



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação

**ESCOLA ESTADUAL DE
EDUCAÇÃO PROFISSIONAL - EEEP**
ENSINO MÉDIO INTEGRADO À EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

CURSO TÉCNICO EM AQUICULTURA

LIMNOLOGIA E QUALIDADE DA ÁGUA



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**

Secretaria da Educação

Governador

Cid Ferreira Gomes

Vice Governador

Francisco José Pinheiro

Secretária da Educação

Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

Secretário Adjunto

Maurício Holanda Maia

Secretário Executivo

Antônio Idilvan de Lima Alencar

Assessora Institucional do Gabinete da Seduc

Cristiane Carvalho Holanda

Coordenadora de Desenvolvimento da Escola

Maria da Conceição Ávila de Misquita Vinãs

Coordenadora da Educação Profissional – SEDUC

Thereza Maria de Castro Paes Barreto

UNIDADE I – CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A LIMNOLOGIA

Esta disciplina visa fornecer conhecimentos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas, ciclo dos nutrientes, estrutura, metabolismo e comunidades bioecológicas dos ecossistemas de águas doces.

1.1 História, importância e desenvolvimento.

As primeiras referências sobre a natureza dos rios, lagos e outras coleções de água datam da época de Aristóteles (384-322 a.C.), o qual, no seu livro **Historia Animalium** afirma que as águas interiores não eram todas semelhantes, pelo menos no tocante à fauna ocorrente, e numa tentativa de classificação dos animais existentes, denominou-os tão somente de **habitantes dos rios, habitantes dos lagos, habitantes dos pântanos**, etc. Um dos seus discípulos - Teophrastus, seguiu também o mesmo princípio na catalogação dos vegetais, classificando-os como **vegetais de lagos rasos, vegetais dos rios, vegetais de lagos profundos** e outros.

Somente, a partir de 1869, o estudo dos seres aquáticos passou a ser feito com maior senso científico, não mais considerando somente as espécies da flora e da fauna, mas também a coleção de água com as suas características físicas, químicas e biológicas. Por este tempo o termo **Limnologia** foi empregado pela primeira vez (deriva do grego - **limne** = lago + **logos** = estudo) no trabalho intitulado **Le Lemane, Monographie Limnologique**, de autoria do Prof. François Alphonse Forel, da Universidade de Lausanne, Suíça, que com ele ganhou o título de **pai da limnologia** e marcou o início do estudo científico dos lagos e águas interiores de um modo geral.

É importante não confundirmos a limnologia com a hidrobiologia. A primeira refere-se à ciência da vida DOS corpos d'água; enquanto a segunda, refere-se à vida NOS corpos d'água.

➤ Definição

A limnologia é, segundo Forel (1892), a ciência que estuda a vida dos ambientes de águas doces, tais como, rios, riachos, córregos, lagoas, lagos, açudes, brejos, fontes, nascentes, etc. que não sejam influenciados diretamente pelo mar. Seu objetivo é estudar a correlação e a dependência entre os organismos habitantes dessas águas e o ecossistema, abrangendo de um modo geral todos os fatores que exercem influência sobre a qualidade, quantidade, periodicidade e sucessão desses organismos na água.

A Limnologia faz parte da ecologia, ciência que tem por fim o estudo das relações entre os seres

vivos e o meio ou ambiente em que vivem, bem como as suas recíprocas influências.

Com base nos conceitos ecológicos, a limnologia clássica criada por Forel e desenvolvida por outros importantes limnologistas, evoluiu ao ponto de cada vez mais tender para uma especialidade, devido à grande complexidade dos fenômenos que ocorrem nos ambientes aquáticos. Sob este aspecto, as seguintes especializações podem ser assim consideradas:

- a) **Limnologia física** - quando trata apenas do estudo dos parâmetros físicos da água (temperatura, cor, condutividade elétrica)
- b) **Limnologia química** - que diz respeito somente ao estudo dos parâmetros químicos da água (pH, oxigênio dissolvido, DBO – Demanda bioquímica de oxigênio, DQO – Demanda química de oxigênio, dentre outros);
- c) **Limnologia aplicada** - que se volta para o estudo da biologia da pesca, da aquicultura, da produtividade pesqueira, da produtividade primária, etc.
- d) **Limnologia paleontológica** - que trata do estudo dos fósseis existentes nos sedimentos dos lagos.
- e) **Limnologia de reservatórios** - que é a mais nova especialização desta ciência, surgida em razão da construção de barragens para diferentes propósitos, como produção de energia elétrica, navegação, controle de enchentes, pesca, etc. e que tem por fim o estudo do impacto ambiental provocado tanto sobre os seres vivos, como na qualidade e quantidade da água.

