



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

JORDÂNIO NOVAES MARQUES

**IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO DE PEIXES NOS
SISTEMAS DE CRIAÇÃO**

Salvador
2014

JORDÂNIO NOVAES MARQUES

**IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO DE PEIXES NOS
SISTEMAS DE CRIAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Zootecnia.

Orientador: Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro

Salvador
Semestre 1/2014

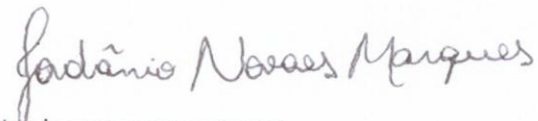
JORDÂNIO NOVAES MARQUES

**IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO DE PEIXES NOS
SISTEMAS DE CRIAÇÃO**

DECLARAÇÃO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Declaro, para todos os devidos fins de direito e que se fizerem necessários, que isento completamente a Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia, a coordenação da disciplina MEVA99-Trabalho de Conclusão de Curso e os professores indicados para compor o ato de defesa, de toda e qualquer responsabilidade, pelo conteúdo e idéias expressas no presente trabalho de Conclusão de Curso. Estou ciente de que poderei responder administrativa, civil e criminalmente em caso plágio comprovado.

Salvador, 17 de julho de 2014



Assinatura por extenso

TERMOS DE APROVAÇÃO

JORDÂNIO NOVAES MARQUES

**IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO DE PEIXES NOS
SISTEMAS DE CRIAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Zootecnia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal da Bahia.

Aprovado em 17 de julho de 2014

Banca Examinadora:



Dr. em Zootecnia – Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro
Professor adjunto II da Universidade Federal da Bahia,
Orientador.

Dr. Em Zootecnia – Carlos Eduardo Copatti
Professor adjunto II da Universidade Federal da Bahia,



Mestre em Ciência Animal – Seldon Almeida de Souza
Professor Assistente I da Universidade Federal do Vale do São Francisco.

DEDICATÓRIA

A Deus, pela vida e sabedoria;

Aos meus pais Jânio e Zildinha, pelo amor, carinho e dedicação, pelas palavras e conselhos durante a minha caminhada, sempre me apoiando nas decisões tomadas, guiando-me a trilhar pelo sucesso;

Aos meus irmãos Mateus, Patrick e Palloma, pelo companheirismo, confiança, amizade e momentos de alegria.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele eu não teria chegado até aqui, me dando sabedoria, perseverança, força para alcançar mais uma vitória.

À minha mãe que durante esse tempo esteve ao meu lado me dando força, conselhos, palavras de sabedoria, ensinamentos, que sempre dedicou e dedica a me acompanhar, me apoiar e me mostrar qual melhor caminho à ser seguido.

Ao meu pai que sempre acreditou e acredita na minha coragem de descobrir algo novo, me incentivando na busca de novos conhecimentos, do discernimento das coisas e respeito mútuo.

Aos meus irmãos pelo apoio, compreensão, carinho e confiança durante essa jornada.

A todos os professores que se dedicaram a transmitir conhecimento e nos preparar para a tão sonhada vida profissional. Como também ao meu orientador prof. Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro pelo conhecimento transmitido durante a trajetória do curso e pelo apoio na elaboração deste trabalho.

Não poderia deixar de agradecer a prof. Tatiana Maslowa por ter despertado em mim o prazer de trabalhar com Aquicultura.

Aos colegas do MAPA que por dois anos pude ter a experiência da vida profissional, que me ajudaram nessa caminhada ensinando-me a sempre buscar algo mais.

Aos meus grandes parceiros irmãos que tive o prazer de conhecê-los e ter como meus amigos Marcos Fiuza, Matheus Del Rey, Sylvania Dourado, Dayane Silva, Marcos Vinícius, Larissa Kiana, José Lima, Jandrei Santana, Sara Ribeiro, Carine Lima, Izabella Santos e Victor Guimarães deixando essa caminhada muito mais leve e divertida, vivenciando momentos de muita alegria e tristeza. E em especial a Jamile Boaventura, pela amizade e confiança e por estar me apoiando e dando força para elaboração desse trabalho.

Aos meus amigos Sabrina Seixas, Natália Lima, Guilherme Carvalho, Izabela Carvalho, que por um bom tempo puderam acompanhar essa minha jornada durante o curso.

Novaes Marques, Jordânio. **Impactos ambientais causados pela produção de peixes nos sistemas de criação**. Salvador, Bahia, 2014. Trabalho de Conclusão do Curso Zootecnia, Escola de Medicina Veterinária da Bahia, Universidade Federal da Bahia, 2014.

RESUMO

Os impactos ambientais causados pela atividade da aquicultura dentro dos sistemas de criação são geradores de resíduos dentro dos corpos d'água. O levantamento de dados sobre os possíveis prejuízos oriundos da atividade aquícola e a identificação dos mesmos foram os objetos de estudo do trabalho. Questões como densidade de estocagem, alimentação artificial, renovação de água, papel do nitrogênio e do fósforo dentro da produção, tipos de sistemas de criação, amônia, nitrito e nitrato, eutrofização, demanda bioquímica de oxigênio, capacidade de suporte, foram alguns dos assuntos relacionados com a proposta inicial do trabalho. Após uma série de revisão de trabalhos relacionados, foi possível obter dados importantes para a elaboração do mesmo, estudos a respeito dos impactos proveniente da criação de organismos aquáticos devem ser feitos, pois a tecnificação dos sistemas está em constante modificação. Em virtude da água ser o principal componente dos ecossistemas aquáticos, e ser um fator decisivo da produção, aliado a uma boa qualidade do alimento, torna-se imprescindível estudar suas características físico-químicas dentro de qualquer atividade da aquicultura. Um bom sistema de renovação de água apresenta-se como método de maior aproveitamento da produção aquícola devido ao fluxo da água diluir os principais metabólitos excretados dos peixes, como também, a densidade de estocagem aumentar ou diminuir a oxigenação da água. Sendo que os índices produtivos são altamente dependentes da quantidade de animais/m³ e que o melhor aproveitamento da ração comercial pelos peixes diminui a quantidade de matéria orgânica nos corpos hídricos e evita o acúmulo de substâncias indesejáveis.

Palavras-Chaves- 1. Poluição. 2. Tanques-rede. 3. Aquicultura

LISTRA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Definição de DQO e DBO.....	17
Figura 2 – Eutrofização de águas.....	19
Figura 3 – Ciclo do Nitrogênio.....	21
Figura 4 – Ciclo do Fósforo.....	24
Figura 5 – Esquema da cadeia alimentar terrestre	27
Figura 6 – Ecossistemas terrestres.....	28
Figura 7 – Ecossistema aquático.....	29
Figura 8 – Piscicultura Extensiva.....	33
Figura 9 – Piscicultura Semi-Intensiva.....	34
Figura 10 – Piscicultura Intensiva com aeradores.....	35
Figura 11 – Sistema de criação em tanques-rede.....	36
Figura 12 – Sistema de criação em “raceway”.....	38
Figura 13 – Movimento das águas através de tanques-rede cúbico e cilíndrico.....	41

LISTA DE TABELA

TABELA 1 – Limites para classes de estado trófico baseados em Salas e Martino (2001).....	25
---	----

LISTA DE ABREVIACÕES

C – Carbono

CO₂ – Gás carbônico

CS – Capacidade de suporte

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DE – Densidade de estocagem

DQO – Demanda Química de Oxigênio

GVBD – Grande Volume e Baixa Densidade

H₂O – Água

P - Fósforo

PIB – Produto Interno Bruto

PID – Fosfato inorgânico dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

PO₄³⁻ - Fosfato

POP – Fosfato orgânico particulado

PVAD – Pequeno Volume e Alta Densidade

NH₄OH – Hidróxido de amônio

NH₃ – Amônia

NH₄⁺ - Amônio

HNO₂ – Ácido nitroso

HNO₃ – Ácido nítrico

NO – Óxido nítrico

N₂O – Óxido nitroso

NO₂⁻ - Nitrito

NO₃⁻ - Nitrato

N_2 – Nitrogênio

OD – Oxigênio Dissolvido

O_2 – Oxigênio

OH^- - Hidroxila

S – Enxofre

SUMÁRIO

1 –	
INTRODUÇÃO.....	Erro!
	Indicador não definido.
2 – REVISÃO DE	
LITERATURA.....	Erro! Indicador não
	definido.6
2.1 – Demanda Bioquímica de Oxigênio	
(DBO).....	Erro! Indicador não definido.6
2.2 –	
Eutrofização.....	Erro!
	Indicador não definido. 8
2.2.1 – Ciclo do	
Nitrogênio.....	Erro! Indicador
	não definido.0
2.2.1.1 –	
Amonização.....	Erro!
	Indicador não definido. 1
2.2.1.2 –	
Nitrificação.....	Erro!
	Indicador não definido. 2
2.2.1.2.1 -Nitrosação.....	22
2.2.1.2.2 Nitração.....	22
2.2.1.3 –	
Desnitrificação.....	Erro!
	Indicador não definido. 2
2.2.2 – Ciclo do	
Fósforo.....	Erro! Indicador
	não definido.3
2.3 –	
Ecosistemas.....	Erro!
	Indicador não definido. 6
2.3.1 – Ecossistema	
Terrestre.....	Erro! Indicador não
	definido.7

	2.3.2 – Ecossistema	
Aquático.....	definido.9	Erro! Indicador não
2.4 – Capacidade de suporte.....		29
	2.5 – Sistemas de	
criação.....	definido.	Erro! Indicador não
	2.5.1 – Sistema	
extensivo.....	não definido.2	Erro! Indicador
	2.5.2 – Sistema Semi-	
Intensivo.....	definido.3	Erro! Indicador não
	2.5.3 – Sistema	
Intensivo.....	não definido.4	Erro! Indicador
	2.5.4 – Sistemas Super-	
Intensivo.....	definido.5	Erro! Indicador não
	2.6 – Tanques-	
rede.....	não definido.8	Erro! Indicador
	2.7 – Impactos	
Ambientais.....	não definido.2	Erro! Indicador
	3 – CONSIDERAÇÕES	
FINAIS.....	definido.6	Erro! Indicador não
4 - REFERÊNCIAS.....		47

1 – Introdução

Diante da crescente expansão do setor agropecuário no Brasil, a produção animal de uma forma geral, tem-se destacado bastante na construção da cadeia alimentar, pois em sua total ou parcial parcela, o setor do agronegócio se apresenta como o principal impulsionador do PIB no país. Visto que, iniciou em 2013 com crescimento de 0,95%, desempenho oposto ao observado no primeiro mês de 2012, quando o setor registrou baixa de 0,38% (BARROS et al., 2013).

Em virtude da expansão da aquicultura no Brasil e da busca por uma sociedade mais sustentável, fica inviável pensar em produzir e não agredir o meio ambiente. Em decorrência dessa expansão, a poluição das águas causada pelo acúmulo de substâncias contidas nos efluentes da aquicultura, é tida como um dos principais problemas ambientais encontrados nos ecossistemas aquáticos (EMBRAPA, 2014). Em virtude do grande crescimento populacional, dos processos de produção, do consumo em massa, é notória a preocupação com as questões ambientais. Fica evidente que quanto mais a população cresce, mais se faz necessário abastecer de alimento, trabalho e habitação. Garantir a integridade dos recursos naturais presentes, para que as gerações futuras goze dos mesmos e produzir de forma sustentável é o grande desafio da sociedade atual.

Inserida na agropecuária, a atividade de produção de organismos aquáticos em cativeiros, a aquicultura, apresenta-se como opção de melhorar a qualidade do pescado e aumentar a produção com técnicas mais adequadas, visto que o país apresenta a maior reserva de água doce do mundo e um vasto litoral com mais de 8 mil km² (SIDONIO, et al., 2012), são 5,3 milhões de hectares de água doce em reservatórios naturais e artificiais, 8.000 km de zona costeira, além de uma extensa rede hidrográfica, que pode ser potencialmente aproveitada na produção de organismos aquáticos (SEBRAE, 2008).

Contudo, o aproveitamento desses recursos para a produção está muito abaixo do seu potencial. Paralelo à atividade, o monitoramento de qualidade da água é fator determinante para o bom desempenho da mesma, pois, as quantidades de dejetos que são lançados no ambiente podem interferir negativamente na produção, assim como causar grandes prejuízos ambientais. O excesso de matéria orgânica oriundo da decomposição de plantas e do excesso da ração que é depositado no ambiente

favorecem a proliferação de algas, efeito chamado de eutrofização, diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido e limitando o crescimento de organismos aquáticos até à morte os animais. Devido a esse processo, a luz solar não incide no fundo dos rios, lagos e conseqüentemente as plantas que realizam fotossíntese não conseguem produzir oxigênio.

