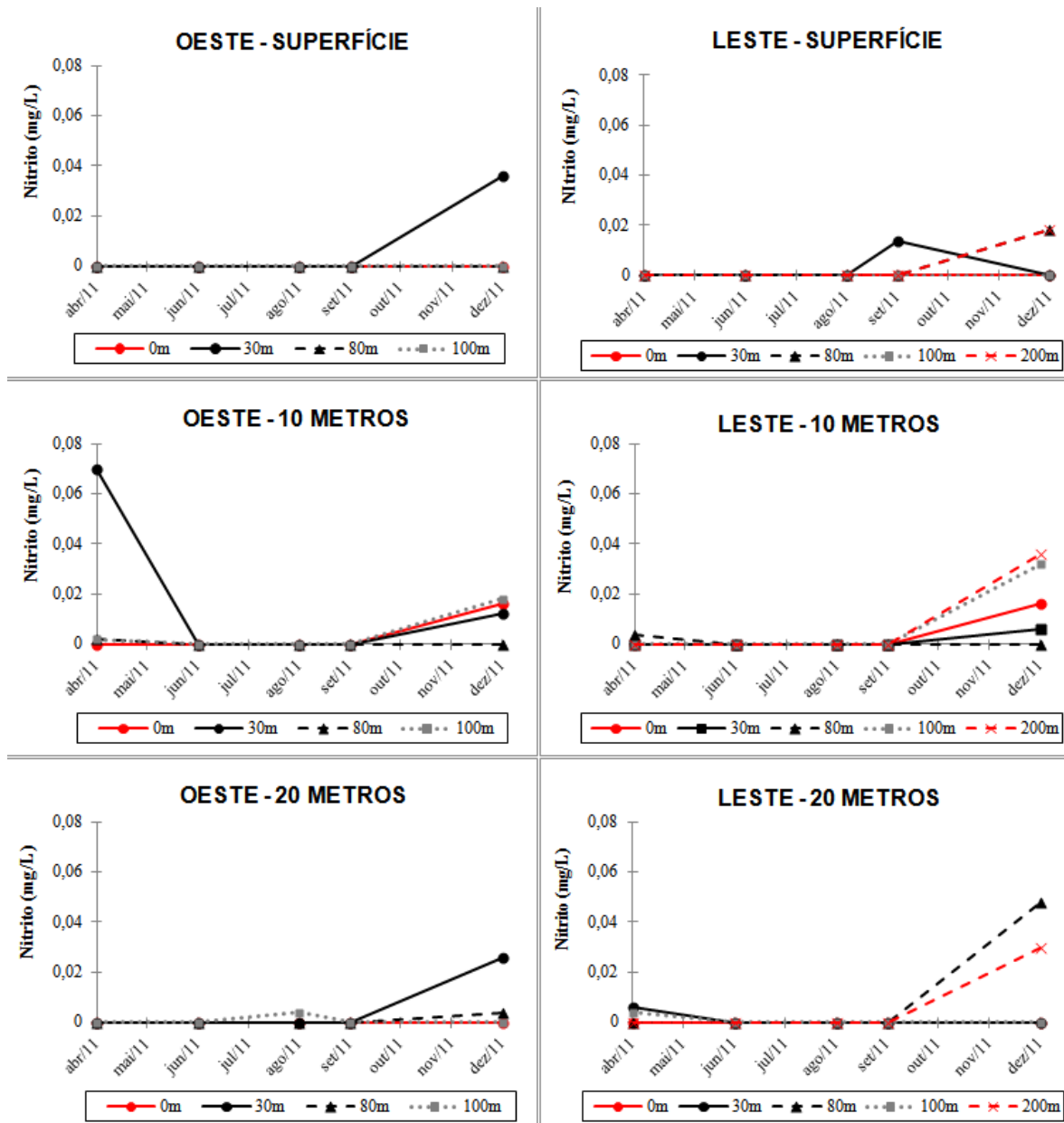


Figura 13: Variação de nitrito na água ao longo do cultivo nas diferentes distâncias, profundidades e direções do centro dos tanques-rede.

4.8. Nitrogênio total

Tabela 19: Dados completos de nitrogênio total na água obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em mg/L.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	1ª coleta (set/10)	2ª coleta (fev/11)	3ª coleta (abr/11)	4ª coleta (jun/11)	5ª coleta (ago/11)	6ª coleta (set/11)	7ª coleta (dez/11)
S	0	1,33	14,14	2	1	4	6	2
M	0	1,33	2,576	2	5	3	18	4
F	0	1,33	2,24	2	8	12	8	9
S	O30	1,33	2,24	0	4	6	5	7
M	O30	1,33	2,52	4	6	6	5	3
F	O30	1,33	2,66	4	9	4	10	10
S	O80	1,33	3,36	10	13	5	7	6
M	O80	1,33	2,52	5	17	6	9	3
F	O80	1,33	3,08	5	4	4	8	9
S	O100	1,33	1,82	11	4	7	9	13
M	O100	1,33	2,24	5	6	5	10	7
F	O100	1,33	1,96	0	2	7	5	6
S	L30	1,33	1,82	20	8	5	6	9
M	L30	1,33	1,82	16	13	8	8	16
F	L30	1,33	2,1	12	8	14	11	12
S	L80	1,33	2,24	15	7	9	6	13
M	L80	1,33	2,1	12	10	2	5	23
F	L80	1,33	1,54	10	15	13	10	2
S	L100	1,33	2,24	3	5	7	8	25
M	L100	1,33	2,1	2	8	13	15	15
F	L100	1,33	2,24	2	10	8	1	8
S	200	1,33	1,68	15	27	10	10	10
M	200	1,33	2,24	13	10	5	10	9
F	200	1,33	2,52	9	12	8	11	4

Tabela 20: Taxa de variação de nitrogênio total na água ao longo do experimento, em relação à amostra base.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	2ª/base	3ª/base	4ª/base	5ª/base	6ª/base	7ª/base
S	0	963,16	50,38	-24,81	200,75	351,13	50,38
M	0	93,68	50,38	275,94	125,56	1253,38	200,75
F	0	68,42	50,38	501,50	802,26	501,50	576,69

S	O30	68,42	-100,00	200,75	351,13	275,94	426,32
M	O30	89,47	200,75	351,13	351,13	275,94	125,56
F	O30	100,00	200,75	576,69	200,75	651,88	651,88
S	O80	152,63	651,88	877,44	275,94	426,32	351,13
M	O80	89,47	275,94	1178,20	351,13	576,69	125,56
F	O80	131,58	275,94	200,75	200,75	501,50	576,69
S	O100	36,84	727,07	200,75	426,32	576,69	877,44
M	O100	68,42	275,94	351,13	275,94	651,88	426,32
F	O100	47,37	-100,00	50,38	426,32	275,94	351,13
S	L30	36,84	1403,76	501,50	275,94	351,13	576,69
M	L30	36,84	1103,01	877,44	501,50	501,50	1103,01
F	L30	57,89	802,26	501,50	952,63	727,07	802,26
S	L80	68,42	1027,82	426,32	576,69	351,13	877,44
M	L80	57,89	802,26	651,88	50,38	275,94	1629,32
F	L80	15,79	651,88	1027,82	877,44	651,88	50,38
S	L100	68,42	125,56	275,94	426,32	501,50	1779,70
M	L100	57,89	50,38	501,50	877,44	1027,82	1027,82
F	L100	68,42	50,38	651,88	501,50	-24,81	501,50
S	200	26,32	1027,82	1930,08	651,88	651,88	651,88
M	200	68,42	877,44	651,88	275,94	651,88	576,69
F	200	89,47	576,69	802,26	501,50	727,07	200,75

Nota-se que esta variável apresenta valores altos em várias amostras, nas diferentes profundidades e distâncias. Ocorreram taxas muito elevadas, e vale a pena destacar as mais expressivas, que ficaram acima de 500% de aumento nas concentrações, como é possível observar na tabela 20. De todos os pontos amostrais, nota-se na tabela acima que só ocorreram taxas negativas em quatro pontos. Foi observado aumento máximo de 1779,70%.

A média geral de todos os pontos amostrais foi de 6,66 mg/L de nitrogênio total na água. Os valores variaram desde 0 a 27 mg/L, sendo este valor máximo encontrado no ponto controle a 200 metros superfície, no mês de junho.

A maior média por coleta foi a da 7ª amostragem, correspondente a dezembro de 2011, sendo esta posterior ao cultivo, o que pode ser observado através dos dados das tabelas acima e no gráfico abaixo. O valor médio foi 9,38 mg/L, comparado à média de 1,33 mg/L da primeira coleta.

As concentrações de nitrogênio total se mostram em elevação a partir de fevereiro, após o início do cultivo, de maneira geral para todos os pontos de coleta e em todas as profundidades. Entretanto, na superfície no ponto central (0 metros), estes

valores foram mais altos entre setembro e fevereiro, decaindo rapidamente após o início do cultivo, voltando novamente a aumentar após junho.

É importante ressaltar que este aumento ocorreu também e de maneira bastante marcada para os pontos a 200 metros do centro dos tanques-rede, considerados como pontos controle.

De maneira geral, os valores variaram bastante entre os pontos e ao longo do tempo, mas mostraram-se mais elevadas e com picos a partir de fevereiro.