➤ **A Limnologia no Brasil**

Até a década de 1930, as pesquisas em ambientes aquáticos continentais no Brasil eram de cunho tipicamente hidrobiológico e a maioria das pesquisas limnológicas eram realizadas por pesquisadores estrangeiros.

Os primeiros estudos limnológicos em nosso país foram realizados no Nordeste brasileiro. Essa região pode ser considerada como o berço da limnologia nacional, graças aos trabalhos pioneiros de pesquisadores famosos que aqui trabalharam nos primórdios da antiga Comissão Técnica de Piscicultura do Nordeste (CTPN), posteriormente denominada Diretoria de Pesca e Piscicultura do DNOCS, cujo primeiro chefe foi o naturalista paulista Rodolpho von Ihering, cognominado - **o pai da piscicultura nacional**.

Ao longo de mais de 65 anos têm sido inúmeros os trabalhos desenvolvidos, não somente nessa na Região Nordeste, mas também em outras partes do país, tanto no campo da limnologia regional, como no da engenharia sanitária, da aquicultura, da pesca em reservatórios, do controle da poluição etc.

Pode-se dizer que a Limnologia Brasileira, hoje, encontra-se consolidada e caracterizada. Seus profissionais estão entre os mais atuantes na Ecologia Brasileira.

No mundo moderno, a água doce é um recurso estratégico. A ausência deste recurso ou a sua

presença em quantidade ou qualidade inadequadas têm sido um dos principais fatores limitantes ao crescimento social e econômico de várias regiões do Brasil e do mundo. A demanda por água doce em todo o mundo tem aumentado de maneira exponencial. Paralelamente, a degradação de sua qualidade tem reduzido ainda mais sua disponibilidade.

Os ecossistemas aquáticos continentais tornam-se cada vez mais indispensáveis à vida moderna pois estão relacionados às mais variadas atividades humanas como a obtenção de alimento, de energia elétrica, o abastecimento doméstico e industrial, o lazer e a irrigação entre outras. O uso na irrigação se constitui hoje como um dos principais aspectos que contribuem para que a água seja hoje um recurso estratégico. Basta lembrar que 70% de toda a produção de alimento do mundo provém de apenas 17% das áreas cultiváveis.

A Limnologia é uma ciência de grande alcance social uma vez que fornece inúmeros subsídios para a conservação, o manejo e a recuperação dos ecossistemas aquáticos continentais. Desta forma, o limnólogo passa a ter um papel cada vez mais importante na sociedade moderna.

1.2 A água: ocorrência, qualidade, caracterização e classificação.

Na **biosfera**, que é o espaço do nosso globo onde são encontrados todos os seres vivos, distinguem-se três grandes ecossistemas:

a) Aéreo

Onde há predominância de gases;

b) Terrestre

Onde há predominância de massa sólida e;

c) Aquático

Onde há predominância da massa líquida, que forma os oceanos, mares, rios, lagos, açudes, lençóis subterrâneos, fontes, etc. De interesse da limnologia, como já vimos, são as águas doces, enquanto as águas marinhas, salgadas e salobras, pertencem ao campo da oceanografia.

Toda água encontrada na biosfera, em qualquer um desses ecossistemas, deriva direta ou indiretamente da água da chuva, através do chamado **ciclo hidrológico**, que é o responsável pelo transporte da água dos oceanos, lagos, açudes e de outras fontes para a atmosfera, a qual pela precipitação e escoamento sobre a crosta terrestre volta novamente para o oceano, lagos, açudes, etc., trazendo dissolvido no seu meio, além de gases, substâncias orgânicas e inorgânicas.

Por esta condição a água desempenha um papel fundamental na **biosfera**, já que é necessária a todos os seres vivos.

Calcula-se, de uma maneira geral, que as reservas de água na biosfera sejam de 1,36 trilhões de

quilômetros cúbicos, sendo que 97,2% são representadas pelos oceanos e mares, enquanto 2,8% correspondem à água doce. Caso toda água existente na natureza pudesse ser distribuída, uniformemente, sobre a crosta terrestre, formaria um tapete de 3.000 m de espessura, mas, deste total, apenas uma camada de 40 m corresponderia às águas subterrâneas e de 40 cm, as águas doces da superfície - rios, lagos, lagoas, açudes, represas, etc. Esta comparação tem por objetivo mostrar a diminuta fração da massa líquida de interesse limnológico.