Outro fator importante para avaliar o parâmetro água, é o tipo de sistema e capacidade de suporte. A escolha do sistema, semi-intensivo ou intensivo, deve ser feita de forma a tentar minimizar ao máximo as perdas dentro da produção, visto que no sistema semi-intensivo – em lagos, represas, barragens – a capacidade de suporte é menor do que no sistema intensivo – tanques-redes e viveiros escavados – como consequência, há uma menor produção de alimento. Mas tanto no sistema de tanques-redes, quanto de viveiros, há maior exigência de ração de qualidade e manejo intenso.

Evidenciar as questões relacionadas com os impactos ambientais que a atividade aquícola pode trazer a partir dos sistemas de criação é o principal foco do trabalho.

2 – Revisão de literatura

2.1 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998). A concentração de oxigênio dissolvido (OD) em um corpo d'água qualquer é controlada por vários fatores, sendo um deles a solubilidade do oxigênio na água (FIORUCCI et al. 2005).

A atmosfera e a fotossíntese realizada pelas plantas aquáticas são as únicas formas que obtêm o oxigênio. A DBO é definida como sendo, a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas, ou seja, avalia a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) em mg/L de O₂, que será consumido pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica (LIMA et al. 2006). A DBO ocorre da seguinte maneira; primeiramente os microorganismos utilizam o OD para transformar o carbono em CO₂ e depois para transformar os compostos nitrogenados em (NO³⁻) e (NO²⁻). Corresponde à diferença entre as concentrações de oxigênio no início e no fim de um período de incubação, a um tempo de 5 dias e uma temperatura de 20°C, daí a definição de DBO_{5,20}.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Esse excesso de matéria orgânica na água é proveniente das fezes e do restante da ração que não é aproveitada pelos animais. Cerca de 20% do alimento utilizado para alimentação dos peixes estocados em tanques é perdido, antes de ser ingerido (SILVA et al., 2013).

De fato, quando a concentração de oxigênio dissolvido na água cai abaixo de valores aceitáveis, pode afetar significativamente a saúde do ecossistema aquático e também impedir o uso da água para diferentes fins (JANZEM et al., 2008). Para análise da qualidade de água, utiliza-se também o parâmetro de Demanda Química de Oxigênio (DQO). Diferente da DBO, que a oxidação da matéria orgânica é feita por microorganismos, na DQO a oxidação é feita por um agente químico, como o dicromato de potássio, sendo que o poder de oxidação deste é maior do que o que resulta mediante a ação de agentes biológicos (FIORUCCI et. al., 2005).

Parâmetro	Características gerais	Origem na água e fatores de alteração	Inconvenientes
Oxigênio dissolvido (OD)	<ul style="list-style-type: none"> • Representa a quantidade de oxigênio molecular (O₂) dissolvido na água; • Expresso, geralmente, em mg L⁻¹ ou porcentagem de saturação em uma dada temperatura e pressão. 	<ul style="list-style-type: none"> • Provém naturalmente de processos de dissolução/aeração das águas e como produto da reação de fotossíntese; • Varia em função da temperatura e salinidade da água e da pressão atmosférica; • Reduções significativas nos teores de OD podem ser provocadas por despejos de origem orgânica (esgotos e alguns efluentes industriais) e/ou com elevada temperatura, que pode diminuir a solubilidade do oxigênio na água. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apesar de essencial à vida, o oxigênio é fator significativo na corrosão de tubulações de ferro e aço.
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	<ul style="list-style-type: none"> • Parâmetro mais usual de indicação da poluição por matéria orgânica; • A determinação envolve a medida do oxigênio dissolvido utilizado pelos microrganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica; • A DBO é avaliada experimentalmente determinando a concentração de OD antes e após um período durante o qual uma amostra de água é mantida no escuro a temperatura de 20 ou 25 °C. A DBO é igual à quantidade de oxigênio consumida como resultado da oxidação de matéria orgânica dissolvida da amostra. As reações de oxidação são catalisadas pela ação de bactérias já presentes na amostra de água natural; • Usualmente, permite-se que a reação se prolongue por 5 dias antes da determinação do oxigênio residual. A demanda determinada por este tipo de teste (DBO₅) corresponde a cerca de 80% do que seria determinada se o experimento fosse realizado após um período de tempo muito longo - o que naturalmente não é prático, • A DBO é expressa em mg L⁻¹ (miligramas de O₂ por litro de H₂O); • A DBO é empregada na determinação da quantidade aproximada de oxigênio que será necessária para oxidar biologicamente a matéria orgânica presente na água. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ocorre naturalmente nas águas em nível reduzido em função da degradação de matéria orgânica (folhas, animais mortos, fezes de animais); • Aumentos de DBO são provocados por efluentes de origem predominantemente orgânica; • A DBO média para água superficial não poluída nos EUA é cerca de 0,7 mg L⁻¹, que é consideravelmente menor que a solubilidade do O₂ em água (8,1 mg L⁻¹ a 25 °C); • Valores de DBO de águas residuais, efluentes ou esgotos de indústrias são em geral de várias centenas de mg L⁻¹; • Águas seriamente poluídas apresentam DBO maior que 10 mg L⁻¹. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos índices podem gerar a diminuição e até a eliminação do oxigênio presente nas águas. Nessas condições, os processos aeróbicos de degradação orgânica podem ser substituídos pelos anaeróbicos, gerando alterações substanciais no ecossistema, inclusive extinção das formas de vida aeróbicas; • O tempo elevado de determinação da DBO é um inconveniente deste parâmetro.
Demanda química de oxigênio (DQO)	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilita uma determinação mais rápida da demanda de oxigênio de uma amostra de água do que a DBO; • Representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico; • É um parâmetro utilizado no monitoramento de sistemas de tratamento de efluentes e na caracterização de efluentes industriais; • Usualmente o íon dicromato, Cr₂O₇²⁻, na forma de um de seus sais, como o Na₂Cr₂O₇, é dissolvido em ácido sulfúrico, resultando em um poderoso agente oxidante. Esta solução preparada é usada no lugar do O₂ para oxidar a matéria orgânica presente na amostra. A semi-reação de redução do íon dicromato durante a oxidação da matéria orgânica é: Cr₂O₇²⁻ + 14H⁺ + 6e⁻ → 2Cr³⁺ + 7H₂O. A DQO também é expressa em mg L⁻¹; • A DQO está relacionada com a matéria orgânica total - não biodegradável e biodegradável. O teste de DQO é importante na medida da matéria orgânica em despejos que contenham substâncias tóxicas à vida, inclusive as bactérias e outros microrganismos que oxidam a matéria orgânica biodegradável; • A diferença entre DBO e DQO é que a última refere-se à oxidação de matéria orgânica e outros compostos através de reagentes químicos, enquanto na DBO essa oxidação é realizada por microrganismos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentos de DQO decorrem principalmente de despejos de origem industrial; • O teste é valioso na medida de matéria orgânica em efluentes que contenham substâncias tóxicas. Neste caso, valores de DBO baixos são encontrados mesmo na presença de grande quantidade de matéria orgânica, pois as substâncias tóxicas levam à morte os microrganismos que catalisam a decomposição aeróbica da matéria orgânica; • A DQO em um efluente industrial, em geral, é mais alta que a DBO, em virtude da maior facilidade com que grande número de compostos pode ser oxidado por via química em vez da via biológica. Esses compostos que são oxidados apenas por via química são os chamados não biodegradáveis. 	
Potencial de oxidação-redução (POR ou pE)	<ul style="list-style-type: none"> • Mede a capacidade de oxidação ou redução de uma substância ou amostra; • A medida do potencial de oxidação-redução de uma amostra é feita por meio de dois eletrodos que medem uma diferença de potencial que é correlacionável com o grau de oxidabilidade ou redutibilidade de uma amostra; • Diferenças de potencial positivas entre 200 mV e 600 mV indicam um meio fortemente oxidante. Diferenças de potencial entre -100 mV e -200 mV revelam meios redutores. 	<ul style="list-style-type: none"> • As condições de um rio não poluído são fracamente oxidantes, graças à presença de quantidades limitadas de oxigênio dissolvido. 	

SBQ

<http://qnint.s bq.org.br>

Figura 1: Definição de DQO e DBO (Fonte: FIORUCCI et al., 2005).

2.2 – Eutrofização

O processo de eutrofização tem se acelerado em reservatórios brasileiros devido aos seguintes fatores: aumento do uso de fertilizantes nas bacias hidrográficas, aumento da população humana, elevado grau de urbanização sem tratamento de esgotos domésticos e intensificação de algumas atividades industriais que levam excessiva carga de fósforo, nitrogênio e matéria orgânica para essas represas (RIVERA, 2003). Em termos de qualidade da água, a eutrofização pode ser definida como o excessivo crescimento de espécies vegetais (produção primária) no meio aquático para níveis em que se considere que afete a utilização normal e desejável da água (MONTEIRO, 2004).

O crescimento acelerado e a maior abundância de plantas aquáticas causam, freqüentemente, deterioração da qualidade hídrica e crescimento de grandes volumes de algas, de cianobactérias potencialmente tóxicas, tornando-se um risco à saúde do ecossistema, além de implicar em aumento no custo do tratamento da água para abastecimento (GALLI, et al., 2006). Quanto à sua origem, o processo pode ser classificado como natural ou artificial, ou seja, sem ou com atuação antrópica (BAPTISTA e NETO, 2002).

A eutrofização natural – nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais – é um processo lento e contínuo e não causa grandes prejuízos aos ecossistemas, devido ao tempo que se leva para eutrofizar, mantendo assim um equilíbrio no meio aquático entre as espécies animais e vegetais; na eutrofização artificial e/ou acelerada o processo é mais rápido visto à ação humana decorrentes de inúmeras atividades, tais como, lançamento de efluentes domésticos, industriais, fertilizantes químicos entre outros.

As principais alterações decorrentes dizem respeito às condições físico-químicas do meio (aumento da concentração de nutrientes, alterações significativas no pH em curto período de tempo, aumento da concentração de gases, como metano e gás sulfídrico) e biológicas (alterações na diversidade e na densidade dos organismos) (CARVALHO, 2004). Segundo o autor, quando controlada para fins de piscicultura, a reprodução das condições eutróficas pode ser desejável, pois permite a multiplicação de algas que servem de alimento para os microcrustáceos, que por sua vez constituem o alimento das larvas da maioria dos peixes.

Em função da eutrofização, muitos reservatórios e lagos no mundo já perderam sua capacidade de abastecimento de populações, de manutenção da vida aquática e de

recreação (FIGUEIRÊDO et al., 2007). Segundo os autores, a urbanização, a agropecuária e o desmatamento aumentam a carga de nutrientes nos reservatórios, contribuindo para uma maior ocorrência do processo de eutrofização em mananciais.



Figura 2: Eutrofização de águas (Fonte: <http://estrela-rs-aepan.blogspot.com.br/2010/11/eutrofizacao-ou-eutroficacao-das-aguas.html>)

Dentre os elementos químicos que resulta no aumento de nutrientes nos corpos d'águas, o nitrogênio e o fósforo, são os dois que mais preocupam para os processos naturais, como por exemplo, os ciclos biogeoquímicos. Os ciclos biogeoquímicos são processos naturais que por diversos meios reciclam vários elementos em diferentes formas químicas do meio ambiente para os organismos, e depois, fazem o processo contrário, ou seja, trazem esses elementos dos organismos para o meio ambiente (ROSA et al., 2003). Segundo os autores, os ciclos estão intimamente relacionados com processos geológicos, hidrológicos e biológicos.

Nos processos geológicos dão-se importância aos sedimentos, grandes reservatórios de fósforo da natureza; para os processos hidrológicos, a água como sendo o principal objeto de estudo, seja em rios, mar, lençóis freáticos e os processos de origem biológica, englobando alguns gases como nitrogênio e oxigênio, importantes para o funcionamento dos ecossistemas. O estudo desses ciclos se torna cada vez mais

importante, como, por exemplo, para avaliar o impacto ambiental que um material potencialmente perigoso, possa vir a causar no meio ambiente e nos seres vivos que dependem direta ou indiretamente desse meio para garantir sua sobrevivência (ROSA et al., 2003).