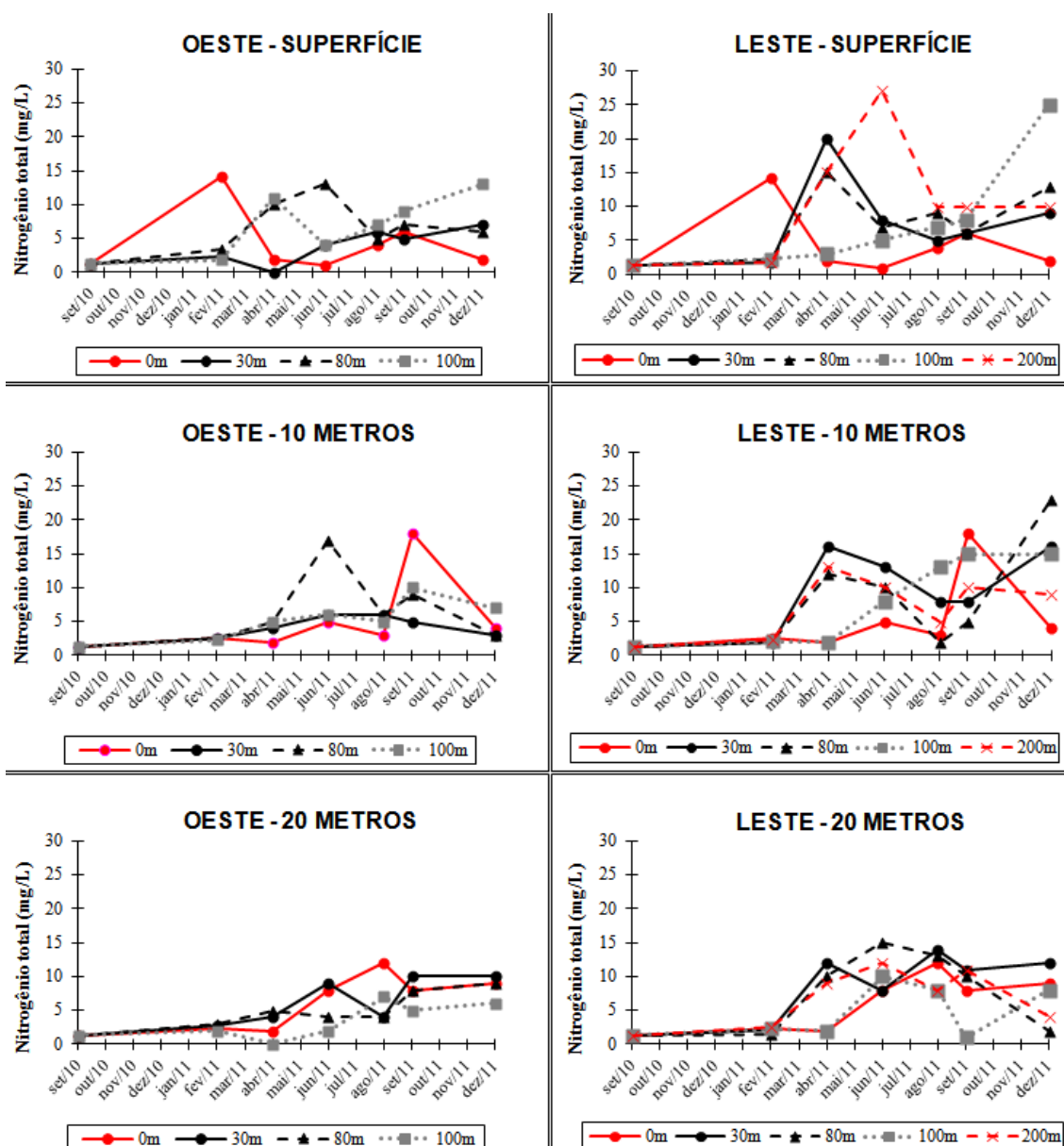


Figura 14: Variação de nitrogênio total na água ao longo do cultivo nas diferentes distâncias, profundidades e direções do centro dos tanques-rede.

4.9. Carbono Orgânico Total (COT)

Devido a problemas durante o processo de análise, as amostras da 1ª e 2ª coletas foram perdidas, portanto, as tabelas abaixo mostram os dados a partir da terceira coleta, sendo esta a amostra base para o cálculo das taxas de variação deste parâmetro.

Tabela 21: Dados completos de carbono orgânico total na água obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em mg/L.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	3ª coleta (abr/11)	4ª coleta (jun/11)	5ª coleta (ago/11)	6ª coleta (set/11)	7ª coleta (dez/11)
S	0	107,5	83	94	43	97
M	0	108,2	92	106	81	101
F	0	107,3	69	97	66	73
S	O30	108,3	88	122	88	81
M	O30	107,3	94	98	74	112
F	O30	104,1	82	111	73	87
S	O80	107,5	97		76	85
M	O80	107,5	108	107	82	131
F	O80	107,6	71	105	85	73
S	O100	106,8	99	96	72	97
M	O100	106,5	92	78	96	84
F	O100	107,3	79	79	68	82
S	L30	107,7	63	80	96	97
M	L30	107,9	102	110	80	110
F	L30	107,2	88	90	90	97
S	L80	108,2	96	77	88	94
M	L80	108,4	102	108	88	99
F	L80	87,8	74	80	97	102
S	L100	108,3	98	116	101	101
M	L100	107,9	108	123	76	87
F	L100	108,1	98	109	84	102
S	200	108,2	91	85	74	100
M	200	108,2	103	113	44	85
F	200	108,2	94	105	83	83

Tabela 22: Taxa de variação de carbono orgânico total na água ao longo do experimento, em relação à amostra base.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	4^a/base	5^a/base	6^a/base	7^a/base
S	0	-22,79	-12,56	-60,00	-9,77
M	0	-14,97	-2,03	-25,14	-6,65
F	0	-35,69	-9,60	-38,49	-31,97
S	O30	-18,74	12,65	-18,74	-25,21
M	O30	-12,40	-8,67	-31,03	4,38
F	O30	-21,23	6,63	-29,88	-16,43
S	O80	-9,77	0	-29,30	-20,93
M	O80	0,47	-0,47	-23,72	21,86
F	O80	-34,01	-2,42	-21,00	-32,16
S	O100	-7,30	-10,11	-32,58	-9,18
M	O100	-13,62	-26,76	-9,86	-21,13
F	O100	-26,37	-26,37	-36,63	-23,58
S	L30	-41,50	-25,72	-10,86	-9,94
M	L30	-5,47	1,95	-25,86	1,95
F	L30	-17,91	-16,04	-16,04	-9,51
S	L80	-11,28	-28,84	-18,67	-13,12
M	L80	-5,90	-0,37	-18,82	-8,67
F	L80	-15,72	-8,88	10,48	16,17
S	L100	-9,51	7,11	-6,74	-6,74
M	L100	0,09	13,99	-29,56	-19,37
F	L100	-9,34	0,83	-22,29	-5,64
S	200	-15,90	-21,44	-31,61	-7,58
M	200	-4,81	4,44	-59,33	-21,44
F	200	-13,12	-2,96	-23,29	-23,29

De maneira geral os dados foram homogêneos e elevados, com concentração média de carbono orgânico total na água de 94,01 mg/L e valor máximo de 131 mg/L, sem diferenças expressivas entre pontos próximos ao cultivo e os pontos controle (figura 15).

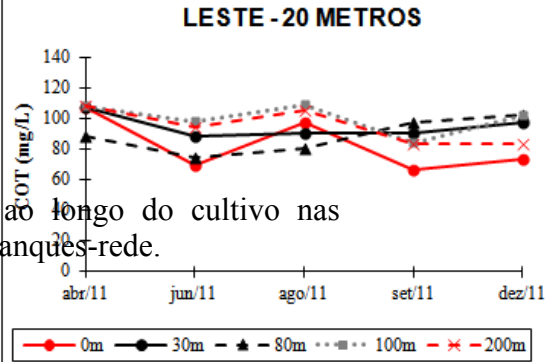
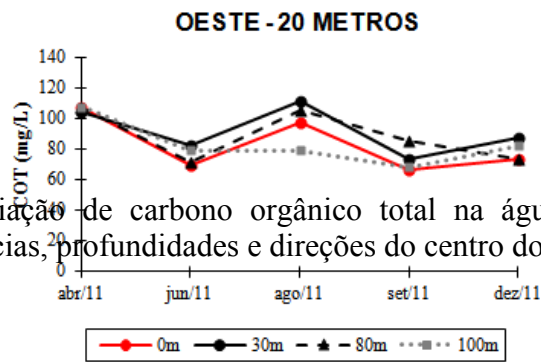
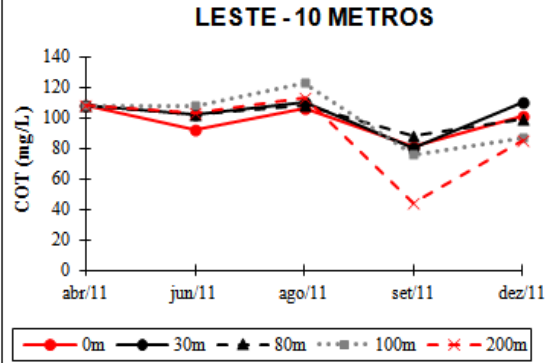
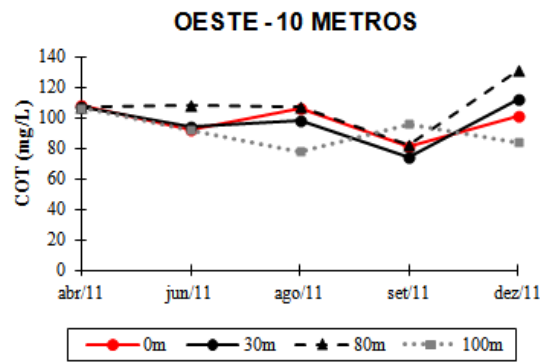
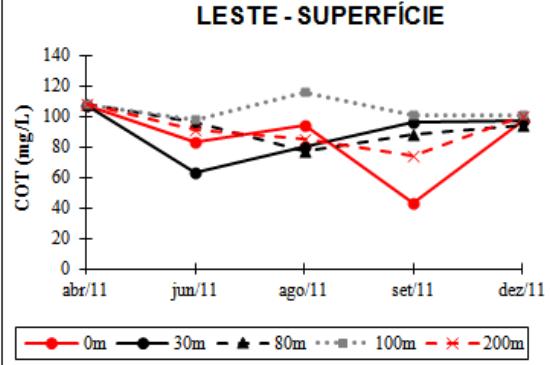
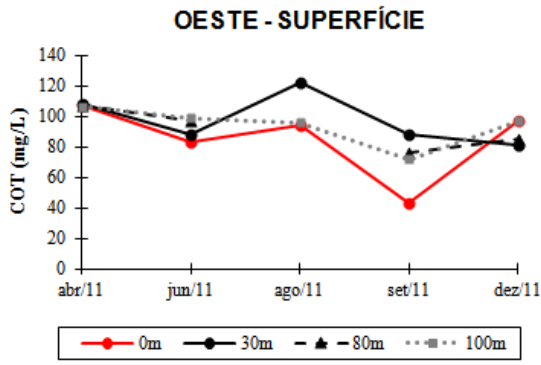


Figura 15: Variação de carbono orgânico total na água ao longo do cultivo nas diferentes distâncias, profundidades e direções do centro dos tanques-rede.