Além de ser o principal componente do corpo dos animais e vegetais e tomar parte na constituição das rochas, a água atua na natureza como um importante regulador da temperatura, amenizando o clima e favorecendo o desenvolvimento da vida animal e vegetal. Isto ocorre graças as suas propriedades físicas, em particular devido ao seu elevado calor específico, que é duas vezes superior ao do ar. Sem a presença da água na atmosfera na forma de vapor, os efeitos da irradiação acabariam por liquidar toda a vida orgânica do planeta. Plantas, animais e rochas, bem como tudo que existe sobre a terra, necessitam de água e mantêm por ela uma tremenda afeição, devido ser transportadora de substâncias nutritivas e materiais inorgânicos.

➤ **Qualidade da água**

A água, como já vimos, é um bem de consumo necessário a todos os seres vivos, sendo utilizada para a agricultura, a irrigação, a recreação (balneabilidade), o saneamento, a aquicultura, o abastecimento público e doméstico (potabilidade), a dessedentação de animais, a navegação, a harmonia paisagística, a produção de energia elétrica e outras finalidades.

A qualidade da água utilizada para diversos fins depende muito da presença de microorganismos que se desenvolvem nela, como algas, fungos, leveduras, protozoários, rotíferos e outros componentes do fito e do zooplâncton. Esses seres microscópicos têm uma importância particular na utilização da água para abastecimento público e doméstico, pois são capazes de modificar o pH, a alcalinidade, a cor, a turbidez, o sabor e o odor, visto que ao morrerem e sofrerem o processo de mineralização da matéria orgânica, liberam substâncias que inviabilizam o uso da água.

No tocante à aquicultura, a qualidade da água deve estar de acordo com o que estabelece a Resolução nº 020, de 18 de junho de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Desta forma para que sua utilização possa ser feita sem comprometimento da finalidade a que se destina, há necessidade de ser caracterizada quanto aos critérios de qualidade, cuja amostra envolve cuidados especiais na coleta, preservação e armazenamento.

➤ **Classificação das Águas Interiores ou Continentais**

Sob a denominação de água interior ou continental se entende as coleções de águas doces que se encontram organizadas dentro de sistemas hidrográficos definidos, de acordo com a bacia de drenagem e que formam uma unidade de meio ambiente, devidamente representada e isolada.

As características destas águas dependem de vários fatores ambientais, como a topografia, geologia, hidrologia, climatologia e outros, sendo assim classificadas:

Quanto à hidromecânica

a) Lênticas

São as águas paradas, como a dos lagos, lagoas, açudes e represas. Embora possam existir correntes subaquáticas, elas não são fatores dominantes, enquanto a densidade vertical e as estratificações térmicas e químicas constituem as suas principais características. Apresentam ainda uma instabilidade do pH e baixa concentração de oxigênio dissolvido.

b) Lóticas

São as águas correntes, como a dos rios, riachos, arroios, igarapés, etc., que se caracterizam por uma contínua corrente, seguindo sempre uma única direção, com água nova vindo continuamente de cima. A velocidade da corrente é um fator positivo e certos organismos aquáticos mostram uma adaptação à mesma, cada vez que esta vai se tornando mais violenta. Outras características são a elevada turbidez, pois são capazes de transportar grandes quantidades de material em suspensão, temperatura homogênea, saturação de oxigênio dissolvido, uniformidade do pH, pobreza em sólidos dissolvidos, escassez de fitoplâncton e de macrófitas, exceto do tipo flutuante que pode formar verdadeiras ilhas móveis, conhecidas por **camalote** e presença de algas aderentes.

Quanto à origem

a) Naturais

São as coleções d'água que se formaram sem a interferência do homem, como os rios, riachos, lagos, lagoas, fontes, etc.

b) Artificiais

São aquelas resultantes do represamento ou controle pelo homem para atender a múltiplos propósitos, como sejam, açudes, represas, reservatórios, aguadas, canais, viveiros, tanques, etc.

Quanto à natureza química

Por motivo de dissolver todos os elementos inorgânicos e orgânicos encontrados sobre o solo, bem como na atmosfera, sendo por isso considerada como **solvente universal**, recebendo assim denominações específicas, como **doce, salobra, salgada, ácida, alcalina, gasosa, carbonatada, mole, dura, ferruginosa, magnésiana, radioativa**, etc. de acordo com os sais que se encontram nela dissolvidas, as águas interiores podem ser, quanto à sua natureza química, de diferentes tipos.

Quanto à periodicidade

Tendo em vista o tempo de duração em que permanece líquida, formando os lagos, açudes, rios, riachos, fontes e outras coleções d'água, elas são:

a) Permanentes

Aquelas coleções d'água que nunca secam, permanecendo sempre na superfície terrestre. Tal tipo de água interior ocorre principalmente em regiões onde a precipitação pluvial é maior que a evaporação.

b) Temporárias ou Periódicas

São as coleções d'água que desaparecem da superfície terrestre em determinadas épocas, por não resistirem às prolongadas estiagens ou quando passam do estado líquido para o sólido, como nas regiões temperadas.