2.2.1 – Ciclo do Nitrogênio

O nitrogênio é indispensável à vida, uma vez que entra na constituição das proteínas e ácidos nucleicos (LESSA et al., 2007). É o mais abundante elemento químico na atmosfera terrestre, contribuindo com aproximadamente 78% de sua composição (MARTINS et al., 2003).

Segundo os autores, a atmosfera é o principal reservatório de nitrogênio, sob forma de N_2 , embora as plantas e os animais não possam utilizá-lo diretamente. Contudo, mesmo com essa superabundância, a falta de nitrogênio é um dos mais importantes limitantes da produtividade na grande maioria dos ecossistemas terrestres e marinhos (ADUAN et al., 2004). Os animais necessitam do nitrogênio incorporado em compostos orgânicos (aminoácidos e proteínas), enquanto que as plantas e algas necessitam do nitrogênio sob a forma do íon nitrato (NO_3^-) ou íons amônio (NH_4^+) (MARTINS et al., 2003).

A fixação do nitrogênio é realizada pelas bactérias, algas azuis e fungos que vivem livres no solo ou associados às raízes de plantas é denominada de fixação biológica ou biofixação (ROSA et al., 2003). Segundo os autores o ciclo do nitrogênio, assim como o ciclo do carbono, é um ciclo gasoso. Apesar dessa similaridade, existem algumas diferenças notáveis entre os dois ciclos: a atmosfera é rica em nitrogênio (78%) e pobre em carbono (0,032%); apesar da abundância de nitrogênio na atmosfera, somente um grupo seletivo de organismos consegue utilizar o nitrogênio gasoso; e o envolvimento biológico no ciclo do nitrogênio é muito mais extenso do que no ciclo do carbono (ROSA et al., 2003).

Dentre os compostos nitrogenados que são produzidos tem-se, a amônia e/ou amônio ionizado, nitrito, nitrato e o próprio nitrogênio na sua forma mais simples, o ciclo do nitrogênio baseia-se de acordo com o ilustrado na Figura 3.

2.2.1.2 – Nitrificação

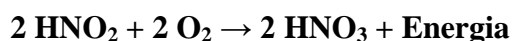
Segundo etapa do ciclo, ocorre a oxidação dos íons de amônio. A oxidação dos íons de amônio produz nitritos como resíduos nitrogenados, que por sua vez são liberados para o ambiente ou oxidados a nitratos (ROSA et al., 2003). A nitrificação é um processo predominantemente aeróbio e, como tal, ocorre somente nas regiões onde há oxigênio disponível (geralmente a coluna d'água e a superfície do sedimento) (PEREIRA e MERCANTE, 2005). Segundo os autores, as bactérias nitrificantes são gram-negativas e pertencem à família das Nitrobacteriaceae. Os nitritos liberados pelas bactérias nitrosas (*Nitrosomonas* e *Nitrosococcus*) são absorvidos e utilizados como fonte de energia por bactérias quimiossintetizantes do gênero *Nitrobacter* (LESSA et al., 2007). De acordo com os autores, da oxidação dos nitritos formam-se os nitratos que, liberados para o solo, podem ser absorvidos e metabolizados pelas plantas.

Dividido em duas fases a etapa da nitrificação, tem-se (ROSA et al., 2003).

2.2.1.2.1 – Nitrosação: A amônia é transformada em nitrito (NO_2^-)



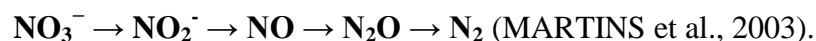
2.2.1.2.2 – Nitração: Ocorre a transformação do íon nitrito em íon nitrato (NO_3^-)



2.2.1.3 – Desnitrificação

O processo de desnitrificação ocorre paralelamente ao de Assimilação, porém por outra via (PIRES, 2014). De acordo o autor, no processo de assimilação, os nitratos (NO_3^-) formados pela segunda fase do processo de nitrificação são absorvidos pelas plantas e transformados em compostos carbonados para produzir aminoácidos e outros compostos orgânicos nitrogenados. A desnitrificação ocorre principalmente em condições anaeróbicas (PEREIRA e MERCANTE, 2005). Segundo os autores, nos ecossistemas aquáticos, o principal local de sua ocorrência é o sedimento, pois, além das baixas condições de oxigenação, há disponibilidade de grande quantidade de substrato orgânico. Aparentemente indesejável, a desnitrificação é necessária porque, se não ocorresse, a concentração de nitratos no solo aumentaria de maneira desastrosa (ROSA et al., 2003). Ao final do processo ocorre grande quantidade de nitrogênio amoniacal,

devido a amonificação do nitrato. Com a oxigenação do meio aquático, inicia-se um intenso processo de nitrificação, que resulta no consumo de grande parte da amônia acumulada (PEREIRA e MERCANTE, 2005). As bactérias desnitrificantes devolvem o nitrogênio simples (N_2) dos compostos nitrogenados para a atmosfera através de uma série de reações descritas a seguir: nitrato, nitrito, óxido nítrico, óxido nitroso e nitrogênio.



2.2.2 – Ciclo do Fósforo

O fósforo é um elemento químico que participa estruturalmente de moléculas fundamentais do metabolismo celular, como fosfolipídios, coenzimas e ácidos nucleicos (ROSA et al., 2003). De acordo com os autores, além disso, é um nutriente limitante do crescimento de plantas, especialmente as de ambientes aquáticos. Os grandes reservatórios de fósforo são as rochas e outros depósitos formados durante as eras geológicas (PIRES, 2014).

Segundo o autor, esses reservatórios, devido ao intemperismo, pouco a pouco fornecem o fósforo para os ecossistemas, onde é absorvido pelos vegetais e posteriormente transferido aos animais superiores e, por consequência, ao Homem, na cadeia alimentar. Isso acontece porque naturalmente os compostos contendo fósforo são de menor solubilidade e muito baixa volatilidade (FERREIRA, 2002/2003). Ainda de acordo, comparativamente com outros elementos, é baixa a concentração de fósforo em sistemas aquáticos, mais especificamente em ecossistemas lênticos e virtualmente nenhum é encontrado na atmosfera.

Comparado aos ciclos de outros elementos o ciclo do fósforo apresenta menor complexidade porque esse elemento é principalmente encontrado em uma única forma inorgânica, o fosfato (MIRANDA, 2013).

Atualmente, a maioria dos pesquisadores tem se utilizado de uma classificação mais sumária, que agrupa as várias formas em apenas cinco: fosfato particulado (P - particulado), fosfato orgânico dissolvido (P - Orgânico dissolvido), fosfato inorgânico dissolvido ou ortofosfato ou fosfato reativo (P-orto), fosfato total dissolvido (P – total dissolvido) e fosfato total (P - total) (ESTEVES, 1998). Segundo o autor, do ponto de vista limnológico, todas as formas (também chamadas de frações) e de fosfato são

importantes, no entanto, o P-orto assume maior relevância por ser a principal forma de fosfato assimilada pelos vegetais aquáticos.

O fosfato inorgânico e dissolvido (PID), especialmente o ortofosfato é a forma preferencial para a assimilação pelas macrófitas aquáticas, microalgas e bactérias, que usam o elemento na biosíntese de matéria orgânica, incorporando-o na fração orgânica particulada (POP) (MIRANDA, 2013). De um modo geral no ciclo do fósforo, o elemento químico fósforo, é lixiviado pela chuva da crosta para o ambiente aquático, de onde é assimilado pelos produtores primários e posteriormente absorvido pelos organismos aquáticos (Figura 4).

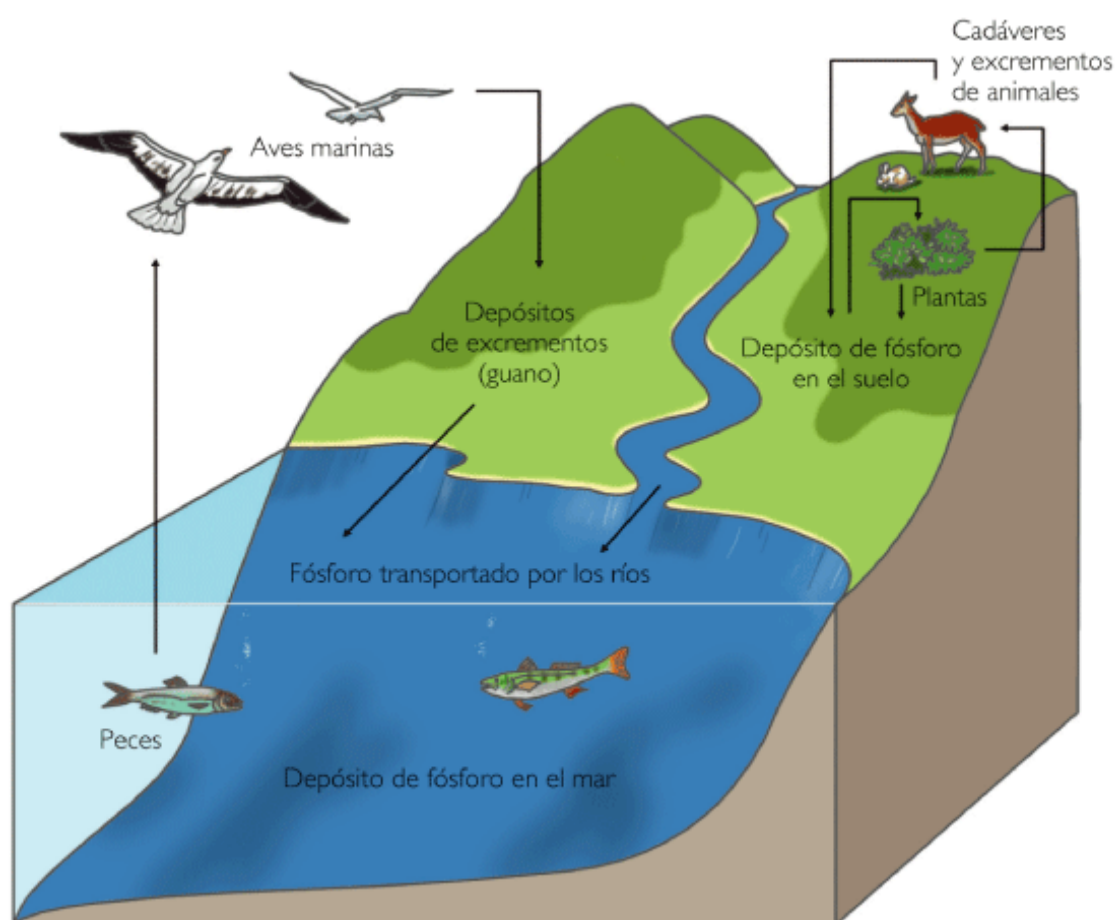


Figura 4: Ciclo do Fósforo: Características gerais (Fonte: <http://meioambiente.culturamix.com/natureza/ciclo-de-fosforo-caracteristicas-gerais>)

A absorção de fosfato inorgânico da água por microalgas é influenciada por vários fatores, tais como a presença da luz (estimula a absorção), as concentrações de fosfato intra e extra celular, e a eficiência dos sistemas de transporte de fosfato pelas células (MIRANDA, 2013). O fósforo fluvial é derivado do intemperismo de rochas e erosão de solos e ocorre, na maioria das vezes, associada com a matéria orgânica

(CAZATI, 2010). Uma situação interessante no que diz respeito ao ciclo do fósforo é o importante papel desempenhado pelas aves marinhas na restituição do fósforo marinho para o ambiente terrestre, pois ao se alimentarem de peixes marinhos e excretarem em terra firme, trazem o fósforo de volta ao ambiente terrestre (PIRES, 2014). De acordo (Figura 8), pode-se verificar o nível de produtividade dos ambientes aquáticos, a partir das concentrações de fósforo total na águas naturais.

Tabela 1: Limites para classes de estado trófico baseados em Salas e Martino (2001).

Categorias tróficas	PT ($\mu\text{g/L}$)	Média anual de Clorofila a^* ($\mu\text{g/L}$)
Oligotrófico	≤ 28	$\leq 4,8$
Mesotrófico	28 – 72	4,8 - 12
Eutrófico	≥ 72	≥ 12

PT= Média anual da concentração de fósforo total

* Clorofila a da água superficial – média geométrica

(Fonte: <http://www.cmbconsultoria.com.br/servicos/monitoramento/ecovillas/marco-2008/>).