4.10. Fósforo total/Fosfato

As concentrações de fósforo total e fosfato foram baixas e não foram detectadas pela metodologia empregada, cujo valor mínimo deve ser superior a 0,5 mg/L.

4.11. Carbono no sedimento

O percentual médio de carbono no sedimento foi de 9,83%, sendo obtido a partir da segunda coleta, sendo esta a amostra base para o cálculo das taxas de variação deste parâmetro.

Tabela 23: Dados completos de carbono no sedimento obtidos ao longo do experimento no leito marinho abaixo dos tanques-rede. Valores em %.

DISTÂNCIA	2ª coleta (fev/11)	3ª coleta (abr/11)	4ª coleta (jun/11)	5ª coleta (ago/11)	6ª coleta (set/11)	7ª coleta (dez/11)
0	9,41	9,85	9,67	9,71	9,93	9,76
O30	10,64	10,24	9,5	10,5	–	9,58
O80	9,66	9,64	9,66	9,98	–	9,9
O100	9,94	10,81	9,44	9,58	–	9,86
L30	9,89	9,87	9,61	9,14	10,33	9,7
L80	10,06	9,73	9,54	10,32	–	9,94
L100	9,74	8,7	10,07	10,69	10,34	9,95
200	9,18	9,58	9,95	9,07	9,63	10,3

Tabela 24: Taxa de variação de carbono no sedimento no leito marinho abaixo dos tanques-rede ao longo do experimento, em relação à amostra base.

DISTÂNCIA	3ª/base	4ª/base	5ª/base	6ª/base	7ª/base
0	4,68	2,76	3,19	5,53	3,72
O30	-3,76	-10,71	-1,32		-9,96
O80	-0,21	0,00	3,31		2,48
O100	8,75	-5,03	-3,62		-0,80
L30	-0,20	-2,83	-7,58	4,45	-1,92
L80	-3,28	-5,17	2,58		-1,19
L100	-10,68	3,39	9,75	6,16	2,16
200	4,36	8,39	-1,20	4,90	12,20

Os valores de carbono total no sedimento variaram entre 8,7% e 10,69%, com média de 9,83%. Quando comparado ao início do cultivo, a maior taxa de variação ocorreu no ponto controle, na última coleta, com percentual de 12,20%. Já a maior redução ocorreu nos pontos a 30 metros a oeste, principalmente na quarta amostragem, quando comparado à primeira, com redução de até 10,71%. Todos os pontos e coletas apresentaram valores bastante homogêneos, com variação de menos de 2% entre os pontos.

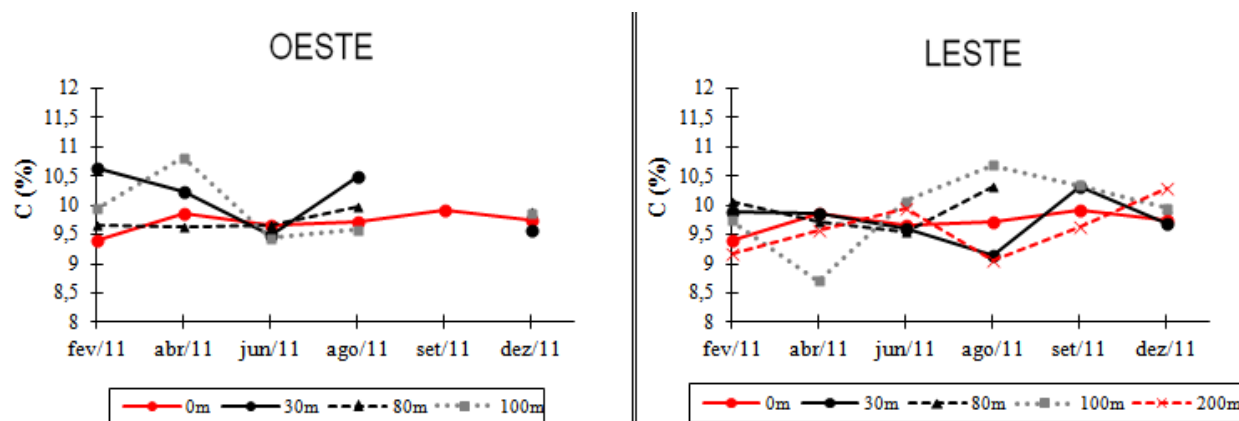


Figura 16: Variação de carbono no sedimento no leito abaixo dos tanques-rede ao longo do cultivo no leito marinho abaixo dos tanques-rede.

4.12. Clorofila *a*

Os dados de clorofila *a* não foram obtidos durante a primeira amostragem, por isso as tabelas mostram os dados a partir da segunda coleta, sendo esta a amostra base para o cálculo das taxas de variação deste parâmetro.

Tabela 25: Dados completos de clorofila *a* na água obtidos ao longo do experimento para todos os pontos coletados. Valores em µg/L.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	2ª coleta (fev/11)	3ª coleta (abr/11)	4ª coleta (jun/11)	5ª coleta (ago/11)	6ª coleta (set/11)	7ª coleta (dez/11)
S	0	0,09	0,09	0,39	0,1	0,33	0,01
M	0	0,18	0,12	0,42	0,11	0,27	0,05
F	0	0,15	0,27	0,47	0,07	0,17	0,03
S	O30	0,12	0,12	0,28	0,2	0,17	0,11
M	O30	0,18	0,135	0,34	0,24	0,21	0,07
F	O30	0,15	0,195	0,39	0,19	0,3	0
S	O80	0,12	0,105	0,44	0,24	0,11	0,02
M	O80	0,09	0,165	0,35	0,25	0,21	0,03
F	O80	0,18	0,105	0,32	0,23	0,18	0,01
S	O100	0,09	0,075	0,28	0,22	0,21	0,02
M	O100	0,18	0,09	0,4	0,24	0,15	0,06
F	O100	0,21	0,135	0,4	0,18	0,21	0,03
S	L30	0,09	0,09	0,39	0,08	0,18	0,05
M	L30	0,15	0,12	0,38		0,16	0,01
F	L30	0,12	0,18	0,34		0,29	0,02
S	L80	0,15	0,15	0,32	0,16	0,18	0,04
M	L80	0,12	0,105	1,02	0,18	0,16	0,01
F	L80	0,18	0,165	0,41	0,25	0,13	0,05
S	L100	0,09	0,09	0,74	0,18	0,25	
M	L100	0,15	0,165	0,45	0,17	0,18	0,02
F	L100	0,12	0,12	0,44	0,17	0,18	0,11
S	200	0,12	0,12	0,32	0,16	0,23	0,02
M	200	0,18	0,105	0,36	0,16	0,21	0,04
F	200	0,15	0,135	0,31	0,16	0,18	0,02

Tabela 26: Taxa de variação de clorofila *a* na água ao longo do experimento, em relação à amostra base.

PROFUNDIDADE	DISTÂNCIA	3ª/base	4ª/base	5ª/base	6ª/base	7ª/base
S	0	0,00	333,33	11,11	266,67	-88,89
M	0	-33,33	133,33	-38,89	50,00	-72,22

F	0	80,00	213,33	-53,33	13,33	-80,00
S	O30	0,00	133,33	66,67	41,67	-8,33
M	O30	-25,00	88,89	33,33	16,67	-61,11
F	O30	30,00	160,00	26,67	100,00	-100,00
S	O80	-12,50	266,67	100,00	-8,33	-83,33
M	O80	83,33	288,89	177,78	133,33	-66,67
F	O80	-41,67	77,78	27,78	0,00	-94,44
S	O100	-16,67	211,11	144,44	133,33	-77,78
M	O100	-50,00	122,22	33,33	-16,67	-66,67
F	O100	-35,71	90,48	-14,29	0,00	-85,71
S	L30	0,00	333,33	-11,11	100,00	-44,44
M	L30	-20,00	153,33		6,67	-93,33
F	L30	50,00	183,33		141,67	-83,33
S	L80	0,00	113,33	6,67	20,00	-73,33
M	L80	-12,50	750,00	50,00	33,33	-91,67
F	L80	-8,33	127,78	38,89	-27,78	-72,22
S	L100	0,00	722,22	100,00	177,78	-100,00
M	L100	10,00	200,00	13,33	20,00	-86,67
F	L100	0,00	266,67	41,67	50,00	-8,33
S	200	0,00	166,67	33,33	91,67	-83,33
M	200	-41,67	100,00	-11,11	16,67	-77,78
F	200	-10,00	106,67	6,67	20,00	-86,67

No presente trabalho os valores variaram de 0 a 1,02 $\mu\text{g/L}$.

As taxas de clorofila *a* apresentaram um comportamento bastante oscilante, isto é, tomando-se como base a primeira amostragem (fev/11), verificam-se aumentos e diminuições nas profundidades considerando as mesmas distâncias, por exemplo, em abril quando comparado a fevereiro (3^a/base), a biomassa na distância 0 permanece igual na profundidade de 1m, decresce 33,33% na profundidade de 10m e aumenta 80% na profundidade de 20m.

É necessário ressaltar que, na comparação da 4^a amostragem com a amostra base, ocorre em todas as profundidades e distâncias acréscimos elevados, com taxas positivas variando de 88,89 até 750%, apresentando média de 0,42 $\mu\text{g/L}$, a maior, comparada a menor média de 0,04 $\mu\text{g/L}$, correspondente a 7^a amostragem, em que é possível ver na tabela 26 os valores negativos em todos os pontos amostrados.