As coleções d'água localizadas nas regiões desérticas e semi-áridas tendem a acumular sais dissolvidos em excesso devido a elevada evaporação, algumas vezes alcançando concentrações superiores a dos oceanos, como no Great Salt Lake, nos Estados Unidos, no Mar Morto, em Israel, e em muitos açudes do Nordeste brasileiro.

Solos arenosos não conseguem reter a água durante o período de chuvas e por isso as coleções d'água se tornam temporárias. Açudes e viveiros para a criação de organismos aquáticos construídos neste tipo de solo secam completamente, principalmente na época do verão. Os organismos que ocorrem nestas águas possuem um ciclo de vida bastante curto, embora alguns possam adquirir formas de resistência.

1.3 Lagos: origem, tipos e distribuição geográfica

Por lago se entende uma coleção de água lântica confinada em uma bacia e que não apresenta ligação com o mar. Esta definição foi dada por Forel, em 1892, com a finalidade de diferenciar os lagos verdadeiros daqueles que são pequenos braços do mar.

Sob o ponto de vista morfométrico são chamados de lagos as extensas coleções de águas paradas, de grandes profundidades, largas e comprimentos. A mesma definição pode ser aplicada para açudes, reservatórios e represas, com a única diferença de serem construídos pelo homem com múltiplos propósitos.

Quanto à lagoa, se trata de uma coleção de água natural, de pouca profundidade e características temporárias, muito embora possam existir com essa mesma definição extensas coleções de águas naturais, permanentes e de grandes profundidades, como as lagoas de Patos, no Rio Grande do Sul.

De uma maneira geral, as causas responsáveis pela formação das águas lânticas, como sejam, lagos, lagoas, açudes, etc., são de três tipos:

a) Construtivas

Quando o homem interfere diretamente para a sua formação, mediante a construção de uma

barragem no vale de um rio, riacho, igarapé. São os açudes, as represas, reservatórios, viveiros, etc.

b) Destrutivas

Quando resulta do efeito de fenômenos da natureza, os quais formam depressões na crosta terrestre, dando origem à formação de coleções de águas lânticas naturais, como os lagos, lagoas, lagoas, etc.

c) Obstrutivas

Quando estes mesmos fenômenos da natureza provocam o barramento de vales formando uma bacia lacustre. Uma mesma causa obstrutiva pode ser destrutiva ao mesmo tempo.

➤ Agentes da natureza formadores de águas lânticas

De acordo com a sua gênese, as águas lânticas foram formadas à custa da ação de diversos agentes da natureza, tanto em épocas remotas como ainda estão a acontecer em nossos dias. Os agentes mais conhecidos e frequentes são: abalos sísmicos, geleiras, vulcanismo, deslizamento de terras, chuvas, ventos, meteoros, garimpagem, dentre outros fatores.

➤ Açudes e reservatórios do Brasil

Lagos artificiais formados pelo represamento de rios com múltiplos propósitos, tais como, abastecimento público, controle de enchentes, regularização de cursos, geração de energia elétrica, irrigação, navegação, recreação, pesca e outros, são bastante comuns em nosso país.

A construção de grandes açudes no Brasil teve início em 1890, quando foi iniciada a barragem de Cedro, em Quixadá, Ceará, concluída 16 anos mais tarde. Depois do Nordeste foi o Estado de São Paulo que partiu com uma política de construção de barragens, cuja primeira represa teve o seu início em 1901, no Rio Tietê, com a finalidade de geração de energia elétrica, enquanto no Nordeste era a de acumulação de água na época das chuvas para fazer frente às crises nos períodos de seca.

A construção dessas barragens resultou na formação de um grande número de ecossistemas lacustres artificiais. De acordo com GURGEL (1990) a quantidade estimada de açudes construídos no Brasil é da ordem de 68.800, com área inundada total de 53.200 km². Só na Região do Nordeste estão localizados 60.000 açudes, que cobrem uma área de 8.000 km², correspondente a 15% do total do país.

É na Região Sudeste que está o maior potencial de espelho d'água artificial com 26.000 km² (48,9%), cuja quantidade estimada é de 6.600 açudes construídos, seguindo-se em ordem decrescente a Região Nordeste (15,0%), o Sul (14,7%), o Norte (13,5%) e o Centro-Oeste (7,9%). Apesar da Região Sudeste contar com o maior percentual de espelho d'água, entretanto, está localizado na Região Nordeste o açude Sobradinho (BA), com 5.194 km², considerado atualmente a maior coleção de água doce formada pelo homem no mundo.