A liberação do íon fosfato para a coluna d'água ocorre mais facilmente em condições de baixas concentrações de oxigênio e sobretudo em anaerobiose, condição esta, observada freqüentemente em valores de potencial de oxiredução muito negativos (ESTEVES, 1998). O fosfato liberado da rocha é carregado pelas águas de escoamento superficial e pode alcançar os diferentes ecossistemas aquáticos sob duas formas: solúvel e adsorvido às argilas (MIRANDA, 2013).

Estudos demonstram que, esta última é a via mais importante de aporte de fosfato aos ecossistemas aquáticos tropicais, devido à frequência de solos argilosos nesta região. A absorção de fosfato por algas e vegetais, de um modo geral, está ligada a uma reação de fosforilação (produção de ATP no cloroplasto por meio de reações que são ativadas pela luz) (ESTEVES, 1998).

Após ser absorvido pelas raízes, o fósforo é alocado para toda a planta, havendo uma heterogeneidade na distribuição tanto espacial quanto temporal (BENTO et al., 2007). A constatação destes fatos, juntamente com numerosos estudos fisiológicos que demonstraram absorção ativa de nutrientes por folhas submersas, levou à generalização de que os nutrientes eram absorvidos principalmente através das folhas, servindo as raízes destas angiospérmicas apenas para as fixar ao sedimento (FERREIRA, 2003). Segundo o autor, absorção de nutrientes, quer por adsorção à folhagem quer através do sistema raízes-rizomas, varia com a espécie nas plantas aquáticas.

Desde há muito, sabe-se que certas algas são capazes de assimilar fosfato além de suas necessidades momentâneas (“luxory consumption”) (ESTEVES, 1998). Ainda

de acordo com o autor, esta absorção em excesso tem grande significado ecológico, pois possibilita o crescimento da população de algas, mesmo quando a fonte externa de fosfato está esgotada.

A liberação de fósforo pelas folhas e raízes das macrófitas emergentes, flutuantes e submersas, após a morte, demonstra a importância da macrovegetação como fonte de fósforo em muitos sistemas aquáticos (FERREIRA, 2003). Nas macrófitas aquáticas emersas, o mecanismo de reabsorção é muito eficiente, fazendo com que grande parte do fósforo que restaria na biomassa senescente destas plantas seja reincorporada em biomassa viva, podendo este ser realocado, reutilizado e/ou armazenado (BENTO, et al., 2007). O papel principal das macrófitas aquáticas no ciclo do fosfato reside no fato de que suas raízes (no caso das macrófitas submersas, emersas e com folhas flutuantes) se localizarem na zona reduzida do sedimento (ESTEVES, 1998). O autor concluiu que, este fato possibilita a absorção do P-orto contido na camada reduzida, o qual está impedido de difundir-se para a coluna d'água, devido à camada de oxidação do sedimento. A capacidade das macrófitas aquáticas enraizadas em absorver P-orto na zona reduzida de sedimento, onde sua concentração é em geral superior à da água, faz com que este elemento raramente atue como fator limitante à produção primária dessas plantas, ao contrário do que ocorre com o fitoplâncton (MIRANDA, 2013).

2.3 – Ecossistemas

Um ecossistema é um conjunto formado por uma biocenose ou comunidade biótica e fatores abióticos que interatuam, originando uma troca de matéria entre as partes vivas e não vivas (CASSINI, 2005). Em outras palavras, conjunto de fatores bióticos – seres vivos (produtores, consumidores e decompositores) – e fatores abióticos – compostos não vivos do meio ambiente – mais a energia que se interagem entre si, a fim de chegar a um equilíbrio, a um ponto estável, harmônico e auto-suficiente. Os ecossistemas são divididos em: terrestres e aquáticos.

2.3.1 – Ecossistema Terrestre

Com uma grande diversidade de espécies, esse ecossistema é formado pelos componentes fotossintetizantes, como gramíneas, arbustos, líquens, produzem seu próprio alimento através da fotossíntese, por isso são chamados de autotrófos; em seguida aparecem os consumidores – os heterótrofos – essa classe é dividida em primária e secundária, podendo haver também a terciária; formado pelos insetos, animais ruminantes, roedores e aves, os consumidores primários encontram-se logo acima dos produtores na cadeia alimentar, não conseguem sintetizar seu próprio alimento, necessitando assim de uma fonte externa; logo após veem os consumidores secundários, representado pelo animais carnívoros conforme (figura 5) e o homem.

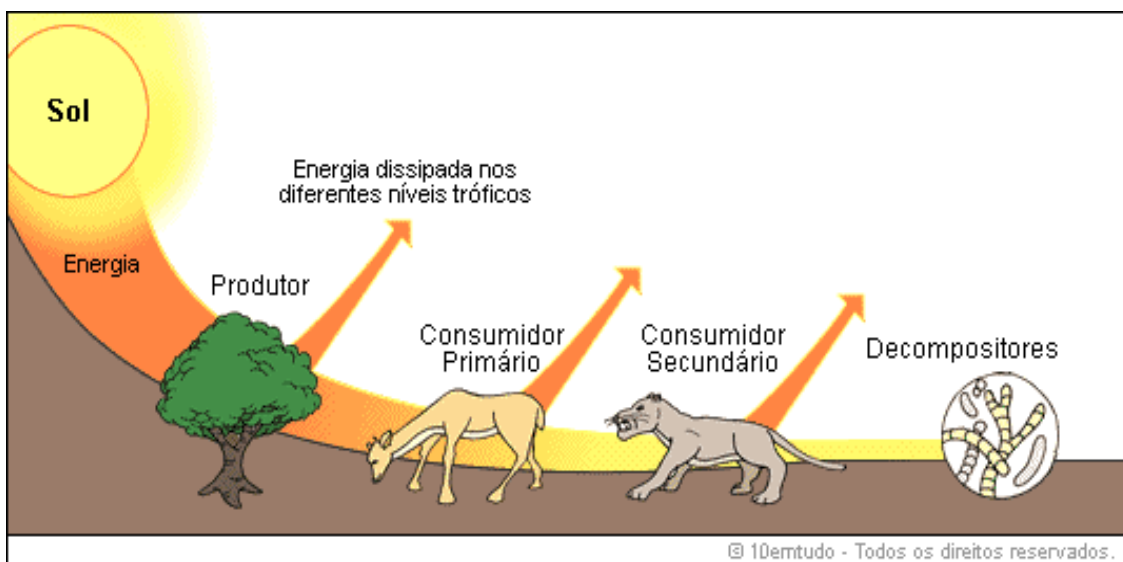


Figura 5. Esquema da cadeia alimentar terrestre. (Fonte: <http://lifemeows.blogspot.com.br/2014/04/produtores-consumidores-e-decompositores.html>).

Nesse tipo de ecossistema, a água as vezes, apresenta-se como fator limitante, devido a disponibilidade de algumas regiões e irregularidades dos ciclos das chuva e ocorre variações de temperatura mais acentuadas. De acordo com a figura 6, podemos entender melhor a conjuntura do funcionamento do ecossistema terrestre.

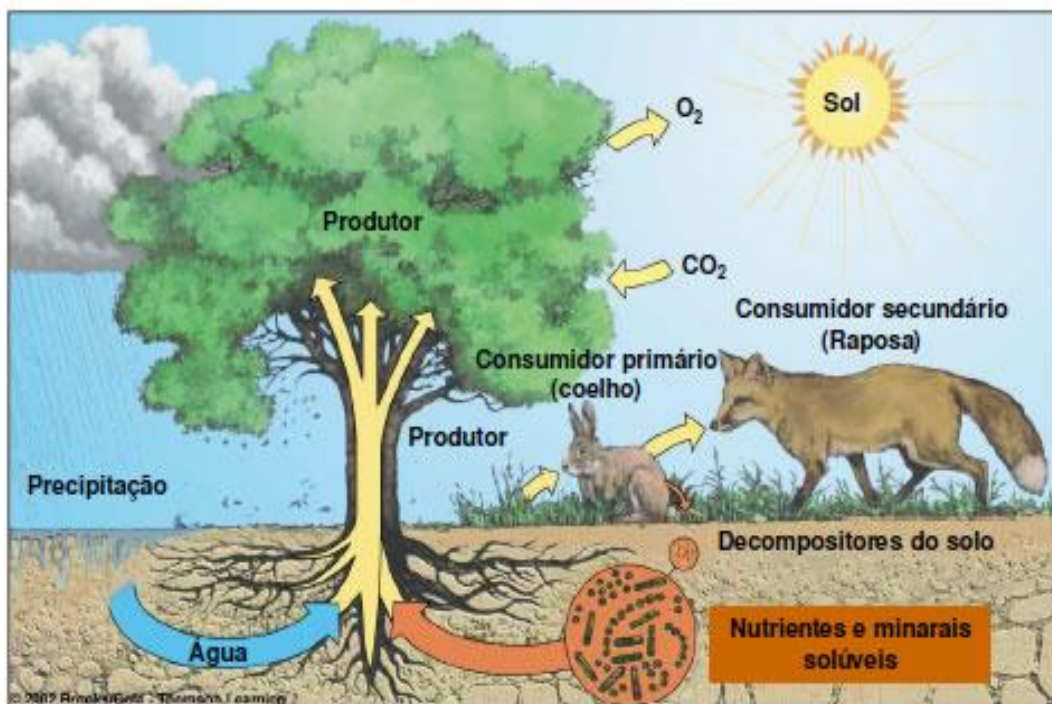
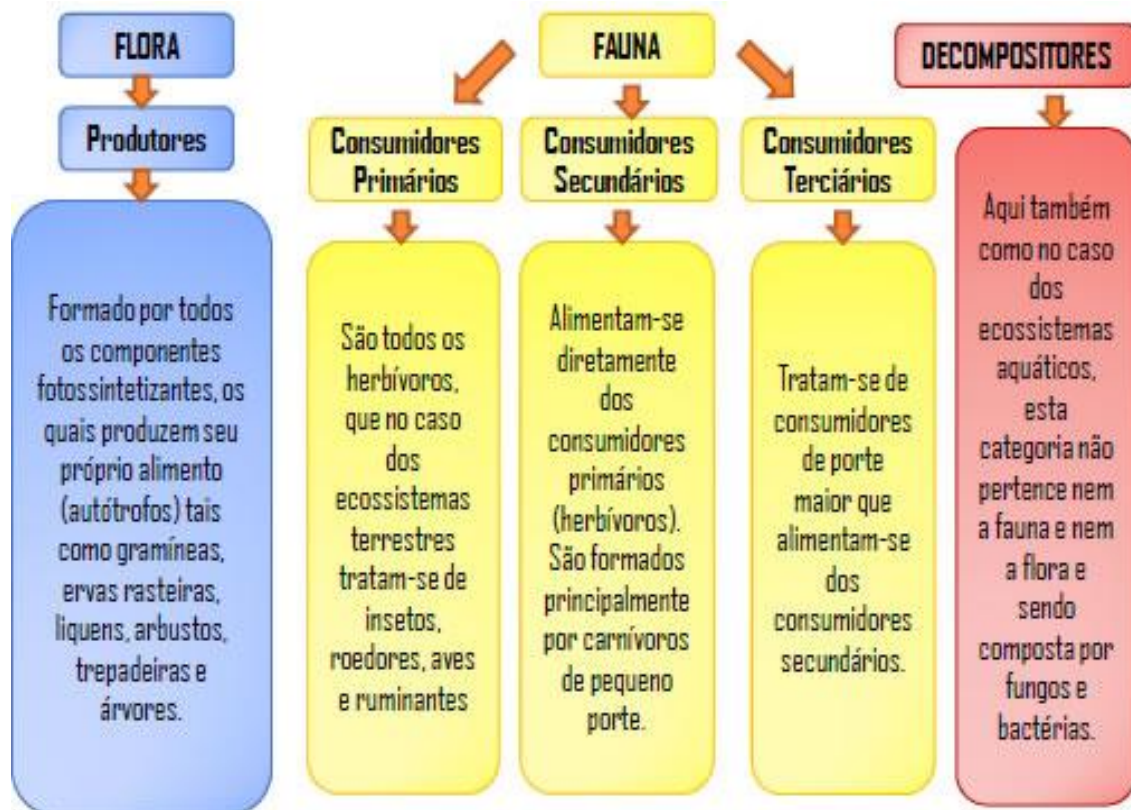


Figura 6: Ecossistemas terrestres. (Fonte: <http://www.algosobre.com.br/geografia/os-climas-e-os-ecossistemas-terrestres.html>).