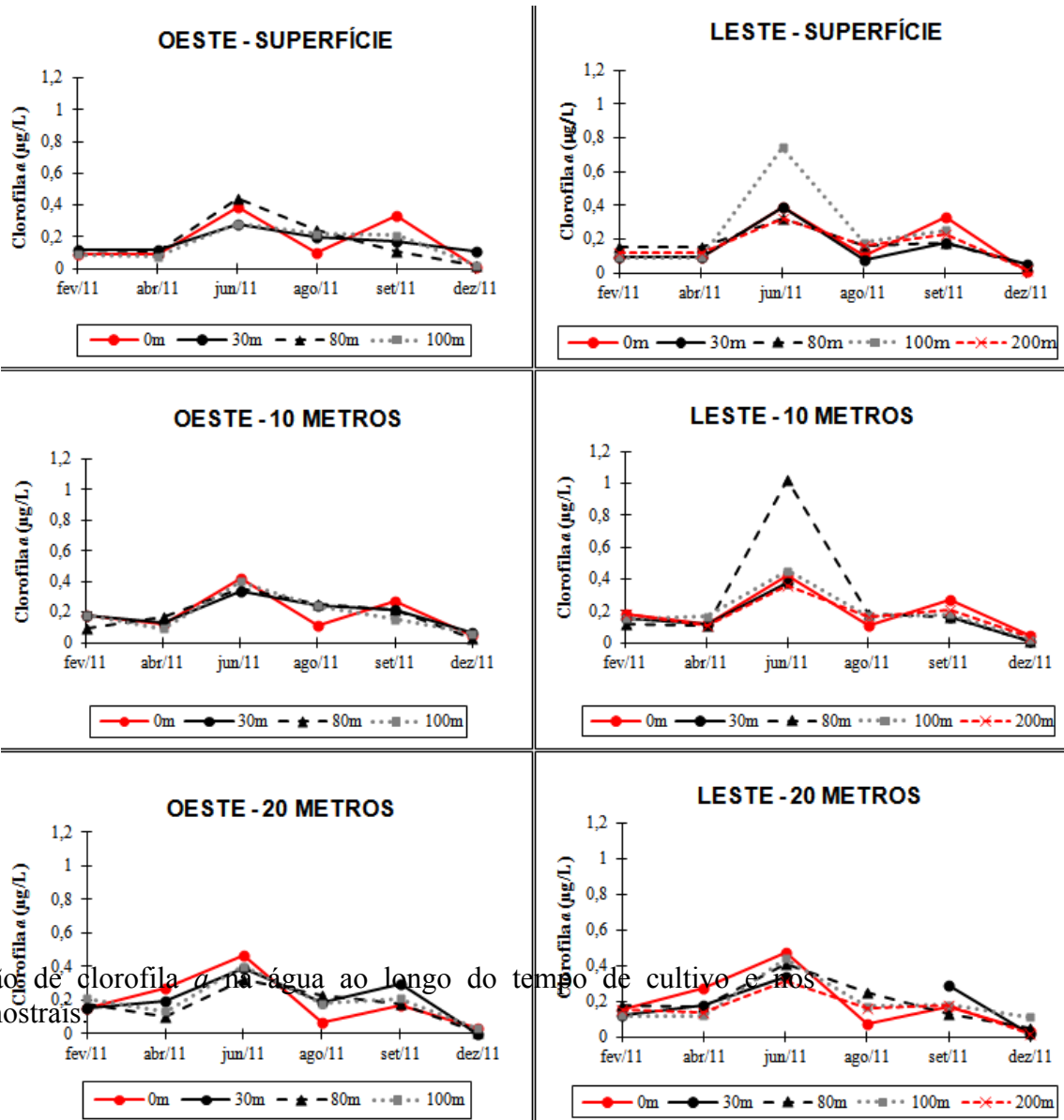


Figura 17: Variação de clorofila *a* na água ao longo do tempo de cultivo e nos diferentes pontos amostrais.

5. DISCUSSÃO

Dentre os parâmetros acompanhados durante este estudo, os únicos que não seriam influenciados pelo cultivo seriam a temperatura e salinidade, porém estes podem influenciar o cultivo. Chang *et al.* (1999) estabelecem que a faixa de temperatura ideal para o crescimento do beijupirá fica entre 22°C e 32°C, e segundo Sun *et al.* (2006), seu melhor desempenho é alcançado em temperaturas entre 27 e 29°C. Baseado nestas informações, Lima (2010) indica que o cultivo desta espécie no Brasil deve se limitar as regiões Norte e Nordeste, onde a faixa de temperatura é mais alta e permite o cultivo deste peixe ao longo de todo o ano. Isso foi confirmado no presente trabalho, em que a temperatura variou dentro destas faixas ótimas para a espécie.

Era de se esperar maiores temperaturas e salinidade junto às camadas mais superficiais, onde ocorre maior incidência de radiação solar e, conseqüentemente, maior evaporação, favorecendo o aumento destes dois parâmetros, entretanto, este padrão não foi observado, o que provavelmente ocorreu devido a grande mistura da coluna d'água provocada pelas fortes correntes marinhas da região. Assim como no trabalho de Eça (2009), a maior parte das amostras coletadas apresentou salinidades e temperaturas típicas de águas tropicais ($T > 20^{\circ}\text{C}$; $S > 36$).

A tolerância à salinidade é uma característica observada no beijupirá e, na natureza, eles são encontrados em salinidades variando de 8 a 44. Sob condições de cultivo, há relatos de juvenis selvagens retirados de salinidades de 22 a 44, submetidos a salinidades em torno de 5 e com boas taxas de crescimento e conversão alimentar (Kaiser & Holt 2005). No presente estudo a salinidade manteve-se dentro dos padrões esperados e ótimos para a espécie.

A presença do cultivo de peixe marinho *Rachycentron canadum* em tanques-rede próximo à costa de Recife não pareceu ter influência sobre os parâmetros de qualidade da água nem sobre o sedimento da região, como será discutido a seguir.

Com relação às concentrações de oxigênio dissolvido, um estudo realizado por Demirak *et al.* (2006) mostrou concentrações que variaram de 4,3 a 8,12 mg/L nos pontos próximos às estruturas de cultivo de *Dicentrarchus labrax*, enquanto as concentrações nas estações controle variaram menos, de 6,22 a 8,40 mg/L e foram mais elevadas. Entretanto, estes autores relatam a dificuldade de relacionar estes valores com a influência do cultivo de peixes marinhos, uma vez que os valores de oxigênio dissolvido nas águas costeiras dependem de diversos fatores, como a temperatura e

salinidade, por exemplo. No presente estudo, a maior parte dos resultados de oxigênio dissolvido foram mais elevados do que o valor mínimo estabelecido pela resolução CONAMA Nº 357/2005 para águas salinas de classe 1 ($OD > 6,0$ mg/L), indicando que os teores encontrados estão de acordo com a legislação vigente. As variações nos níveis de oxigênio dissolvido possivelmente tiveram relação com a temperatura do ambiente. Entre setembro/10 e abril/11 houve aumento de temperatura, que ocasionou queda dos valores de oxigênio dissolvido. Entre abril e agosto a temperatura caiu, coincidindo com o período chuvoso, influenciando pouco o oxigênio, e no final do cultivo, a temperatura volta a aumentar, gerando novamente queda nos valores de oxigênio dissolvido, entretanto, estes valores não devem ter prejudicado o crescimento dos peixes cultivados ou a fauna local, uma vez que os valores recomendados para um bom desenvolvimento dos organismos aquáticos devem estar acima de 5 mg/L (Vinatea 1997).

Quando se trabalha com organismos aquáticos, o controle do pH é muito importante, pois este pode afetar o desenvolvimento e crescimento dos organismos confinados e até mesmo as formas dos nutrientes dissolvidos (Vinatea 1997). O potencial hidrogeniônico (pH) da água do mar tende a ser levemente alcalino, com valores de pH normalmente entre 7,5 e 8,4 (Aminot & Chaussepied 1983). Modificações nas concentrações de CO_2 , devido às atividades de respiração, fotossíntese e trocas entre a atmosfera e o oceano, ou de CO_3^{2-} , devido às precipitações, podem modificar os valores de pH (Aminot & Chaussepied 1983).

Com exceção da primeira e segunda amostragens, a maior parte dos valores situaram-se entre 8,5 e 9,5, valores um pouco acima dos valores padrão para ambientes marinhos. Entretanto, devido a grande quantidade de material carbonático na costa de Recife, estes valores tendem a ser ligeiramente superiores. Os valores mais baixos na segunda amostragem, com valor médio de 6,55, podem ter ocorrido devido a erro de calibração do aparelho de medição.

Tovar *et al.* (2000) salientam que quanto maior a quantidade de excretas liberadas pelo cultivo (maior quantidade de amônio), menor será o pH do meio. Entretanto, neste estudo este padrão não foi observado, ocorrendo até mesmo um leve acréscimo dos valores até o final do cultivo, porém, esta variação foi pequena, com os valores mantendo-se relativamente estáveis, o que é esperado para águas oceânicas, devido ao efeito tampão da mesma. Schendel *et al.* (2004) também não observou variação de pH ao longo das distâncias do centro de um cultivo de salmão no Canadá.

Segundo Tovar *et al.* (2000), grandes quantidades de sólidos suspensos nos efluentes de aquacultura são potencialmente um dos mais importantes problemas ambientais deste tipo de atividade. No presente trabalho, os sólidos suspensos foram medidos indiretamente através da transparência da água por disco de Secchi, que variaram de acordo com as condições meteorológicas e oceanográficas nos dias das coletas. Os valores de menor transparência ocorreram nos meses de inverno, correspondendo a 1^a, 4^a, 5^a e 6^a amostragens, assim como aconteceu no trabalho de Eça (2009), quando os menores valores foram observados nos meses de inverno, período de chuvas, quando o aporte de material em suspensão é mais elevado. Deve-se ressaltar que a área de cultivo fica próximo a desembocadura do canal do Porto de Recife, onde deságua o Rio Capibaribe e seus demais afluentes. Já os maiores valores corresponderam aos meses de verão. A transparência ainda variou opostamente aos valores de biomassa fitoplanctônica. Quando ocorreram picos de clorofila *a* entre junho e setembro, os valores de Secchi caíram, e quando os valores de clorofila caíram em fevereiro e dezembro, os valores de transparência aumentaram, uma vez que as células do fitoplâncton diminuem a penetração da luz solar na coluna d'água, reduzindo a transparência da mesma. Como não ocorreram taxas negativas de valores de leitura do disco de Secchi comparados à primeira amostragem, não se pode atribuir efeito do cultivo sobre esta variável.

O entendimento do fluxo e transformações dos compostos nitrogenados e de fósforo nos ambientes costeiros é de fundamental importância para o manejo destes ambientes, pois afetam diretamente a qualidade destas águas. Estas variáveis e estes processos variam muito rapidamente no tempo e no espaço, e os trabalhos nesta área são relativamente escassos, por serem difíceis, dispendiosos e demorados (Wild-Allen *et al.* 2010). Pelo fato de o presente estudo ser pioneiro nesta área, fica difícil afirmar o motivo de determinados comportamentos dos nutrientes dissolvidos, e daí a importância de novos estudos deste tipo no futuro.