Face o regime hidrológico dos rios do Nordeste brasileiro, os efeitos da açudagem têm sido mais benéficos que negativos, quer sob o ponto de vista social, econômico, climático e biológico. ESTEVES (1988) destaca um elenco de quinze efeitos prejudiciais aos ecossistemas aquático e terrestre com a construção de açudes, os quais jamais poderão ser levados em conta em se tratando da região nordestina, que tem neste tipo de coleção d'água razões para a sobrevivência de sua população.

Na verdade, para uma política racional de açudagem no Nordeste, tem que se levar em consideração antes de tudo, a melhor distribuição e aproveitamento da água represada, com preferência para as áreas carentes desse recurso hídrico e não, simplesmente, atender interesses pessoais e muitas vezes escusos.

Sob o ponto de vista limnológico a alteração no regime hidrológico e da qualidade da água até certo ponto favorece o melhor aproveitamento dos açudes nordestinos, como comprovam os estudos bioecológicas realizados em muitos deles, fazendo com que, na média geral, sejam considerados como os de maior produtividade da pesca no mundo.

UNIDADE II – CONDIÇÕES HIDROMETEOROLÓGICAS, MORFOMÉTRICAS E FÍSICAS.

Em qualquer lugar da terra o clima é o resultado da temperatura, umidade, precipitação pluvial, ventos, etc. e os seus efeitos exercem grande influência sobre os ecossistemas, principalmente o aquático. Desta maneira, constitui preocupação de todo limnologista o conhecimento das condições hidrometeorológicas, como meio de verificar as inter-relações entre o meio ambiente e os organismos que nele vivem.

2.1 Hidrometeorologia, evaporação e temperatura.

Os principais fatores hidrometeorológicos que mais interessam à limnologia são:

a) Evapotranspiração

Entende-se por evapotranspiração a perda de água do solo por evaporação e a perda de água da planta por transpiração. Esses dois processos ocorrem concomitantemente e, devido à sua necessidade de mensuração (ou estimação), denominou-se evapotranspiração. A taxa de evapotranspiração é normalmente expressa em milímetros (mm) por unidade de tempo.

A evapotranspiração nos lagos, rios, açudes, viveiros e outros ambientes aquáticos tem uma importância muito grande na formação do clima, por contribuir no comportamento de muitas espécies animais e vegetais. Na região Nordeste estima-se que com a evapotranspiração, percolação e infiltração o abaixamento do nível da água seja da ordem de 10 mm por dia, que corresponde a uma perda de 100 m³/ha. Em todo o globo terrestre se calcula que, por estes mesmos meios, perdem-se diariamente 13 bilhões de m³ de água, quantidade essa pouco inferior ao volume d'água acumulado em todos os açudes públicos do Nordeste brasileiro.

Os prejuízos causados pela evapotranspiração são grandes, por afetar diretamente, os irrigantes, fazendeiros, vazanteiros, aquicultores, pescadores, etc. devido à perda d'água dos rios, lagos, açudes e viveiros. Por outro lado, também os organismos aquáticos são prejudicados devido a exposição de seus nichos ecológicos, redução das áreas para se movimentarem, aumento da concentração de sais dissolvidos e outras causas.

A evapotranspiração ocorre durante todo o ano, mas é no verão que ela se torna mais intensa, principalmente diante das seguintes condições:

- Área de exposição

Quanto maior for o espelho de água exposto a ação dos agentes climáticos, mais rapidamente ocorre a evapotranspiração. Em outras palavras se pode dizer que, a rapidez da evapotranspiração é proporcional a área da superfície.

- Temperatura ambiente

A evapotranspiração aumenta quando a temperatura sobe.

- Pressão atmosférica

A rapidez da evapotranspiração diminui quando a pressão atmosférica aumenta.

- Umidade relativa

A rapidez da evapotranspiração diminui quando a umidade relativa aumenta.

- Vento

O vento aumenta a velocidade da evapotranspiração. A evapotranspiração cria em torno da coleção d'água condições de amenização do clima, formando o que se conhece na literatura ecológica por **microclima**.

b) Temperatura do ar

Em decorrência das estações do ano, altitudes e regiões geográficas, há uma grande variação de temperatura no globo terrestre, que pode ser evidenciada, diariamente, pelas informações fornecidas por cada país através do rádio e da televisão e, em uma mesma localidade ou região, pelas diferenças marcantes entre as máximas e mínimas em 24 horas. Devido o seu elevado valor específico a temperatura da água nunca alcança os extremos que ocorrem no ar, embora provoque efeitos negativos sobre as diferentes comunidades de organismos aquáticos.

c) Umidade relativa

Entende-se por umidade relativa a relação entre o peso do vapor d'água que o ar contém e o que conteria se estivesse saturado. Quando um espaço contém todo o vapor d'água que pode conter em uma determinada temperatura, sua umidade relativa é de 100%. Por exemplo: se um m³ de ar contém 7 g de vapor d'água, mas poderia conter 14 g, diz-se que sua umidade relativa é de 50%.