2.3.2 – Ecossistema Aquático

Divididos em ecossistemas de águas continentais, águas marinhas e subterrâneas, os ecossistemas aquáticos (Figura 7) abrigam uma grande variedade de organismos. As águas subterrâneas apesar de constituírem um grande reservatório de água doce, de modo geral não são consideradas ecossistema, uma vez que contêm pouca ou nenhuma vida (às vezes bactérias) (PEDROZO e KAPUSTA, 2010).

Dentro do ambiente continental destacam-se, os rios, lagos, lagoas e represas; na parte marinha, tem-se os estuários – área de transição entre o rio e o mar – onde a vida aquática é bem diversa. Dentre os dois tipos de ecossistemas a produção primária é feita através das algas microscópicas, chamada de fitoplâncton, as quais são as maiores responsáveis pela oxigenação do ambiente; em seguida apresentam-se como membros da classe – consumidores primários – os zooplânctons, pequenos animais flutuantes que se alimentam de vegetais – logo após a sequência da cadeia trófica encontram-se, os consumidores secundários, organismos que se alimentam do nível anterior formada pelos peixes, crustáceos e moluscos nas fases larval, juvenil e adulto. Por fim, aparecem os consumidores terciários, representado pelas aves aquáticas, peixes maiores e répteis que se alimentam dos consumidores secundários.

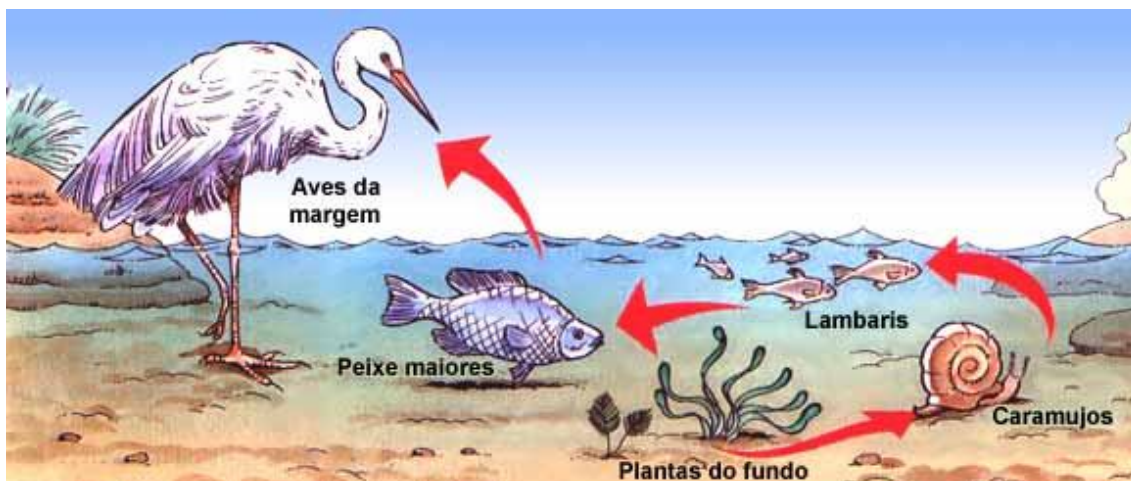


Figura 7: Ecossistema Aquático. (Fonte: <http://www.infoescola.com/biologia/cadeia-alimentar/>).

2.4 – Capacidade de suporte

Capacidade de suporte (CS) é a máxima biomassa de peixes capaz de ser sustentada em uma unidade de produção (viveiro, tanque-rede, raceway, etc) (KUBITZA, 2000). David e Carvalho (2013) consideram, como capacidade de suporte ambiental o nível máximo de produção de peixes que um ambiente aquático pode

sustentar, sem comprometimento permanente de suas características funcionais, respeitadas as normas estabelecidas para conservação e uso de suas águas, bem como os limites de tolerância da(s) espécie(s) cultivada(s).

Num regime extensivo de cultivo de peixes, a capacidade de suporte de um ecossistema aquático para a produção pesqueira é definida como a quantidade máxima de peixes que o ecossistema é capaz de suportar em função da disponibilidade de energia e matéria no ecossistema (ATTAYDE e PANOSSO, 2011). Ainda de acordo com os autores, no contexto da piscicultura intensiva, a capacidade de suporte pode ser definida como sendo a quantidade máxima de peixes que poderá ser produzida em um ecossistema sem deflagrar um processo de degradação ambiental pela carga de resíduos gerados, capaz de conduzir o ecossistema a uma mudança indesejável de regime dinâmico, com consequente perda da qualidade da água e demais bens e serviços do ecossistema.

Para a aplicabilidade do conceito de capacidade suporte aos diferentes níveis hierárquicos da Ecologia, desde população, comunidade, ecossistema e biosfera era necessária uma definição para cada nível (AZEVEDO, 2012). Segundo o autor, foi elaborado então, um conceito mais abrangente de capacidade de suporte como sendo “o limite de crescimento ou desenvolvimento de cada e de todos os níveis hierárquicos de integração biológica, começando com a população, é moldada por processos e relações de interdependência entre recursos finitos e os consumidores desses recursos” (MONTE-LUNA et al., 2004).

Ampliações do conceito de capacidade suporte surgiram a partir da consideração da estrutura e funcionamento dos ecossistemas e consequentemente da incorporação de algumas das suas principais propriedades como a estabilidade (tendência dos ecossistemas de retornar a um estado de equilíbrio após um distúrbio) e resiliência (tempo requerido para a estabilidade ser atingida) (STARLING et al., 2005).

A capacidade de suporte pode ser expressa em relação à área (kg/ha, kg/1.000m² ou kg/m²) ou ao volume (kg/m³) da unidade de produção (KUBITZA e KUBITZA, 2000). Segundo os autores, a capacidade de suporte dos sistemas de produção em tanques e viveiros com baixa renovação de água é determinada, em sua ordem, pelos seguintes fatores: quantidade de alimento disponível; qualidade do alimento; níveis críticos de oxigênio dissolvido; concentração de amônia e gás carbônico na água.

Paralelo à definição de capacidade de suporte tem-se a densidade de estocagem. Lazzari (2008) diz que, um fator que afeta muito a produtividade é a quantidade de animais utilizados por unidade de área ou volume, representada pela densidade de estocagem (DE). O autor concluiu que, a melhor DE para cada espécie varia de acordo com o sistema de criação, alimentação, potencial de crescimento da espécie e tamanho ótimo no momento da despesca.

Sabe-se, entretanto, que a densidade de estocagem é extremamente importante, sendo que a quantidade de peixes colocados em um viveiro dependerá de vários fatores como: o tipo de viveiro (alevinagem ou engorda); o tamanho do viveiro; tipo de sistema de produção (monocultivo ou policultivo); tempo que se pretende concluir o cultivo; a qualidade e a quantidade de água disponível e o tamanho exigido pelo mercado (LAGE et al., 1999). Brandão et al. (2004) concluiu que, no desenvolvimento de um pacote de produção para uma espécie de peixe, o primeiro passo é a determinação da densidade de estocagem ideal, a qual visa determinar os níveis ótimos de produtividade por área.

O efeito da densidade de estocagem em tanques-rede sobre o desempenho dos peixes foi testado em diversas espécies de peixes como a tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) (BOZANO et al., 1999), tilápia vermelha da Flórida (*Oreochromis hornorum* x *Oreochromis mossambicus*) (CARNEIRO, et al., 1999), tambaqui (*Colossoma macropomum*) (OLIVEIRA et al., 2007) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (BITTENCOURT et al., 2010) e, devido à respiração branquial destas, o oxigênio dissolvido na água é um fator limitante, quando em baixas concentrações, para manutenção de bons parâmetros de desempenho (CAVERA et al., 2003).

No caso do pirarucu (*Arapaima gigas*), peixe de respiração aérea que a cada 20 minutos o exemplar adulto vem à superfície para respirar: enquanto os jovens vêm mais frequentemente (NUNES, 2011), a baixa disponibilidade do oxigênio não seria um fator limitante e densidades de estocagem adequadas, garantiriam a renovação e a qualidade satisfatória da água dentro de um tanque-rede (CAVERA et al., 2003).

Com o aumento da densidade de estocagem, a biomassa total também aumenta, porém o peso individual tende a diminuir, diminuindo também seu valor comercial (BOZANO et al., 1999).

2.5 – Sistemas de criação

Quando se fala de sistemas de produção em piscicultura, é importante salientar que cada sistema será mais adequado para diferentes situações devendo-se ter em mente os objetivos do empreendimento, o mercado a ser atingido, a espécie de cultivo, a disponibilidade de água e energia elétrica, a área disponível, o custo dessa área, as características climáticas da região, os aspectos legais e socioculturais (CREPALDI et al., 2007). De acordo com a intensidade do uso de insumos, da mecanização, das técnicas empregadas e do manejo aplicado na criação, pode-se classificar os sistemas em quatro tipos: extensivo, semi-intensivo, intensivo e super-intensivo (BUENO, 2012).

2.5.1 – Sistema extensivo

O sistema extensivo refere-se ao ato de colocar os peixes em lagos ou represas onde permanecem até a sua captura (LOPES, 2012). Segundo o autor, as principais características desse sistema são: o não fornecimento de ração aos peixes; a utilização, na maioria das vezes, da técnica de policultivo permitindo que várias espécies sejam cultivadas ao mesmo tempo e a falta de manejo adequado. Wambach (2012) concluiu que, o número de peixes por unidade de área é baixo, a alimentação é restrita ao alimento naturalmente existente e não há controle sobre a reprodução. Ainda de acordo com o autor, nesta modalidade de piscicultura não se alimentam os peixes regularmente e não se fertiliza a água com fertilizantes orgânicos ou inorgânicos.

Muitas vezes, já existem no local espécies que irão predação ou competir por alimento com a espécie introduzida (BUENO, 2012). O mesmo autor concluiu que, os parâmetros importantes de qualidade de água, tais como OD, amônia, pH, e transparência, também não são controlados. Esse sistema, de produção, normalmente, é usado para lazer e subsistência dos donos da propriedade e raramente é explorado no aspecto econômico (CANTELMO, 2002).

O pouco investimento é a principal vantagem da piscicultura extensiva (LOPES, 2012). Segundo o mesmo, apresenta como desvantagens uma baixa produtividade, lenta taxa de crescimento e a taxa de estocagem é geralmente de um peixe/10 m² (Figura 8).



Figura 8: Piscicultura Extensiva (Fonte: <http://www.qualquerinstante.com.br/noticia.php?c=7660>)

2.5.2 – Sistema Semi-Intensivo

O sistema semi-intensivo também é praticado em lagos e represas, porém apresenta características diferentes do sistema extensivo, tais como: fornecimento de alimento aos peixes, geralmente parte é constituída de ração, apresenta maior produtividade se comparada ao sistema extensivo e também utiliza o policultivo (LOPES, 2012).

Este sistema se caracteriza pela maximização da produção de alimento natural (fito e zooplâncton, bentos e macrófitas), a partir do aporte de minerais que pode ser feito com adubos orgânicos (esterco de bovinos, suínos, equinos, etc.) ou químicos (fontes de nitrogênio e fósforo), para servir como principal fonte de alimento dos peixes (WAMBACH, 2012).

Reafirmando a necessidade de adubação nos viveiros, Cantelmo (2002) concluiu que, para que ocorra a maximização da produtividade primária e secundária, é necessário que, seja feito um aporte de minerais e esse processo pode ser feito com o uso de adubos orgânicos (excreta de animais, compostagem) ou químicos (fontes de N e P). Segundo o autor, a construção dos viveiros deve ser planejadas, e utilizam-se de máquinas para escavar o viveiro, o qual deve apresentar uma declividade para que toda

a água possa ser escoada e facilitar a despesca. No sistema semi-intensivo as produtividades normalmente variam entre 2.000 e 6.000 kg/ha/ano (BUENO, 2012).

Como não existe renovação de água e um aporte de nutrientes é fornecido periodicamente no viveiro (além das excretas dos animais), a quantidade de matéria orgânica, na forma de alimento artificial (farelo, ração etc.) não deve ultrapassar a 50kg/ha/dia (CANTELMO, 2002). Ainda de acordo com o autor, caso esta quantidade seja ultrapassada o ambiente não terá condições para reciclar todo esse material, e o consumo de oxigênio por parte dos microorganismos para degradar toda essa matéria orgânica irá aumentar, e os primeiros animais a serem sacrificados serão os peixes. (Figura 9).