Com relação ao amônio, este foi quase nulo durante a maior parte das coletas, aparecendo mais constantemente durante o verão (fevereiro), assim como ocorreu no trabalho de Eça (2009), quando os maiores valores ocorreram no mesmo período do ano. As maiores ocorrências também na sexta coleta correspondem ao final do cultivo, que pode ter aportado o nutriente através das excretas dos peixes. As concentrações de amônio observadas nas amostras analisadas foram bastante baixas, todas muito abaixo do valor máximo estabelecido para águas salinas de classe 1 pela resolução CONAMA

Nº 357/2005, que é de 0,40 mg/L. Este resultado é esperado, pois a amônia é uma forma reduzida e em sistemas aeróbicos tende a se oxidar em nitrito e depois em nitrato, através do ciclo do nitrogênio, principalmente, nas camadas superiores. Sabe-se que em pH muito elevado, como observado neste estudo, ocorre o aumento do percentual de nitrogênio amoniacal em sua forma gasosa (NH_3), o que facilita a perda do gás para atmosfera por volatilização (Idelovitch & Michail 1981). Como comparação, em uma baía abrigada no Canadá, Schendel *et al.* (2004) encontraram valores médios de 0,33 mg/L de NH_4^+ em águas logo abaixo dos tanques de cultivo, mas também dentro dos valores não prejudiciais para os organismos.

Já para nitrito, que representa o estado de oxidação intermediário entre amônia e nitrato, em águas costeiras as concentrações devem ficar na faixa de 0,01 a $1\mu\text{M}$, e em água oceânicas, podem ser até menores que $0,1\mu\text{M}$ (Baumgarten *et al.* 1996). A resolução CONAMA 357/2005, indica que os valores não devem ultrapassar 0,07 mg/L, e neste trabalho os valores ficaram dentro dos valores determinados pela legislação, não aparentando qualquer influência do cultivo. Portanto, os valores não influenciaram o crescimento dos peixes, uma vez que o beijupirá é bastante tolerante a relativamente altas concentrações de nitrito dissolvido na água (Atwood *et al.* 2004), especialmente em salinidades altas, como ocorreu ao longo deste cultivo. E, assim como para amônio, as concentrações mostraram-se mais elevadas nos meses de verão, neste caso no mês de dezembro.

As concentrações de nitrogênio total na água sofreram diversos picos nas coletas intermediárias, sendo estes provavelmente relacionados com as chuvas na região nos períodos destas coletas, que contribuem com o aporte de grande quantidade de nutrientes do continente para o oceano. Demirak *et al.* (2006), afirmam que as concentrações de nitrato sempre aumentam após um período de chuvas, e as maiores concentrações estão proporcionalmente relacionadas à magnitude destas chuvas. Cabe ressaltar que as unidades de cultivo estavam a aproximadamente 6 km da desembocadura do rio Capibaribe e seus afluentes, sendo o estuário deste rio classificado como hipereutrófico (Passavante 2003), sendo uma rica fonte de nitrogênio.

Para exemplificar, Demirak *et al.* (2006) encontraram valores de nitrogênio inorgânico total de 0,06 a 0,3 mg/L nas águas superficiais nos pontos próximos às estruturas, e situando-se entre 0,001 a 0,036 mg/L nas estações referência. As amostras neste trabalho foram tomadas logo após um longo período de chuvas, que causaram claramente um incremento nas concentrações de nitrogênio inorgânico total, devido à

drenagem dos rios que aportam grandes quantidades de material orgânico, tanto de agricultura quanto de aquacultura. Os autores também não encontraram diferenças entre pontos de referência e pontos próximos ao cultivo, assim como no presente estudo.

Os teores de fosfato são normalmente fracos na superfície dos oceanos e zonas costeiras não-poluídas: variam de 0 a $1\mu\text{M P-PO}_4^3$. Nas águas profundas, os teores podem variar em torno de $3\mu\text{M}$, dependendo da zona oceânica considerada (Baumgarten *et al.* 1996). As altas concentrações indicam fontes antropogênicas e desencadeiam processos de eutrofização e até florações indesejáveis, quando há aumento de fosfato em ambientes com boa disponibilidade de nutrientes nitrogenados, e para evitar isto, a resolução do CONAMA 357/2005 recomenda que os valores não ultrapassem $0,062\text{ mg/L}$ nestes ambientes. No presente estudo, esta influência não ocorreu, uma vez que os valores de fósforo não foram detectados ($< 0,5\text{ mg/L}$) em nenhuma amostra ao longo de todo o monitoramento do cultivo.

A ausência de valores detectáveis pode ser explicada pela oligotrofia do ambiente, fazendo com que qualquer aporte seu seja rapidamente absorvido pelo fitoplâncton local, não permitindo que o nutriente seja detectado, assim como ocorreu no trabalho de Eça (2009), realizado na costa baiana. Levando em consideração que a maior parte do fósforo aportado pelos efluentes é na forma particulada (Beveridge *et al.* 1991), as baixas concentrações detectadas no presente estudo devem-se também a forma como foram obtidas, realizadas através da concentração do elemento dissolvido na coluna d'água, e não no fundo marinho, aderido ao sedimento. Como mostra Apostolaki *et al.* (2007), enquanto as concentrações de fósforo disponível na coluna d'água são mínimas, ocorre incremento de 50% na concentração de fósforo abaixo dos tanques aderido ao sedimento.

Para Demirak *et al.* (2006), as concentrações de fosfato dissolvido na água nos pontos próximos aos tanques-rede e nas estações de controle variaram de $0,008$ a $0,109\text{ mg/L}$ e de $0,001$ a $0,01\text{ mg/L}$, respectivamente. Diferenças significativas foram encontradas quando comparadas estações próximas ao cultivo e as estações controle. Já Schendel *et al.* (2004), analisando as concentrações de fósforo disponível no sedimento marinho, encontraram concentrações expressivas logo abaixo das estruturas, com concentração de $0,12\text{ mg/L}$, passando para $0,08\text{ mg/L}$ de média para os demais pontos.

A dinâmica do carbono no mar é afetada por processos físicos como a difusão de CO_2 e advecção e processos biológicos como a produtividade primária e a abundância e composição do zooplâncton (Lourenço & Marques-Junior 2002). O carbono orgânico

total (COT) é constituído pelo carbono proveniente dos organismos autotróficos e heterotróficos, além dos detritos suspensos na água (Strickland 1960), e tem sido reconhecido como importante constituinte do ciclo do carbono nos oceanos, fornecendo informações sobre a distribuição, composição e dinâmica sazonal da produtividade dos mares (Hansell & Carlson 2001). As concentrações encontradas neste trabalho, que alcançaram o valor máximo de 131 mg/L de carbono orgânico total, considerando até mesmo os pontos controle com valores tão elevados, não se enquadraram dentro do limite máximo estabelecido pela resolução do CONAMA 357/2005 para este tipo de ambiente, que delimita como valor máximo concentrações de 3 mg/L de carbono orgânico total. Estes valores elevados obtidos neste estudo podem ser explicados devido ao fato da zona de estudo receber influência da descarga do rio Capibaribe, descrito pelo relatório de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável do IBGE como sendo o sétimo rio mais poluído do país, contendo alta carga orgânica (IBGE 2010), e que pode ter influenciado as análises realizadas.

No sedimento, às vezes se detecta uma tendência de incremento das concentrações de determinados compostos em certas zonas, normalmente fora do polígono do cultivo e na direção da corrente predominante. Entretanto, esta presença não implica numa perda de qualidade do sedimento, apenas parecem estar relacionados com variações sazonais que ocorrem no ambiente marinho. Portanto, para confirmar estas hipóteses devem ser realizadas coletas de dados nas mesmas estações durante pelo menos duas ou três campanhas de cultivo completas (Macias *et al.* 2005). Como este foi um trabalho pioneiro, ainda não se tem informações suficientes para se afirmar se este tipo de comportamento ocorrerá na região, entretanto, tendo como base os resultados deste estudo, este comportamento não foi observado, uma vez que os valores de carbono no sedimento se mostraram homogêneos na área amostral, com variação máxima de 1,99% entre os diferentes pontos analisados.

Morrisey *et al.* (2000) encontraram valores para cultivo de salmão de 13,47% para C no sedimento, sendo os valores de percentual de carbono acumulados nas camadas superficiais do sedimento do leito marinho mais elevados que os encontrados no presente trabalho, o que pode ser explicado pela densidade mais elevada e pela localização do cultivo, ocorrendo, no caso do trabalho destes pesquisadores, em uma baía, mais abrigada que no oceano aberto, o que gera maior retenção destes compostos no leito marinho na área de cultivo. Em águas rasas, com correntes fracas, o material particulado produzido pelas instalações aquícolas irá sedimentar no fundo próximo aos

tanques. Neste caso o material residual logo se acumulará no leito marinho além da capacidade de suporte do ambiente (Read & Fernandes 2003).

Outros trabalhos que detectaram valores elevados de carbono no sedimento foram o de Forchino *et al.* (2011), onde, em um cultivo com produção total de aproximadamente 99 toneladas por ano de *Dicentrarchus labrax* e *Sparus aurata* no Mar Mediterrâneo, foram encontrados valores de carbono orgânico total no sedimento variando entre 9,09 a 11,18%. E Kempf *et al.* (2002) encontraram concentrações de carbono total no sedimento muito homogêneas e próximas a 6% em uma fazenda marinha de salmonídeos, com um incremento de 4 vezes abaixo das estruturas, alcançando 27,5%.

Apesar de os valores aqui obtidos terem sido menores que os encontrados nos trabalhos citados anteriormente, os valores de carbono no sedimento no presente estudo mostraram-se bastante elevados quando comparados a outras pesquisas descritas a seguir, o que ocorreu provavelmente devido à grande concentração de organismos bentônicos presentes no leito marinho. De acordo com as análises de organismos bentônicos que vem sendo triadas por pesquisadores da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, a biomassa e o número de espécies são elevados e podem estar afetando as análises de matéria orgânica, por isso os valores altos inclusive no ponto controle (*Dra. Taciana Kraemer, comunicação pessoal*).