d) Precipitação pluvial

Como já vimos antes a água da chuva tem uma importância muito grande na ecologia aquática. Ela ocorre em maior intensidade nas zonas intertropicais, com uma média pluviométrica acima de 2.000 mm por ano. Paradoxalmente, é também nesta zona onde se verificam os índices mais baixos do planeta, como no Saara, Norte do Chile e do Peru, onde quase nunca chove e a média é de apenas 100 mm por ano. No Nordeste brasileiro a precipitação pluvial é da ordem de 700 mm por ano, em média, mas na região amazônica alcança até 3.000 mm.

Sob o ponto de vista limnológico a água da chuva é de grande importância, principalmente em áreas de cidades industrializadas, haja vista o grave problema da chuva ácida, resultante do efeito de poluentes da atmosfera, como compostos de enxofre, nitrogênio, cloretos, dióxido de carbono e outras substâncias, as quais contribuem para o rebaixamento do pH da água, com conseqüente degradação dos ecossistemas aquáticos.

Também a chuva é um importante fator na formação da “**seiche**”, que pode inclusive acarretar consequências desagradáveis para o ecossistema aquático, como tem sido registrado na literatura limnológica. Um fato desta natureza ocorreu no açude Santo Anastácio, localizado no campus do Pici da UFC, em 06.03.1991.

Outro importante aspecto da água da chuva e de interesse da limnologia, diz respeito à sua influência na reprodução das espécies ictílicas, chamadas de piracema, como a curimatã comum, piau comum, piau verdadeiro, curimatã pacu e outras.

A precipitação pluvial pode ser medida por meio do pluviômetro de Hellmann, que consiste de um reservatório cilíndrico, fixado a um poste de madeira, cuja água por ele captada durante a chuva é posteriormente recolhida e medida em uma proveta graduada, cujo resultado é dado em milímetros (mm). Também pode ser usado com muito maior eficiência o pluviógrafo.

e) Ventos

Tendo uma importante ação na formação do clima, os ventos agem de modo indireto sobre o ecossistema, ora baixando, ora elevando a temperatura ambiente. Vários tipos de ventos ocorrem no mundo. Estudos realizados no açude Orós-CE vieram mostrar a importância desse vento no deslocamento dos cardumes de peixes em sua bacia hidráulica, favorecido pela oxigenação mecânica da água durante o período noturno, já que começa a soprar naquele açude a partir das 20 h, quando a taxa de oxigênio dissolvido na água se torna deficitária. Também sob o ponto de vista ecológico os ventos influenciam na atividade dos insetos, mesmo a uma velocidade moderada, em torno de 12 km/hora. No Nordeste brasileiro os ventos sopram a uma velocidade de 3 a 20 km/h.

f) Radiação solar

A radiação solar é um importante fator climático que exerce influência na ecologia aquática em decorrência de sua duração, intensidade e qualidade, através dos seus diversos comprimentos de onda. De conformidade com a intensidade luminosa se pode distinguir diferentes zonas nas lagos e açudes, onde se nota uma estratificação na distribuição dos organismos aquáticos. O efeito da radiação pode ser verificado na criação de carpas em viveiros, cujo comportamento dessa espécie em revolver o substrato à procura de alimento, causa um aumento da matéria em suspensão que impede a penetração da luz e acarreta a redução da atividade fotossintética, com prejuízos para a produtividade biológica.

g) Pressão atmosférica

A pressão atmosférica exerce também um importante efeito sobre o ecossistema aquático, por afetar de forma drástica os organismos vivos, principalmente os peixes, pelo que deve ser medida sempre com frequência. Devido as bruscas mudanças da pressão atmosférica têm sido registrados casos de mortandade de peixes em lagos e açudes, cujo fenômeno é conhecido na literatura ictiopatólogica por **asfixia telúrica**.

No açude Santo Anastácio, localizado no campus do Pici - CE têm sido observado casos súbitos de mortandade de peixes em épocas que antecedem períodos de mudanças climáticas repentinas, que se suspeita ser esta a causa principal.

2.2 Morfometria e morfologia de lagos e açudes

O estudo limnológico de lagos e açudes exige conhecimentos detalhados sobre sua morfometria, particularmente do relevo do fundo e do contorno de sua bacia de drenagem. Análises da profundidade em suas diferentes camadas, bem como os aspectos da periferia são elementos importantes para que sejam conhecidas suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Estes parâmetros são também necessários para se avaliar o índice de erosão, o conteúdo de nutrientes da massa d'água, o balanço calórico, a estabilidade térmica, as condições tróficas e muitos outros componentes estruturais e funcionais do ecossistema, dos quais muito depende o crescimento e desenvolvimento dos organismos aquáticos.