Figura 9: Piscicultura Semi-Intensiva (Fonte: <http://18piscicultura.blogspot.com.br/2011/12/estrutura-18-piscicultura.html>)

2.5.3 – Sistema Intensivo

Semelhante ao sistema semi-intensivo, os viveiros são planejados, escavados com máquinas e possuem declividade para facilitar a drenagem da água e despesca dos animais (WAMBACH, 2012). Segundo a autora, a diferença está na taxa de renovação da água, para suportar a biomassa de pescado estocada e carrear as excretas para fora. A principal característica deste sistema de criação é o uso de rações balanceadas na alimentação dos peixes, em virtude das altas densidades de estocagem (8.000 a 15.000

alevinos/ha), o que torna os alimentos naturais insuficientes para os peixes (BUENO, 2012).

O alimento fornecido nesse caso tem que suportar todo o desenvolvimento do peixe, numa forma balanceada, sendo este a única fonte alimentar disponível (CANTELMO, 2002). O autor afirma que, como a densidade é alta, o alimento natural é insuficiente para manter o seu desenvolvimento do peixe.

Normalmente, a opção é pelo monocultivo, com densidades mais elevadas (dependendo da espécie, acima de 20 mil alevinos por hectare), utilizando-se ração de qualidade superior e maior frequência de alimentação (FARIA, et al., 2013). Segundo os autores, neste sistema de criação os viveiros apresentam maior taxa de renovação de água, podendo utilizar aeração suplementar (Figura 10).



Figura 10: Piscicultura Intensiva com aeradores. (Fonte: http://criapeixe.blogspot.com.br/2013_02_01_archive.html)

2.5.4 – Sistemas Super-Intensivo

É o sistema aplicado nos cultivos em tanques-rede (gaiolas) e raceways (longos tanques de alvenaria ou concreto, nos quais utiliza-se grande vazão de água) (BUENO, 2012). Nesse sistema a densidade de estocagem não é considerada como unidade por m² e sim biomassa por m³ (CANTELMO, 2002). Ainda de acordo com o autor, por esse motivo o sistema é aplicado à criação de peixe que apresenta um peso médio de mercado abaixo de 500 gramas, como truta (que apresenta um tamanho de mercado em torno de 250 - 300g), catfish (300 - 400g), tilápia (350 - 400g), ou pode ser aplicado para a criação de alevinos ou na recria, antes de os peixes serem estocados em outros

sistemas, num processo de integração dentro da piscicultura, utilizando-se de vários sistemas dentro do planejamento da piscicultura.

O sistema de criação de peixes em tanques-rede e gaiolas tem sido empregado na criação de diversas espécies marinhas e de água-doce (COELHO, 2005). Segundo o autor, o sistema de criação de gaiolas e tanques-rede tem como principais vantagens o menor investimento inicial quando comparado ao sistema de criação em viveiros escavados: a facilidade de observação e manejo dos animais; possibilidade de intensificação da produção; diminuição do manuseio de peixes; facilidade na retirada dos animais (despesca); e a menor variação das características físicas e químicas da água durante o ciclo de produção. Faria et al., (2013) concluiu que, é necessário alta taxa de renovação de água para permitir a eliminação das fezes e metabólitos excretados pelos peixes.

Tanques-rede são estruturas flutuantes utilizados na criação de peixes, em rede ou tela revestida, com malhas de diferentes tamanhos e que podem ser confeccionados de diversos materiais, permitindo a passagem do fluxo de água e dos dejetos dos peixes (CODEVASF, 2010) (Figura 11).



Figura 11: Sistema de criação em tanques-rede. (Fonte: <http://www.portaldopeixe.com/2012/10/11/empresa-fabricante-de-tanque-rede-com-15-anos-de-experiencia-no-brasil/>)

“Raceways” (Figura 12) são tanques com alto fluxo de água, entre 1 a 20 trocas totais por hora (KUBITZA, 2000a). O sistema de produção “raceway”, com altas trocas de água e densidades dos peixes, tende a proporcionar maior produtividade por m³, com custos de produção menores, em regiões ricas em água com temperatura elevada, por não exigir gastos com tratamento, aeração e retorno da água, como nos sistemas de recirculação praticados nos Estados Unidos e Israel (KUBITZA, 2000b). O sistema não gasta recursos com insumos e mão-de-obra para operações de fertilização e calagem, e utiliza menores quantidades de produtos para desinfecção, prevenção e tratamento de enfermidades (SILVA et al., 2003). Segundo os autores, além disso, pequenos tanques cobertos com telas de proteção podem aumentar consideravelmente a taxa de sobrevivência dos peixes.



Figura 12: Sistema de criação em “raceway” (Fonte: <http://www.projetopacu.com.br/empresa/>).

2.6 – Tanques-rede

O cultivo de peixes em tanque-rede e gaiolas é uma alternativa de investimento de relativo baixo custo e maior rapidez de implantação em relação ao sistema convencional (viveiros escavados), e este sistema de produção possibilita um adequado aproveitamento dos recursos hídricos e a rápida expansão da piscicultura industrial no país (SEBRAE, 2008).

No Brasil, a criação de peixes em tanques-rede se expandiu de forma expressiva (ONO, 2005). Segundo o autor, este crescimento pode ser atribuído a fatores como: introdução e difusão do conhecimento sobre as técnicas de criação a partir de outros países; o início da oferta de rações nutricionalmente completas; o desenvolvimento de

materiais adequados para a confecção dos tanques-rede; a abertura de alguns reservatórios de hidrelétricas para a instalação de projetos de criação; a dificuldade de expandir a piscicultura em viveiros próximo dos grandes centros devido ao aumento do custo da terra; e à expansão da demanda de mercado.

Visto também que, a alta taxa de renovação de água dentro do tanque-rede é o principal fator que viabiliza a alta densidade populacional e a produção de uma grande biomassa de peixes por unidade de volume (50 a 250 kg/m³), já que supre a elevada demanda por oxigênio e remove os dejetos produzidos (SEBRAE, 2007).

O sistema intensivo de criação de peixes em tanques-rede está se tornando cada vez mais popular, entretanto é preciso saber as vantagens e desvantagens desse sistema (CODEVASF, 2010):

Vantagens:

- Menor custo fixo (investimento) por kg de peixe produzido;
- Rápida implantação e expansão do empreendimento;
- Possibilidade de uso racional dos recursos hídricos;
- Possibilidade de colheitas durante o ano todo (escalonamento da produção);
- Intensificação da produção de pescado (densidades altas, menor ciclo, devido a temperaturas mais constantes da água, etc.);
- Manejo simplificado (biometria, manutenção, controle de predadores, despesca, etc.);
- Facilidade de observação diária dos peixes permitindo a descoberta precoce de doenças.

Desvantagens:

- Dificuldade na legalização do empreendimento;
- Dependência absoluta de alimentação artificial;
- Dificuldade no tratamento/controlado de doenças;
- Grande suscetibilidade a roubos ou furtos, atos de vandalismo e curiosidade popular.

Araújo et al., (2010) concluiu que, o emprego de baixas densidades de estocagem no cultivo da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede circulares, garantem melhores efeitos no ganho de peso e conversão alimentar desses animais. Marengoni (2006), cultivou a espécie *Oreochromis niloticus* em tanques-rede

quadrangulares (2,0 m x 2,0 m) e observou que, a alta densidade de cultivo proporcionou maior produtividade e biomassa final.

Dentre as espécies que podem ser cultivadas em tanques-rede, Kubitza (2007) destaca a tilápia, o pintado (surubim), o catfish americano, a carpa comum, os peixes redondos, o pirarucu, a jatuarana e a matrinxã. O autor ainda ressalta que, as condições de mercado (preferências, demanda e preço), a disponibilidade de alevinos, o custo de produção, entre outras particularidades, devem ser avaliadas pelo produtor antes de optar por uma espécie.

Os tanques-rede de PVAD (Pequeno Volume e Alta Densidade) permitem alcançar uma maior capacidade de suporte, comparados aos tanques de GVBD (Grande Volume e Baixa Densidade) (NOVAES, 2010). Para o autor, a principal razão disso é a maior taxa de renovação de água e, conseqüentemente, maior aporte de oxigênio em tanques de pequeno volume. Quanto maior o tanque-rede, menor é a taxa de renovação de água e menor a produtividade por volume (kg/m^3) (ONO, 2005). Segundo o autor, tanques-rede de pequeno volume (até 6 m^3) trabalhados sob alta densidade (até 250 kg/m^3) têm alta taxa de renovação de água promovida pela movimentação dos peixes no interior do tanque-rede.

Tanques-rede com profundidades entre 1,0 m e 2,0 m são mais recomendáveis principalmente porque ocupam uma região e coluna d'água, onde a temperatura é mais estável (CYRINO e CONTE, 2001). Segundo os autores, uma distância mínima de 0,75 m deve ser deixada entre o fundo do tanque-rede e o fundo do reservatório, onde podem se acumular os restos de rações e fezes, e onde o nível de OD pode ser deficiente. O papel fundamental dos tanques-rede é confinar os peixes possibilitando a troca de água com o ambiente à sua volta (SEBRAE, 2008).

A eficiência desta troca é influenciada principalmente pelo volume do tanque-rede, seu formato, o material utilizado em sua construção e o local onde o tanque-rede ou gaiola será instalada. Decidir onde posicionar os tanques-rede em um açude não é uma tarefa muito simples (KUBITZA, 2007). O autor concluiu que, os produtores quase sempre colocam os tanques-rede em locais mais fundos, em geral mais próximos à barragem, diante disso, citou alguns motivos que induzem a isso: o principal, e há lógica disso, é acreditar que quanto mais distantes os tanques-rede ficarem dos resíduos orgânicos do fundo, menor o risco de problemas com a qualidade da água no interior dos tanques-rede e menor o risco de doenças e infestações por parasitos; o segundo

motivo, pelo fato de poder contar com um acesso mais fácil às estruturas, visto que o topo da barragem geralmente oferece boas condições de tráfego de veículos, facilitando a chegada dos insumos e a saída dos peixes e o terceiro motivo é o fato de que, posicionando os tanques-rede no local mais fundo, dificilmente haverá necessidade de deslocá-los quando ocorrer um abaixamento no nível do reservatório, o que pode ocorrer em açudes usados para irrigação durante os meses de estiagem.

Tanques-rede cúbicos e retangulares (Figura 13) normalmente têm a passagem de água mais fácil que tanques-rede cilíndricos, pois no caso dos cilíndricos há uma tendência da água em circundar o tanque-rede como mostra (ONO, 2005).

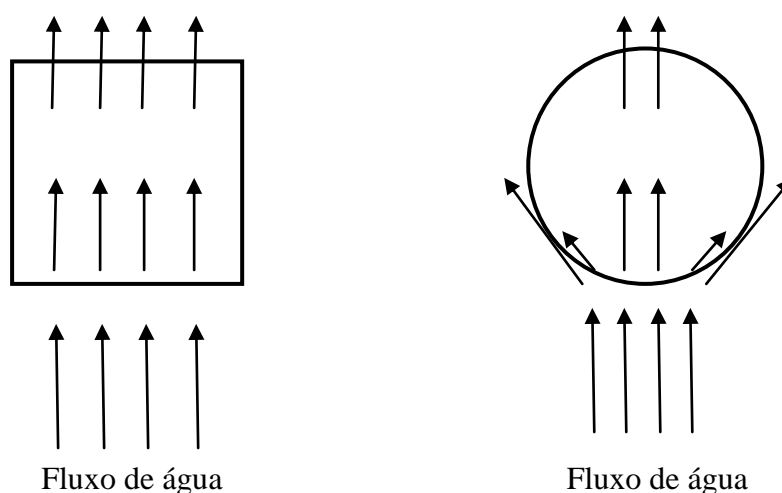


Figura 13: Movimento das águas através de tanques-rede cúbico e cilíndrico (Fonte: ONO, 2005, adaptado).

A capacidade de produção de tanques-rede é definida pelo volume e densidade dos tanques-rede, como também, capacidade de produção dos açudes, represas, lagos, sem que haja comprometimento da qualidade da água para o próprio cultivo e para outros usos a que ela se destina (KUBITZA, 2007). Segundo ONO (2005), a produtividade de tanques-rede segue de acordo com o exemplo: uma represa de 1 hectare (ha) de área que tem uma produção máxima econômica de 8.000 kg de tilápias soltas terá uma capacidade de produção semelhante com os peixes confinados em tanques-rede. Se considerarmos uma produtividade de 200 kg/m³ nos tanques-rede, esta mesma represa comportaria 40m³ de tanques-rede, ou 40m² de tanques-rede com 1 m de profundidade.