Os valores neste trabalho foram, por exemplo, mais elevados que os encontrados por Schendel *et al.* (2004), que detectaram concentrações de 4,07; 2,04; 2,03 e 2,35% de carbono no sedimento a 0, 30, 100 e 300 metros do centro dos tanques de um cultivo de salmão (25 metros de profundidade). Também para Russell *et al.* (2011), as concentrações variaram de 0,63 a 5,04% (com desvio padrão de 1,19%) e não houve correlação entre carbono no sedimento e a distância do centro do cultivo. Isso indica que não houve enriquecimento orgânico significativo nas imediações do cultivo derivado de aporte de material orgânico na forma de fezes ou ração não consumida. Apostolaki *et al.* (2007), estudando o impacto de três fazendas de peixes marinhos no mar Mediterrâneo, com produção de 260-1550 toneladas/ano, encontraram concentrações de TOC no sedimento variando de 0,74 a 2,58%.

De maneira geral, a maior parte do impacto ambiental derivado de cultivos ocorre na forma orgânica, derivado da deposição no fundo marinho de matéria particulada rica em material orgânico oriundo das fezes e sobras de ração (Carroll *et al.* 2003). Entretanto, neste estudo, devido à baixa biomassa de peixes cultivada e a grande

velocidade das correntes ocorridas durante o cultivo, não se observou deposição de material orgânico particulado no fundo marinho.

Com relação à influência sobre a produtividade primária, Wild-Allen *et al.* (2010) afirmam que em águas oligotróficas, uma pequena variação na concentração de clorofila *a* pode ocasionar um aumento de 50% de sua concentração relativa, e como o ambiente está adaptado a concentrações naturalmente muito baixas, pequenas mudanças podem causar impactos realmente significativos no ecossistema. Seus resultados sugerem que a produção primária e os valores de biomassa fitoplanctônicas no sul da Tasmânia, por exemplo, dobraram nos últimos 20 anos, decorrente do excesso de nutrientes aportados por cultivos de peixes marinhos na costa do país.

No presente estudo, os valores de clorofila *a* variaram de 0 a 1,02 µg/L, entretanto, a maior parte das amostras tiveram valores inferiores a 0,45 µg/L, próprias de uma região considerada como altamente oligotrófica (Moser & Gianesella-Galvão 1998; Cupelo 2000), e apresentam-se dentro da faixa esperada para a costa nordeste brasileira. É importante destacar que os valores dos pontos controle foram praticamente os mesmos dos pontos próximos aos tanques, o que indicam variações normais do ambiente, não se podendo atribuir os valores à proximidade dos tanques de cultivo. Apostolaki *et al.* (2007) também não encontraram qualquer relação entre as concentrações de clorofila *a* e as distâncias do cultivo e ponto controle.

Os valores obtidos foram inferiores aos encontrados por Eça (2009), com valor máximo 5,79 µg/L para a costa da Bahia. Esta pesquisadora encontrou maior biomassa fitoplanctônica, estimada pela concentração de Chl-*a* no mês de agosto, e acredita estar relacionada às condições bem misturadas da água, que deve ter aumentado a disponibilidade de nutrientes para os produtores primários da coluna de água (Rothlisberg *et al.* 1994) ou a ressuspensão de nutrientes e Chl-*a* do fundo. No presente trabalho, a média de clorofila *a* foi mais alta na quarta amostragem (junho), que coincidiu com o vento mais intenso de todas as amostragens (SE forte) e com a maior velocidade de corrente registrada (*Dr. Carlos A.F. Schettini, comunicação pessoal*), que deixaram o mar agitado. Tedesco (2006), trabalhando na zona de arrebentação da zona sul de Ilhéus, também observou que o principal fator responsável pela distribuição de biomassa fitoplanctônica dessas águas foi a intensidade do vento, uma vez que esta forçante pode provocar a ressuspensão de fundo, promovendo aumento da concentração de nutrientes. Já a menor média foi na 7ª amostragem, em que o mar foi o mais calmo de todas as coletas, sem mistura da coluna de água.

Devido aos problemas ocorridos ao longo do cultivo, como baixo crescimento dos peixes e altas taxas de mortalidade, que levaram a baixa taxa de arraçoamento, e ao fim antecipado da produção, já se acreditava que os impactos ambientais negativos ao meio ambiente no entorno da área de cultivo seriam muito reduzidos ou mesmo nulos, o que foi confirmado através do acompanhamento dos parâmetros, especialmente dos nutrientes dissolvidos e acumulados no sedimento.

Segundo relatos dos mergulhadores participantes das coletas de monitoramento ambiental e das imagens obtidas, não existia presença de ração no fundo das gaiolas, assim como foi constatado ausência de mudanças visuais no leito marinho. Também não foram encontrados evidências de *Beggiatoa* sp. ou do poliqueto *Capitella capitata*, espécies características de zonas afetadas por contaminação orgânica (Martí *et al.* 2005). Em cultivos com altas densidades na Europa, por exemplo, os fundos marinhos geralmente mostram-se muito devastados devido às sobras de ração, que causam declínios nos valores de oxigênio dissolvido, podendo ocasionar até mesmo condições anóxicas nos sedimentos, causando a morte dos organismos bentônicos, e ocasionando proliferação de grandes manchas de bactérias no leito abaixo das estruturas de cultivo.

Outro aspecto relevante foi à grande dinâmica do ambiente. As correntes marinhas na região mostraram-se muito expressivas, ocasionando até mesmo problemas nas estruturas dos tanques de cultivo. Devido a isto, praticamente não se notaram diferenças nas concentrações dos parâmetros entre os diferentes pontos amostrais e época do ano, inclusive os pontos controle (200 metros) não se mostraram diferentes dos demais pontos amostrais. No trabalho de Martí *et al.* (2005) também não se observaram diferenças significativas nas variáveis de qualidade de água entre os pontos situados entre a instalação de cultivo marinho e os pontos controle, assim como os resultados da pesquisa realizada por Nordvarg & Johansson (2002), que não detectaram efeitos significativos das instalações de cultivo sobre o meio adjacente no que se refere a oxigênio dissolvido, nitrogênio total, transparência e sólidos suspensos das águas.

Como mostrado anteriormente, os valores de correntes neste trabalho tiveram média de 0,26 m/s, e valor máximo de 0,78 m/s, valores estes muito elevados. Por exemplo, o trabalho de Forchino *et al.* (2011), no Mar Mediterrâneo, com cultivo lubina e dorada, teve correntes variando de 0,028 a 0,03 m/s na superfície e 0,015 a 0,018 m/s no fundo, com 0,3 m/s sendo os valores máximos encontrados (sendo esta praticamente a média do presente trabalho). Já Borja *et al.* (2009b) reportam valores variando de 0,024 a 0,14 m/s em um trabalho analisando diversos cultivos na Europa.

Em ambientes com limitada renovação de água, há um risco muito maior dos nutrientes se acumularem em uma área, ocorrendo eutrofização (Read & Fernandes 2003). Os resultados de três modelos de simulação desenvolvidos por Wu *et al.*(1999) sugeriram que o impacto dos cultivos de peixes marinhos é menor em áreas marinhas comparado a áreas abrigadas e continentais. Isto ocorre devido à existência de fortes correntes marinhas, e, por isso, maior dispersão e diluição dos nutrientes.

Torna-se importante ressaltar que esta grande dinâmica do ambiente pode, muitas vezes, mascarar uma possível influência do cultivo na qualidade da água, pois os métodos clássicos de monitoramento de variáveis físicas e químicas muitas vezes não conseguem detectar as verdadeiras variações nestes parâmetros no meio, pois o ambiente com circulação elevada e com baixos tempos de residência, trata de dispersá-los antes, ou mesmo os nutrientes podem vir a ser assimilados pelos organismos ou volatilizados para a atmosfera, sendo, então, que estas variáveis acabam sendo subestimadas. Estes ambientes apresentam grande variação espaço-temporal de suas características físicas e químicas, tornando difícil o entendimento dos fluxos dos nutrientes (Sanz 2009; Hall *et al.* 1992; Holby & Hall 1991).

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os resultados obtidos no presente estudo, acredita-se que o cultivo do peixe marinho *Rachycentron canadum* em tanques-rede no litoral do Estado de Pernambuco não impactou de maneira negativa a área adjacente, no que se refere tanto a coluna d'água quanto ao sedimento. Problemas no decorrer do cultivo, que resultaram em baixa biomassa produzida e, conseqüentemente, baixo aporte de ração, podem ser as possíveis causas, assim como a grande dinâmica do ambiente, que apresentou altas velocidades de correntes marinhas, que tratam de dissipar qualquer aporte orgânico.

De maneira geral não houve surpresas quanto às características da água na região, sendo apenas detectadas presenças significativas de nitrogênio total e carbono orgânico total na água, que podem ser explicadas pela proximidade do rio Capibaribe, que é altamente rico em matéria orgânica. Também foi detectada presença de carbono no sedimento em quantidade considerável, mas a grande quantidade de organismos bentônicos na região costeira pode ser a causa destes resultados.

Acredita-se que o ambiente possua grande capacidade de suporte, entretanto, são necessários mais estudos, e o acompanhamento de novos ciclos de cultivo para conhecer melhor o ambiente e afirmar com precisão a influência deste tipo de cultivo no ambiente.

Estudos como estes podem gerar informações que também poderão servir de base para os estudos de gestão costeira, proporcionar subsídios para a escolha de áreas de cultivo, avaliar o número de unidades de cultivo e/ou sugerir formas de manejo para minimizar os efluentes, sempre considerando a capacidade de suporte do local. Deve-se salientar a importância de realizar estes estudos enquanto no ambiente costeiro brasileiro ainda atuam poucos e pequenos empreendimentos, ou seja, enquanto há tempo de formular um plano de desenvolvimento sustentável sem que os impactos já tenham sido causados.

Apesar das dificuldades encontradas ao longo deste trabalho, tanto no cultivo quanto na avaliação da sua influência sobre o meio, especialmente por ser um trabalho pioneiro, a influência das características locais (hidrodinâmicas) sobre o cultivo e a dispersão dos nutrientes e matéria orgânica oriunda do mesmo se mostrou muito importante, e esta informação deve ser considerada nos trabalhos futuros.

Recomenda-se também uma avaliação das concentrações de fósforo aderidos ao sedimento em trabalhos futuros, uma vez que, como já citado anteriormente, a maior parte do fósforo aportado pelos efluentes é na forma particulada (Beveridge *et al.* 1991), e o mesmo tende a precipitar, podendo não ser encontrado dissolvido na água, mas aderido ao leito marinho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUADO-GIMÉNEZ, F & B GARCÍA-GARCÍA. 2004. Assessment of some chemical parameters in marine sediments exposed to offshore cage fish farming influence: a pilot study. *Aquaculture*, 242: 283-296.
- AGUADO-GIMÉNEZ, F & JM RUIZ-FERNÁNDEZ. 2012. Influence of an experimental fish farm on the spatio-temporal dynamic of a Mediterranean maerl algae community. *Mar. Environ. Res.*, 74: 47-55.