Há um grande número de formas que os lagos e açudes apresentam em relação ao contorno periférico, decorrente de sua origem ou de outras causas, como sejam:

a) **Circular:** aqueles que têm sua linha de contorno em forma de círculo, como os lagos de origem vulcânica.

b) **Elíptica:** aqueles cujo contorno periférico apresenta uma elipse.

c) **Dendrítica:** aqueles cujo contorno periférico se mostra recortado e com muitas reentrâncias, como são os lagos alpinos. Um exemplo muito característico desta forma é o açude Araras, em Varjota, CE.

Mapas hidrográficos de açudes não trazem de imediato suficientes detalhes de interesse do limnologista, porque está sempre havendo uma mudança em suas características, não só no que diz respeito à linha de contorno (shoreline) como do relevo do fundo, cujos dados devem ser periodicamente revisados. Desta maneira é essencial que o limnologista tenha conhecimento das características morfométricas e morfológicas de lagos e açudes, devidamente atualizadas.

2.3 Propriedades físicas da água

a) Temperatura

Sob o ponto de vista limnológico a temperatura é o mais importante fator na formação do ecossistema aquático, por influenciar na natureza *hidrofísica* - **densidade, viscosidade, calor específico, tensão superficial**, *hidromecânica* - **correntes, movimentos, ondas**; e *hidrobiológica* - **distribuição, periodicidade, alimentação, assimilação, respiração, crescimento e reprodução** de todos os seus componentes.

A maioria dos seres aquáticos é muito exigente quanto à temperatura da água, enquanto outra parte se mostra sensível às variações que ocorrem, dependendo da forma como eles sejam classificados quanto à temperatura corporal e conhecidos por:

➤ Homeotérmicos

São todos aqueles que mantêm constante a temperatura do corpo, independente da temperatura ambiente. São as aves e os mamíferos;

➤ Pecilotérmicos ou poiquilotérmicos

São todos os seres vivos cuja temperatura corporal varia com a temperatura ambiental, sendo inapropriadamente chamados de animais de sangue frio, como os peixes, répteis, anfíbios, crustáceos, moluscos, etc.. Por sua vez estes organismos podem ser de dois tipos:

- Euritérmicos

São os que toleram uma grande variação da temperatura ambiente, como o *Cyprinodon macularis*, peixe que vive nas fontes quentes da Califórnia, EUA, e que suporta temperatura até de 52°C ; a *Tilapia zilli*, da África, que resiste em águas com temperatura acima de 42°C; a tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, espécie de origem africana e introduzida nos açudes do Nordeste brasileiro, que em condições de laboratório mostrou tolerar variações de 12°C a 40°C.

- Estenotérmicos

São os que se mostram muito exigentes quanto às variações da temperatura, os quais, de acordo com as suas limitações podem ser ainda de dois tipos:

- Estenotérmicos do frio - são aqueles organismos cuja distribuição está limitada às regiões frias e temperadas, como o salmão, a truta, a alga *Hydrurus*, o peixe-gelo do Antártico, *Trematomus bernacchi*, que vive em águas geladas, numa faixa de -2°C a +2°C;e

- Estenotérmicos do calor - são aqueles organismos encontrados em águas tropicais e equatoriais, como os peixes do Nordeste brasileiro.

☞ Os seres aquáticos de uma maneira geral podem sobreviver em intervalos de temperatura de 0°C a 50°C, com raras exceções um pouco abaixo ou um pouco acima, pois essa faixa é compatível com a atividade metabólica normal.

No tocante aos peixes tropicais Souza e outros pesquisadores (1997) determinaram as faixas de tolerância e letais (mortais) ao frio e ao calor da tilápia do Nilo, *O. niloticus* (Fig. 3), as quais correspondem às seguintes situações:

- Temperatura Letal Inferior (TLI), que é a temperatura de morte pelo frio;
- Temperatura Letal Superior (TLS), que é a temperatura de morte pelo calor;
- Temperatura Mínima Efetiva (TME), que é a mais baixa temperatura suportada por um

organismo com vida ativa;

- Temperatura Máxima Efetiva (TMxE), que é a mais alta temperatura compatível com uma vida ativa prolongada;

- Temperatura de Torpor pelo Calor (TTC), que é a temperatura mais alta suportada por um organismo em estado de latência;

- Temperatura de Torpor pelo Frio (TTF), que é a temperatura mais baixa suportada por um organismo em estado de latência; e

- Temperatura Ótima Preferencial (TOP), que é aquela procurada por um organismo aquático.