Diante disto, a primeira reação do piscicultor menos atento é aumentar o número de tanques-rede, pois com uma área disponível de 10.000 m² (1 ha) ocupada por apenas 40m² haveria espaço para instalar um número muito maior de tanques-rede. Ainda, de acordo com o autor, a produção na represa citada no exemplo não pode ser aumentada com o uso de tanques-rede, porque haverá uma perda na qualidade da água que limitará este aumento de produção e à medida que a quantidade de ração aplicada na represa é aumentada, cresce a quantidade de dejetos lançada pelos peixes, o que resulta no enriquecimento da água em nutrientes, que pode também ser traduzido como uma forma de poluição.

2.7 – Impactos Ambientais

É impossível produzir sem provocar alterações ambientais (AMÉRICO et al., 2013). Como todas as outras atividades produtivas, a aquicultura também é impactante ao meio, principalmente quando executadas de maneira irresponsável e sem considerar os princípios básicos de respeito ao ambiente, de planejamento de seu uso e de estratégias de desenvolvimento (SOUZA, 2006). Segundo o autor, o principal problema de poluição atribuído à aquicultura está relacionado à qualidade da água, pois, um dos maiores problemas associados ao cultivo de organismos aquáticos é o despejo de efluentes não tratados, os quais são ricos em matéria orgânica.

Emerson (1999), uma superalimentação em fazendas de peixes tem sido como a causa das mudanças na estrutura da comunidade bentônica, porque uma oferta alta de alimentos pode favorecer alguns em detrimento de outros organismos. Ainda de acordo com o autor, nem toda a alimentação é ingerida, uma grande quantidade de alimentação pode chegar até o fundo onde é comido pelos bentos ou decomposto por microorganismos. Materiais com alto teor de fibra bruta ou com granulometria grosseira em rações para peixes pode elevar ainda mais o montante de fezes excretadas (KUBITZA, 1998).

Resíduos presentes nos efluentes da aquicultura têm sido comparados aos efluentes domésticos, adicionando grande quantidade de carbono, nitrogênio e fósforo ao ambiente (LOUREIRO, 2011). De acordo com o autor, os resíduos produzidos por esta atividade consistem em compostos sólidos (insumos alimentares, fezes e muco) e solúveis (compostos dissolvidos de fósforo e nitrogênio).

Durante o processo de produção piscícola é inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos e metabólicos nos tanques e viveiros (AMÉRICO et al., 2013). Segundo os autores, o volume de fezes excretado diariamente pela população de peixes é uma das principais fontes de resíduos orgânicos em sistemas aquaculturais. A digestibilidade da matéria seca de rações de qualidade para peixes gira em torno de 70 a 75%, isto significa que 25% a 30% do alimento fornecido entra nos sistemas aquaculturais como material fecal (KUBITZA, 1998).

Este incremento de matéria orgânica favorece o processo de eutrofização artificial que pode comprometer os sistemas de cultivo em decorrência da redução da concentração de oxigênio dissolvido e do aumento de nutrientes na água, que pode ocasionar *blooms* (florescência) de algas e bactérias (AMÉRICO et al., 2013). Os autores concluíram que, dessa forma, a redução da qualidade da água nos sistemas de criação pode afetar a qualidade do pescado, com conseqüente prejuízo aos produtores.

A decomposição e reciclagem do material orgânico fecal nos tanques e viveiros é feita principalmente por ação microbiológica, às custas de um significativo consumo de oxigênio, resultando no acúmulo paralelo de metabólitos tóxicos aos peixes, como a amônia, o nitrito e o próprio gás carbônico (KUBITZA, 1998).

Em piscicultura intensiva, grande parte dos problemas de qualidade de água estão relacionados com o uso de alimentos de má qualidade e estratégias de alimentação inadequadas. É errôneo o conceito de que um alimento barato sempre reduz o custo de produção e faz aumentar a receita líquida por área de cultivo (KUBITZA, 1998). Segundo o autor, alimentos de alta qualidade apresentam menor potencial poluente, possibilitando um acréscimo de produção por unidade de área muito superior ao aumento no custo de produção, o que resulta em incremento da receita líquida obtida por área de cultivo. O autor concluiu que, a incidência de doenças e parasitoses aumenta proporcionalmente à redução na qualidade nutricional dos alimentos e na qualidade da água e podem causar significativas perdas durante o cultivo e que, a boa qualidade de água e manejo nutricional garantem a saúde e o desempenho produtivo dos peixes.

O constante monitoramento da qualidade da água é necessário, não apenas dentro e entre os tanques-rede, mas também no ambiente que envolve essa atividade para que haja uma garantia da qualidade do produto bem como da sustentabilidade dos sistemas intensivos de produção de peixes (MARENGONI, 2006). AMÉRICO et al. (2013) afirmam que, pode-se reduzir o impacto sobre o meio ambiente a um mínimo

indispensável, de modo que não haja redução da biodiversidade, e nem se esgote ou comprometa de forma negativa qualquer recurso natural ou cause alterações significativas na estrutura e funcionamento dos ecossistemas. CARVALHO & RAMOS (2010) concluíram que, os impactos da atividade de piscicultura causam interferências na qualidade da água, nas comunidades bentônicas, planctônicas e peixes. Segundo os mesmos, os efluentes emitidos por essa atividade, certamente estão sendo aproveitados pela biota residente em áreas próximas às pisciculturas e que a biota destes ecossistemas pode ainda estar prestando um importante serviço ambiental, uma vez que consumindo estes efluentes diminui os efeitos da eutrofização artificial.

Carneiro e Carvalho (2009), em seus estudos sobre os teores de nitrogênio e fósforo no cultivo de peixes em tanques-rede concluíram que, o intenso arraçoamento aumenta o aporte de elementos que participam da eutrofização artificial havendo a necessidade de manejo correto para evitar impactos negativos. Segundo os autores, as estações, clima, e ventos também influenciam na atividade dos peixes, nos meses mais quentes e sem ventos ocorre maior atividade e nos meses mais frios e com chuvas fortes ocorre maior aporte desses nutrientes.

Apesar de que todas as espécies de fitoplâncton podem se beneficiar de um aumento de oferta de nutrientes, algumas espécies são nocivas ou mesmo tóxicas para outros organismos marinhos e para os humanos (EMERSON, 1999). De acordo com o autor, os espinhos de algumas diatomáceas (por exemplo, *Chaetocero concavicornis*) pode irritar as brânquias de peixes, causando diminuição da produção ou até mesmo a morte. O mesmo autor cita que, mais importante ainda, flores (“marés vermelhas”) de determinadas espécies, como *Chattonella marina* muitas vezes produzem toxinas biológicas que podem matar outros organismos e que neurotoxinas produzidas por várias espécies de algas pode se concentrar e servem alimento aos bivalves, como mexilhões e ostras, criando um sério risco à saúde de pessoas que consomem marisco contaminado (por exemplo, envenenamento do marisco paralisante).

A introdução de espécies exóticas nos ambientes aquáticos brasileiros pela piscicultura em tanques-rede também é algo preocupante à medida que altera os hábitos alimentares e as relações ecológicas da fauna aquática nativa, o que causa severo impacto nos ecossistemas aquáticos (AMÉRICO, et al., 2013). Para os autores, o uso de antibióticos e outros agentes químicos na aquicultura também podem causar impactos negativos no ambiente como propiciar o desenvolvimento de bactérias patogênicas

resistentes, no qual a utilização de probióticos é uma alternativa para minimizar este tipo de impacto.

Avaliando os impactos ambientais da produção de camarão, Oliveira e Mattos (2007) concluíram que, em linhas gerais, os impactos estão relacionados às mudanças na drenagem, desvio ou impedimento do fluxo das marés, mudanças nas características físico-química do substrato, entre outras. Para os autores, além desses impactos, causados pelos tanques de carcinicultura, outros de ordem externa poderão ocorrer, o que potencializará a perda da qualidade ambiental de forma significativa, principalmente em relação à qualidade das águas.

No entanto, os impactos da atividade aquícola sobre o meio ambiente nem sempre são negativos (SOUZA, 2006). Segundo o autor, com expansão da aquicultura, mesmo considerando seu potencial para causar impactos ambientais negativos, ao suprir parcialmente a demanda pelo pescado, diminui as pressões sobre a captura, contribuindo, desta forma, para a preservação dos estoques naturais.

3 Considerações Finais

De acordo com o levantamento bibliográfico realizado conclui-se que a atividade da aquicultura tem o potencial de melhorar a qualidade da produção de organismos aquáticos e geração de renda e emprego. Porém, a própria atividade executada de forma irracional pode causar um grande impacto ambiental nos ecossistemas aquáticos.

Manejo inadequado dos animais aquáticos, alimentação artificial de baixa qualidade, tipo de sistema utilizado, espécie a ser criada, densidade de estocagem, disponibilidade de água de boa qualidade, tratamento dos resíduos gerados, equilíbrio dos nutrientes no ambiente, em especial nitrogênio e fósforo, controle dos teores de amônia, nitrito e nitrato são algumas das questões que devem ser avaliadas para a execução da aquicultura. Diante desta preocupação ambiental, o uso de macrófitas, como tentativa de minimizar os problemas causados pelo excesso de nutrientes no ambiente aquático, como também um bom sistema de renovação de água, para obter uma produção sustentável.

Referências

ADUAN, R.E.; VILELA, M.F.; JÚNIOR, F.B.R. **Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta.** (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 119), Planaltina-DF, p.25, junho, 2004.

AMÉRICO, J.H.P.; TORRES, N.H.; MACHADO, A.A.; CARVALHO, S.L. Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade da água. **Revista Científica ANAP Brasil**, v.6, n.7, p.137-150, jul, 2013.

ARAÚJO, G.S.; RODRIGUES, J.A.G.; DA SILVA, J.W.A.; FARIAS, W.R.L. **Cultivo de tilápia do Nilo em tanques-rede circulares em diferentes densidade de estocagem.** Biosci. J., Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 428-434, may/june, 2010.

ATTAYDE, J.L.; PANOSSO, R. **Capacidade de suporte de oito açudes do Rio Grande do Norte para piscicultura intensiva em tanques-rede.** Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH, p.18, 2011.

AZEVEDO, S.B. **Impactos da piscicultura intensiva sobre a qualidade da água de um reservatório no semiárido.** Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba. Centro de Ciências Biológicas e Saúde, Campina Grande-PB, 21. ed. CDD 639.31, p.62, fevereiro, 2012.

BAPTISTA, G.M.M.; NETO, M.D.A **O processo de eutrofização artificial no lago Paranoá, Brasília-DF.** Geonomos 2: 31-39, 2002.

BARROS, G.S.A.C.; SILVA, A.F.; FACHINELLO, A.L.; ULTREMARE, F.; CASTRO, N.R. **Relatório Pibagro-Brasil, GPD Agribussines – Brazil Outlook,** Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), Esalq/USP, 2013.

BENTO, L.; MAROTTA, H.; PRAST, A.E. **O papel das macrófitas aquáticas emersas no ciclo do fósforo em lagos rasos.** *Oecol. Bras.*, 11 (4): 582-589, 2007.

BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; LORENZ, E.K.; MALUF, M.L.F. Densidade de estocagem e parâmetros eritrocitários de pacus criados em tanques-rede. **R. Bras. Zootec.**, v.39, n.11, p.2323-2329, 2010.

BOZANO, G.L.N.; RODRIGUES, S.R.M.; CASEIRO, A.C.; CYRINO, J.E.P. **Desempenho de tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* (L.) em gaiolas de pequeno volume.** Sci. agric. vol.56, n.4, Piracicaba, oct./dec., 1999.

BRANDÃO, F.R.; GOMES, L.C.; CHAGAS, E.C.; ARAÚJO, L.D. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques-rede. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.4, p.357-362, abr, 2004.

BUENO, R.J. **Manejo da criação.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Iporá, Goiana, p.12, 2012. Disponível em: <http://www.ifgoiano.edu.br/ipora/images/stories/coordenacao/Bueno/3_-_Manejo_da_criacao.pdf> Acesso em: 30.06.2014.