- AMINOT, A & M CHAUSSEPIED. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest, CNEXO. 379p.
- ANGEL, L, S VERGHESE, JJ LEE, AM SALEH, D ZUBER, D LINDELL, A SYMONS. 2000. Impact of a net cage fish farm on the distribution of benthic foraminifera in the Northern Gulf of Eilat (Aqaba, Red Sea). *J. Foraminiferal Res.*, 30 (1): 54-65.
- APOSTOLAKI, ET, T TSAGARAKI, M TSAPAKIS & I KARAKASSIS. 2007. Fish farming impact on sediments and macrofauna associated with seagrass meadows in the Mediterranean. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 75: 408-416.
- ARNOLD, CR, JB KAISER & GJ HOLT. 2002. Spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in captivity. *J. World Aquacult. Soc.*, 33 (2): 205-208.
- ATWOOD, HL, SP YOUNG, JR TOMASSO, TIJ SMITH. 2004. Resistance of cobia *Rachycentron canadum*, juveniles to low salinity, low temperature, and high environmental nitrite concentrations. *J. Appl. Aquac.*, 15 (3/4): 191-195.
- BARDACH, JE, JH RYTHER & McLARNEY. 1972. Aquaculture: The farming and husbandry of freshwater and marine organisms. New York, 868p.
- BAUMGARTEN, MGZ, MJ BARROS ROCHA, LF NIENCHESKI. 1996. Oceanografia Química - Manual de Análises em Oceanografia Química. Rio Grande. 132 p.
- BENETTI, DD, MR ORHUN, B SARDENBERG, B O'HANLON, A WELCH, R HOENING, I ZINK, JA RIVERA, B DENLINGER, D BACCOAT, K PALMER, FG CAVALIN. 2008. Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). *Aquacult. Res.*, 39: 701-711.
- BEVERIDGE, MCM, MJ PHILLIPS, RM CLARKE. 1991. A quantitative and qualitative assessment of wastes from aquatic animal production. In: Burne, D.E., Tomasso, J.R. (Eds.), Aquaculture and Water Quality. *J. World Aquacult. Soc.*, pp. 506-533.
- BLACK, KD. 2001. Environmental Impacts of Aquaculture. Academic Press, Sheffield, UK, 214 pp.
- BORJA, A. 2002. Los impactos ambientales de la acuicultura. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 18 (1-4): 41-4.

- BORJA, A., JG RODRÍGUEZ, K BLACK, A BODOY, C EMBLOW, TF FERNANDES, J FORTE, I KARAKASSIS, I MUXIKA, TD NICKELL, N PAPAGEORGIOU, F PRANOVI, K SEVASTOU, P TOMASSETTI, D ANGEL. 2009b. Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in the sites across Europe. *Aquaculture*, 293: 231-240.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357 17 de Março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. Publicada no DOU nº 053, de 18 de Março de 2005. p 58-63.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2010. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro. 443p.
- BUSCHMANN, AH, F CABELLO, Y KYLE, J CARVAJAL, DA VARELA & L HENRÍQUEZ. 2009. Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: Analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. *Ocean Coast. Manage.*, 52 (5): 243-249.
- BUSSAB, WO & PA MORETTIN. 2003. Estatística Básica — 5ª Edição – Editora Saraiva.
- CAI, H & Y SUN. 2007. Management of Marine Cage Aquaculture. Environmental Carrying Capacity Method Based on Dry Feed Conversion Rate. *Env. Sci. i Pollut. Res.*, 14 (7): 463-469. China.
- CALLISTO, M & JF GONÇALVES JÚNIOR. 2005. Bioindicadores Bentônicos. In: Fabio Roland, Dionéia Cesar e Marcelo Marinho (Eds). Lições de Limnologia, São Carlos, Ed. Rima, pp. 371-379.
- CAMPOS, H. 2002. Estatística Experimental Não-Paramétrica — 4ª Edição – Editora da USP.
- CANCEMI, G, G DE FALCO, G PERGENT. 2003. Effects of organic input from a fish farm facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 56: 961-968.
- CAVALLI, RO & S HAMILTON. 2007. A piscicultura marinha no Brasil: Afinal, quais as espécies boas para cultivar? *Panorama da Aquicultura*, 17 (104): 50-55.

- CARROLL, ML, S COCHRANE, R FIELER, R VELVIN, P WHITE. 2003. Organic enrichment of sediments from salmon farming in Norway: environmental factors, management practices, and monitoring techniques. *Aquaculture*, 226: 165-180.
- CHANG, SL, CS HSIEH, ZL CHAO, MS SU. 1999. Notes on artificial propagation and grow-out techniques of cobia (*Rachycentron canadum*). *Fish World Magazine*, 270: 14-26.
- CHEN, Y-S, MCM BEVERIDGE & TC TELFER. 1999. Settling rate characteristics and nutrient content of the faeces of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and the implications for modelling of solid waste dispersion. *Aquacult. Res.*, 30: 395-398.
- COSTA, BDF. 2004. Caracterização ambiental e dimensionamento da capacidade de aproveitamento do Reservatório de Sobradinho para a instalação de tanques rede. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 74p.
- CUPELO, ACG. 2000. As frações do pico-, nano- e microplâncton na profundidade do máximo de clorofila na costa central do Brasil (13,5°-23°S). Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 131 p.
- DEMIRAK, A, A BALCI & MT FEKC. 2006. Environmental impact of the marine aquaculture in Güllük Bay, Turkey. *Environ. Monit. Assess.*, 123: 1-12.
- DOMÍNGUEZ, M & V MARTÍN. 2005. Impacto ambiental de jaulas flotantes: estado actual de conocimientos y conclusiones prácticas. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 21(1-4): 75-81.
- EÇA, GF. 2009. Biogeoquímica de nutrientes e clorofila-*a* na plataforma continental rasa entre Itacaré e Canavieiras – Bahia. Dissertação de mestrado. Ilhéus, Bahia. 56p.
- FAO. 2004-2012. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Salmo salar*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Jones, M. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Acessado em 04/07/2012 em http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Salmo_salar/en

- FAO. 2007-2012. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Rachycentron canadum*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by J.B. Kaiser, J.G. Holt. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Acessado em 04/07/2012 em http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Rachycentron_canadum/en
- FEELEY, MW, DD BENETTI & JS AULT. 2007. Elevated oxygen uptake and high rates of nitrogen excretion in early life stages of the cobia *Rachycentron canadum* (L.), a fast-growing subtropical fish. *J. Fish Biol.*, 71: 1662-1678.
- FERNANDES, M, P LAUER, A CHESHIRE, M ANGOVE. 2007. Preliminary model of nitrogen loads from southern bluefin tuna aquaculture. *Mar. Pollut. Bull.*, 54: 1321-1332.
- FORCHINO, A, A BORJA, F BRAMBILLA, JG RODRÍGUEZ, I MUXIKA, G TEROVA & M SAROGLIA. 2011. Evaluating the influence of off-shore cage aquaculture on the benthic ecosystem in Alghero Bay (Sardinia, Italy) using AMBI and M-AMBI. *Ecol. Indic.*, 11: 1112-1122.
- GÓMEZ-GALINDO, C. 2000. A nitrogen-based assessment of aquaculture: Shrimp farming in northwest México. Tese de Doutorado. Universidade de British Columbia. 135p.
- GOWEN, RJ, DP WESTON, A ERVIK. 1991. Aquaculture and the benthic environment: a review. In: Cowey, C.B., Cho, C.Y. (Eds.), *Nutritional Strategies and Aquaculture Waste Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste (NSMAW)*. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. 275 pp.
- GRIGORAKIS, K & G RIGOS. 2011. Aquaculture effects on environmental and public welfare – The case of Mediterranean mariculture. *Chemosphere*, 855: 899-919.
- HALL, POJ, O HOLBY, S KOLLBERG, MO SAMUELSSON. 1992. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm: IV. Nitrogen. *Mar. Biol. Prog. Ser.*, 89: 81-91.
- HANSELL, DA, CA CARLSON. 2001. Biogeochemistry of total organic carbon and nitrogen in the Sargasso Sea: control by convective overturn. *Deep-Sea Res. II*, 48: 1649-1667.

- HECKY, RE & P KILHAM. 1988. Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments: a review of recent evidence on the effects of enrichment. *Limnol. Oceanogr.*, 33: 796-822.
- HENRY-SILVA, GG & AFM CAMARGO. 2008. Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas – relato de caso. *B. Inst. Pesca, São Paulo*. 34(1): 165-175.
- HERBERT, RA. 1999. Nitrogen cycling in coastal marine ecosystems. *Microbiol. Rev.*, 23: 563-590.
- HOLBY, O & POJ HALL. 1991. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm: II. Phosphorus. *Mar. Biol. Prog. Ser.*, 70: 263-272.
- HOLMER, M, N MARBA, E DIAZ-ALMELA, CM DUARTE, M TSAPAKIS, R DANOVARO. 2006. Sedimentation of organic matter from fish farms in oligotrophic Mediterranean assessed through bulk and stable isotope (d13C and d15N) analyses. *Aquaculture*, 262 (2-4): 268-280.
- HUIWEN, C & S YINGLAN. 2007. Management of Marine Cage Aquaculture: Environmental Carrying Capacity Method Based on Dry Feed Conversion Rate. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 14 (7): 463-469.
- IDELOVITCH, E & M MICHAEL. 1981. Nitrogen removal by free ammonia stripping from high pH ponds. *J. Water Pollut. Control. Fed.*, 53(9): 1391-1401.
- KAISER, JB & GJ HOLT. 2005. Species Profile Cobia. Southern Regional Aquaculture Center Publication No. 7202. 6 p.
- KARAKASSIS, I, M TSAPAKIS, E HATZIYANNI, KN PAPADOPOULOU & W PLAITI. 2000. Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *J. Mar. Sci.*, 57: 1462-1471.
- KEMPF, M, M MERCERON, G CADOUR, H JEANNERET, ME ARY & P MIRAMMAND. 2002. Environmental impact of a salmonid farm on a well flushed marine site: II. Biosedimentology. *J. Appl. Ichthyol.*, 18: 51-60.
- LEE, HW, JH BAILEY-BROCK & MM MCGURR. 2006. Temporal changes in the polychaete infaunal community surrounding a Hawaiian mariculture operation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 307: 175-185.

- LIAO, IC, TS HUANG, WS TSAI, CM HSUEH, SL CHANG & EM LEAÑO. 2004. Cobia culture in Taiwan: current status and problems. *Aquaculture*, 237: 155-165.
- LIMA, LNSS. 2010. Identificação de regiões favoráveis ao cultivo de beijupirá (*Rachycentron canadum*) no litoral brasileiro considerando a temperatura como fator ambiental determinante. Monografia. Universidade Federal Rural de Recife. 39p.
- LIU, Y, P YANG, C HU & H GUO. 2008. Water quality modeling for load reduction under uncertainty: A Bayesian approach. *Water Qual.*, 42: 3305-3314.
- LOURENÇO, SO, AN MARQUES JÚNIOR. 2002. Produção primária marinha. p. 195-227, in. PEREIRA, RC, A SOARES-GOMES. (Org.), *Biologia Marinha*. Interciências, Rio de Janeiro. 382p.
- LUPATSCH, I & GWM KISSIL. (1998). Predicting aquaculture waste from gilthead seabream (*Sparus aurata*) culture using a nutritional approach. *Aquat. Living Resour.*, 11: 265-268.
- MACIAS, JC, J COLLADO, C ÁLAMO, M ESCALONA & E GARCÍA. 2005. Seguimiento Ambiental en Instalaciones de Acuicultura Marina. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 21 (1-4): 57-66.
- MARTÍ, CM, R MARTÍ, M MARTÍNEZ & YS PACHES. 2005. El programa de vigilancia ambiental de piscifactorías en jaulas flotantes. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 21 (1-4): 67.
- MOLINA L & JM VERGARA. 2005. Impacto ambiental de jaulas flotantes: estado actual de conocimientos y conclusiones prácticas. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 21(1-4): 75-81.
- MOLINA, L, G LÓPEZ, JM VERGARA, L ROBAINA. 2001. A comparative study of sediments under a marine Cage farm at Canary Island (Spain). Preliminary results. *Aquaculture*, 192: 225-231.
- MORRISEY, DJ, MM GIBBS, SE PICKMERE & RG COLE. 2000. Predicting impacts and recovery marine-farm sites in Stewart Island, New Zealand, from the Findlay – Watling model. *Aquaculture*, 185: 257-271.

- MOSER, GAO & GIANESELLA-GALVÃO. 1998. A study of the phytoplankton biomass distribution at Bacia de Campos (RJ) aided by a GIS. *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*, 1: 387-393.
- MPA. 2010. Ministério da Pesca e Aquicultura. Caderno Consolidação dos dados estatísticos de pesca e aquicultura 2008-2009.
- NORDVARG, L & T JOHANSSON. 2002. The effects of fish farm effluents on the water quality in the Aland Archipelago, Baltic Sea. *Aquacult. Eng.*, 25: 253-279.
- PASSAVANTE, JZO. 2003. Produção fitoplanctônica do estuário do rio Capibaribe (Recife, Pernambuco, Brasil). *In: Congresso Nordestino de Ecologia*, 10. Recife Anais. Recife. CD-ROM, p. 1-2.
- RAPP, P, WR RAMÍREZ, JA RIVERA, M CARLO & R LUCIANO. 2007. Measurement of organic loading under an open-ocean aquaculture cage, using sediment traps on the bottom. *J. Appl. Ichthyol.*, 23: 661-667.
- READ, PA, TF FERNANDES, KL MILLER. 2001. The derivation of scientific guidelines for best environmental practice for the monitoring and regulation of marine aquaculture in Europe. *J. Appl. Ichthyol.*, 17 (4): 146-152.
- READ, PA & TF FERNANDES. 2003. Management of environmental impacts of marine aquaculture in Europe. *Aquaculture*, 226: 139-163.
- RODRIGUES, RV, MH SCHWARZ, BC DELBOS & LA SAMPAIO. 2007. Acute toxicity and sublethal effects of ammonia and nitrite for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 271: 553-557.
- ROTHLISBERG, PC, PC POLLARD, PC NICHOLS, PD MORIARTY, DJW FORBES, CJ JACKSON, D VAUDREY. 1994. Phytoplankton community structure and productivity in relation to the hydrological regime of the Gulf of Carpentaria, Australia, in summer. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, 45: 265-282.
- Apud EÇA, GF. 2009. Biogeoquímica de nutrientes e clorofila-*a* na plataforma continental rasa entre Itacaré e Canavieiras – Bahia. Dissertação de mestrado. Ilhéus, Bahia. 56p.
- RUSSELL, M, CD ROBINSON, P WALSHAM, L WEBSTER & CF MOFFAT. 2011. Persistent organic pollutants and trace metals in sediments close to Scottish marine fish farms. *Aquaculture*, 319: 262-271.

- SAMOCHA, TM & AL LAWRENCE. 1997. Shrimp farms effluent Waters, environmental impact and potential treatment methods. In: Interactions between cultured species and naturally occurring species in the environment (Keller, B.J., ed). p. 33-58.
- SAMPAIO, LA, CB MOREIRA, KC MIRANDA-FILHO & NA ROMBENSO. 2011. Culture of cobia *Rachycentron canadum* (L) in near-shore cages off the Brazilian coast. *Aquacult. Res.*, 42: 832-834.
- SANCHES, EG, CV PANNUTI & EF SEBASTIANI. 2008 (Nov/Dez). A piscicultura marinha como opção para a carcinicultura brasileira. *Aqüicultura & Pesca*, 36: 12-19.
- SANZ, MG. 2009. Estudio y desarrollo de indicadores biológicos para evaluar el alcance espacial de vertidos procedentes de granjas marinas. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona, España. 221p.
- SARA, G. 2007. Ecological effects of aquaculture on living and non-living suspended fractions of the water column: A metaanalysis. *Water Res.*, 41: 3187-3200.
- SARA, G, D SCILIPOTI, M MILAZZO, A MODICA. 2006. Use of stable isotopes to investigate dispersal of waste from fish farms as a function of hydrodynamics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 313: 261-270.
- SCHENDEL, K, SUSANNE E NORDSTROM² & LES M LAVKULICH. 2004. Floc and sediment properties and their environmental distribution from a marine fish farm. *Aquacult. Res.*, 35: 483-493.
- SILVA, ALN & AT SIQUEIRA. 1997. Piscicultura em tanques rede: princípios básicos. Recife: SUDENE. UFRPE, 72p.
- STRICKLAND, JD. 1960. Measuring the production of marine phytoplankton. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 122.
- SU, MS, YH CHIEN & IC LIAO. 2000. Potential of marine cage aquaculture in Taiwan: cobia culture. In: Cage aquaculture in Asia (eds. I. C. Liao and C. K. Lin). Proceedings of the First International Symposium on Cage Aquaculture in Asia. Asian Fisheries Society, Manila, and World Aquaculture Society, Bangkok, pp. 21-37.

- SUN, L, H CHEN, L HUANG, Z WANG, Y YAN. 2006. Growth and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) relative to ration. *Aquaculture*, 257: 214-220.
- TACON, AGJ & M HALWART. 2007 Cage aquaculture: a global overview. *In*: HALWART, M, D SOTO, JR ARTHUR (Editors). Cage aquaculture – Regional reviews and global overview, pp. 1–16. FAO Fisheries Technical Paper. No. 498. Rome. 241p.
- TSAGARAKI, TM, G PETIHAKIS, K TSIARAS, G TRIANTAFYLLOU, M TSAPAKIS, G KORRES, G KAKAGIANNIS, C FRANGOULIS, I KARAKASSIS. 2011. Beyond the cage: Ecosystem modelling for impact evaluation in aquaculture. *Ecol. Model.*, 222: 2512-2523.
- TEDESCO, EC. 2006. Estudo das diatomáceas da zona de arrebenção da praia do Cururupe, Ilhéus – BA. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, UESC, 95 pp.
- TEMPORETTI, PF & FL PEDROZO. 2000. Phosphorus release rates from freshwater sediments affected by fish farming. *Aquacult. Res.*, 31: 447-455.
- TOVAR, A, C MORENO, MP MANUEL-VEZ & M GARCIA-VARGAS. 2000. Environmental impacts of intensive aquaculture in marine Waters. *Wat. Res.*, 34 (1): 334-342.
- TSAPAKIS, M, P PITTA, I KARAKASSIS. 2006. Nutrients and fine particulate matter released from sea bass (*Dicentrarchus labrax*) farming. *Aquat. Living Resour.*, 19: 69-75.
- UICN. 2007. Guía para el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Mediterránea. Interacciones entre La Acuicultura y el Medio Ambiente. Gland, Suiza y Málaga, España. 114p.
- VALENTI, WC, CR POLI, JA PEREIRA & JR BORGHETTI. 2000. Aqüicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável. Brasília: CNPq/ Ministério da Ciência e Tecnologia. 399p.
- VINATEA, L. 1997. Princípios químicos de qualidade da água em aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões. EDUFSC. 166p.

- WALLNER-KERSANACH, M, ARL RIBEIRO & EC MACHADO. 2010. Análise Instrumental - Analisador Elementar CHNS/O. *In:* BAUMGARTEN, MGZ, M WALLNER-KERSANACH & LFH NIENCHESKI. Manual de Análises em Oceanografia Química. Editora da FURG, pp. 145-166.
- WELSCHMEYER, NA. 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll *a* in the presence of chlorophyll *b* and phaeopigments. *Limnol. Oceanogr.*, 39(8): 1985-1992.
- WILD-ALLEN, K, M HERZFELD, PA THOMPSON, U ROSEBROCK, J PARSLOW, JK VOLKMAN. 2010. Applied coastal biogeochemical modelling to quantify the environmental impact of fish farm nutrients and inform managers. *J. Mar. Syst.*, 81: 134-147.
- WU, RSS, PKS SHIN A, D.W. MACKAY B, M. MOLLOWNEY C, D. JOHNSON. 1999. Management of marine fish farming in the sub-tropical environment: a modelling approach. *Aquaculture*, 174: 279-298.
- ZIMMERMANN, CF, CW KEEFE & J BASHE. 1997. Determination of carbon and nitrogen in sediments and particulates of estuarine/coastal waters using elemental analysis. U.S. Environmental Protection Agency, Method 440.0, p. 9.