CANTELMO, O.A. **Sistemas de produção de peixes tropicais em cativeiro: aspectos de manejo e instalações.** CEPTA/IBAMA, Pirassununga-SP, p.8, 2002.

CARNEIRO, P.C.F.; CYRINO, J.E.P.; CASTAGNOLLI, N. **Produção de tilápia vermelha da Flórida em tanques-rede.** Sci. agric. vol.56, n.3, Piracicaba, July, 1999.

CARVALHO, S.L. **Eutrofização artificial: um problema em rios, lagos e represas.** Departamento de Biologia e Zootecnia, UNESP, Ilha Solteira-SP, 2004. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/ctl28082004.php>> Acesso em: 18.06.2014.

CARVALHO, E.D.; RAMOS, I.P. **A aquíicultura em grandes represas brasileiras: interfaces ambientais, socioeconômicas e sustentabilidade.** *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia*, nº38(1), p.49-57, 2010.

CASSINI, S.T. **Ecologia: conceitos fundamentais.** Centro Tecnológico (CT), Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da UFES, Vitória-ES, p.1-69, 2005.

CAVERO, B.A.S.; FILHO, M.P.; ROUBACH, R.; ITUASSÚ, D.R.; GANDRA, A.L.; CRESCÊNCIO, R. **Efeito da densidade de estocagem sobre a eficiência alimentar de juvenis de pirarucu (*Arapaima gigas*) em ambiente confinado.** Acta. Amaz., v.33, n.4, Manaus, dec, 2003.

CAZATI, C.A. **Fracionamento do fósforo em sedimentos superficiais do complexo estuarino de Paranaguá.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná-PR, p.95, 2010.

CYRINO, J.EP.; CONTE, L. **Fundamentos da criação de peixes em tanques-rede.** Divisão de Biblioteca e Documentação – Campus “Luiz de Queiroz”/USP, Série Produtor Rural, 14, Piracicaba-SP, p.38, 2001.

COELHO, S.R.C. **Produção intensiva de surubis híbridos em gaiolas: estudos de caso.** Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP, Piracicaba-SP, p.83, 2005.

CODEVASF, **Manual de criação de peixes em tanques-rede.** Coordenação de Paulo Sandoval Jr.; elaboração de texto de Thiago Dias Trombeta e Bruno Olivetti de Mattos; revisão técnica de Willibaldo Brás Sallum, Brasília-DF, p.69, 2010.

CREPALDI, D.V.; TEIXEIRA, E.A.; FARIA, P.M.C.; RIBEIRO, L.P.; MELO, D.C.; CARVALHO, D.; SOUSA, A.B.; SATURNINO, H.M. Sistemas de produção na piscicultura: fish culture production systems. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p.86-99, maio, 2007.

DAVID, G.S.; CARVALHO, E.D. **Capacidade de suporte ambiental de reservatórios para a produção de peixes em tanques-rede: estudo de caso da área aquícola denominada de ponte pensa, no reservatório de ilha solteira.** Anais – 5º simpósio de tecnologia em meio ambiente e recursos hídricos – FATEC – Jahu, p.242-253, 2013.

EMBRAPA, MEIO AMBIENTE, Jaguariúna/SP, 2014. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=aquic:::29>> Acesso em: 05.06.2014.

EMERSON, C. **Aquaculture impacts on the environment.** 1999. Disponível em: <<http://www.csa.com/discoveryguides/aquacult/overview.php>> Acesso em: 01.07.2014.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos da Limnologia;** 2º Ed. Rio de Janeiro: Interciência, p.8-226, 1998.

FARIA, R.H.S.A.; MORAIS, M.; SORANNA, M.R.G.S.; SALLUM, W.B. **Manual de criação de peixes em viveiros**. Brasília – CODEVASF, ISBN 978-85-89503-13-6, CDU 636.98, 2013.

FIGUEIRÊDO, M.C.B.; TEIXEIRA, A.S.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; PAULINO, W.D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J.C. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização**. Artigo Técnico, Eng. Sant. Ambient. v.12, n.4, p.399-409, out/dez, 2007.

FIORUCCI, A.R.; FILHO, E.B. **A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos**. Química Nova na Escola, nº 22, novembro, p.10-16, 2005.

GALLI, C.S.; ABE, D.S. **Disponibilidade, poluição e eutrofização das águas**. Capítulo 10, nº 750, São Carlos, SP, p.165-174, 2006.

JANZEM, J.G.; SCHULZ, H.E.; LAMON, A.W. **Medidas de concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água**. Artigo técnico, vol.13 – nº 3, jul/set, p.278-283, 2008.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes – Parte II**. Panorama da aquicultura, v.8, n.46, março/abril, 1998. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfYzEAA/panorama-aquicultura-qualidade-gua-parte-2>> Acesso em: 01.07.2014.

KUBITZA, F. **Tilápias: um bom planejamento gera alta rentabilidade**. Panorama da aquicultura, vol. 10, n.59, maio/junho, 2000a.

KUBITZA, F. **Tilápias: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Panorama da aquicultura, 2000b.

KUBITZA, F. **Piscicultura: tanques-rede em açudes particulares**. Panorama da aquicultura, vol. 17, n.101, maio/junho, 2007.

LAZZARI, R. **Densidade de estocagem, níveis proteicos e lipídios da dieta na produção e aceitabilidade do filé de jundiá**. Dissertação (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Santa Maria-RS, p.149, dezembro, 2008.

LAGE, V.A.; PIMENTA, M.E.S.G.; POLO, M.; TAVARES, L.H.S. Efeito de diferentes densidades de estocagem e níveis de arraçoamento no desempenho de piracanjubas (*Brycon orbignyanus*) na fase juvenil. **R. Un. Alfenas**, Alfenas-MG, 5:173-178, 1999.

LESSA, R.N.T.; MACARTHY, V.F.; LEITE, C.C.; OLIVEIRA, B. **Ciclo do nitrogênio**. Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Química e Geociências, Pelotas-RS, p.1-11, setembro, 2007.

LIMA, L.S.; FILHO, H.J.I.; CHAVES, F.J.M. Determinação de Demanda Bioquímica de Oxigênio para Teores ≤ 5 mg L⁻¹ O₂. **Revista Analytica**. Outubro/Novembro, nº25, p.52-53. 2006.

LOPES, J.C.O. **Técnico em agropecuária: piscicultura**. Florianópolis: EDUFPI, p.80, 2012. Disponível em: <<http://200.17.98.44/pronatec/wp-content/uploads/2013/06/Piscicultura.pdf>> Acesso em: 30.06.2014.

LOUREIRO, B.R. **Efeito do cultivo de peixes em tanques-rede na comunidade zooplanctônica, reservatório de Itá (SC/RS)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis-SC, p. 71, 2011.

MARENGONI, N.G. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitralada), cultivadas em tanques-rede sob diferentes densidades de estocagem. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 55, n. 210, p.127-138, 2006.

MARTINS, C.R.; PEREIRA, P.A.P.; LOPES, W.A.; ANDRADE, J.B. **Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre: a importância na química da atmosfera**. Cadernos Temáticos de Química Nova da Escola, n.5, p.28-41, novembro, 2003.

MIRANDA, A.G.R.L. **Fósforo nos sistemas de produção aquícolas**. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Limnologia, 2013. Disponível em: <http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Limnologia%20Aquicultura/website/seminarios/1SS2013/lac2013ss_s4.pdf> Acesso em: 27.06.2014.

MONTEIRO, A.J. **Eutrofização**. Departamento de engenharia civil e arquitetura, IST, 2004.

MONTE-LUNA, P.; BROOK, B.W.; ZETINA-REJON, M.J.; CRUZ-ESCALONA, V.H. The carrying capacity of ecosystems. **Global Ecol. Biogeog.**, n.13, p.485-495, 2004.

NOVAES, A.F. **Volumes de tanques-rede na produção de tilápia-do-nilo: estudo de caso.** Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal-SP, p.35, 2010.

NUNES, E.S.C.L. **Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica do pirarucu (*Arapaima gigas* Schinz, 1822) salgado seco comercializado na cidade do Belém, Pará.** Tese (Doutorado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal), Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Niterói, CDD 664.94, p.77, 2011.

OLIVEIRA, R.P.C.; SILVA, P.C.; PADUA, D.M.C.; AGUIAR, M.; MAEDA, H.; MACHADO, N.P.; RODRIGUES, V.; SILVA, R.H. Efeitos da densidade de estocagem sobre a qualidade da água na criação do tambaqui (*Colossoma macropomum*, cuvier, 1818) durante a segunda alevinagem, em tanques fertilizados. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.4, p.705-711, out./dez., 2007.

OLIVEIRA, G.D.; MATTOS, K.M.C. Impactos ambientais provocados pela indústria de camarão no município de Nísia Floresta (RN). **Revista Gerenciais**, São Paulo, v.6, n.2, p.183-188, 2007.

ONO, E.A. **Criação de peixes em tanques-rede.** Anais do *ZOOTEC* – Campo Grande-MS, p.14, maio, 2005.

PEDROZO, C.S; KAPUSTA, S.C. **Indicadores ambientais em ecossistemas aquáticos.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, ISBN: 978-85-64270-02-2, p.3-72, 2010.

PEIXOTO, M.F.S.P. **Ciclo do nitrogênio.** Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de ciências agrárias, ambientais e biológicas, CCA-034: Biologia do solo, p.1-24, março, 2008.

PEREIRA, L.P.F.; MERCANTE, C.T.J. **A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão.** *B.Inst. Pesca*, São Paulo, 31(1): 81 – 88, junho, 2005.

PIRES, E.M. **Ecologia geral.** Aula 04: Ciclagem de nutrientes e ciclos biogeoquímicos, Universidade Federal do Mato Grosso, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais (ICNHS), Disponível em: <http://www.controbiol.com.br/Aulas/Ecologia/Aula_04.PDF> Acesso em: 26.06.2014.

RIVERA, E.A.C. **Modelo sistêmico para compreender o processo de eutrofização em um reservatório de água.** Dissertação (mestrado), Unicamp – Campinas, SP: [s.n.], 2003.

ROSA, R.S.; MESSIAS, R.A.; AMBROZINI, B. **Importância da compreensão dos ciclos biogeoquímicos para o desenvolvimento sustentável.** Monografia. Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos, São Carlos-SP, p.1-52, 2003.

SEBRAE, **Criação de tilápia em tanques-rede.** Salvador: Sebrae Bahia, p.23, 2007. Disponível em: <<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/Tilapia%20tanque%20rede%20sebrae.pdf>> Acesso em: 01.07.2014.

SEBRAE, **Manual do piscicultor – produção de tilápia em tanque-rede.** p.69, dezembro, 2008. Disponível em: <[http://201.2.114.147/bds/bds.nsf/A89FDECF37ED7E1B832579FF0047D76D/\\$File/NT0004762A.pdf](http://201.2.114.147/bds/bds.nsf/A89FDECF37ED7E1B832579FF0047D76D/$File/NT0004762A.pdf)> Acesso em: 01.07.2014.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; BURNS V.; JÚNIOR, A.J.A.; MUNGIOLI, R. **Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades.** Agroindústria, BNDES Setorial 35, p.421-463, 2012.

SILVA, R.F.; SILVA, J.L.A.; ARAÚJO, M.S.B.; FAUSTINO, O.W.C. **Qualidade de resíduo de tanques de produção de alevinos como condicionante de solos do semiárido de Pernambuco: subsídios para gestão ambiental.** *Gaia Scientia* 7(1): 58-63, 2013.

SILVA, P.C.; KRONKA, S.N.; TAVARES, L.H.S.; JÚNIOR, R.P.S.; SOUZA, V.L. Avaliação econômica da produção de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistema “raceway”. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 25, no. 1, p. 9-13, 2003.

SOUZA, J.A.P.L.L. **Estudo de impactos sociais, econômicos e ambientais, ocasionados pela piscicultura em tanques-rede na região de Paulo Afonso-BA**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas-TO, p. 124, 2006.

STARLING, F.; PEREIRA, C.E.; ANGELINI, R. **Definição da capacidade de suporte do reservatório de Furnas para cultivo intensivo de peixes em tanques-rede**. Estudo técnico-científico visando a delimitação de parques aquícolas no lago da Usina Hidroelétrica de Furnas – MG, p.62, 2005.

WAMBACH, X.F. **Manejo prático aplicado a piscicultura de água doce**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Programa de Educação Tutorial (PET/MÊS/SESu), Recife-PE, p.28, 2012.