☞ A temperatura da água preside importantes funções fisiológicas para plantas e organismos aquáticos, tais como:

- * **Metabolismo** - alta temperatura provoca um aceleração dos processos metabólicos, como a alimentação e a respiração, que se expressa no consumo de oxigênio, numa intensidade de 10% a mais por cada grau de elevação, como também tem sido observado na realização do processo fotossintético. Esta propriedade da temperatura foi estudada pelo cientista holandês - **Jacobus Van't Hoff**, que estabeleceu a lei conhecida pelo seu nome, de seguinte enunciado: **uma elevação da temperatura em 10°C acelera o ritmo da reação dos processos biológicos de 2 a 3 vezes.**

Baseado nesta lei, Hathaway (1927) mostrou que certos peixes de água doce consomem 3 vezes mais alimentos a 20°C do que a 10°C. Segundo o mesmo princípio, uma água tropical de 25°C tem o ritmo dos processos biológicos acelerados 2 ou 3 vezes a mais do que numa água temperada de 15°C.

- * **Reprodução** - tem sido comprovado também a influência da temperatura na reprodução dos organismos aquáticos, principalmente dos peixes, tanto no que diz respeito à ovogênese como na embriogênese. Para ambos os casos há necessidade da absorção de determinado número de calorias, fixo para cada espécie e dentro de uma mesma região ecológica. Esta energia que se faz necessária para a evolução dos gametas e do embrião pode ser estimada pela quantidade de **unidades térmicas acumuladas (UTAs)**, que é a soma do total de graus Celsius da água onde se encontram os reprodutores ou os ovos fertilizados, cuja temperatura é medida de hora em hora, a partir do momento da ovulação e/ou da fecundação do óvulo até a eclosão da larva.

- * **Crescimento** - o crescimento dos organismos aquáticos depende da temperatura da água e é por esta razão que nas regiões tropicais se pode alcançar, facilmente, 2 ou 3 safras por ano, de peixes e camarões criados em viveiros, o que é impossível nas regiões temperadas, haja vista ocorrer durante a época do frio uma completa paralisação do crescimento desses animais.

Para cada espécie se pode determinar o número de **UTAs** necessárias à desova e à eclosão e se sabendo disso, será mais fácil se calcular o tempo exato em que ocorrerão. O período de tempo para se dar

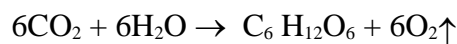
a ovulação e a eclosão das larvas é, portanto, uma função da temperatura, a qual, evidentemente, não poderá ultrapassar os limites de tolerância.

Esta dependência da temperatura na evolução do óvulo e do ovo tem uma grande importância prática na criação de peixes, principalmente no caso da reprodução por métodos artificiais (hipofisacção). À temperatura média de 18,4°C ovos incubados de peixe-rei, gen. *Odonthestes*, completam seu desenvolvimento em 11 dias, enquanto a 15,6°C são necessários 16 dias. Isto mostra, realmente, a importância da temperatura no desenvolvimento do embrião.

Em espécies de peixes do Nordeste brasileiro criadas nas Estações de Piscicultura do DNOCS o mesmo efeito da temperatura tem sido observado, como é o caso da curimatã pacu, *Prochilodus argenteus*, que necessita para a completa formação do embrião e conseqüente eclosão da larva, de 371 UTAs, obtidas em um período de 13 horas, conforme Fontenele (1953).

b) Luz solar

A luz do sol é de vital importância para o metabolismo de qualquer organismo vivo, haja vista a realização do processo fotossintético, através do qual é sintetizada a matéria orgânica, de que derivam, direta ou indiretamente, todos os compostos orgânicos conhecidos. A realização deste processo está na dependência da presença da luz, como fonte de energia e se dá segundo a reação seguinte:



A combinação do gás carbônico com a água para a formação da molécula de glicose se faz mediante o consumo de 674 quilocalorias por cada grama de glicose formada e essa energia é obtida da transformação da energia luminosa em energia química, que é possibilitada pela presença do pigmento verde dos vegetais, chamado **clorofila**.

Vários são os fatores que influenciam na penetração da luz solar na água:

➤ Intensidade da radiação

Determinadas condições ambientais podem reduzir a intensidade da radiação, como o grau de nebulosidade ou de claridade do firmamento, presença de fumaça, poeira, poluição do ar, horas do dia e épocas do ano. Algumas dessas variações são cíclicas e outras ocasionais, provocadas por fenômenos meteorológicos.

➤ Ângulo de contato da luz com a superfície aquática:

Os raios de luz, encontrando a superfície da água em ângulo reto, passam através dela sem causar desvio do seu eixo original. A maior penetração da luz em uma coleção d'água ocorre quando o sol se encontra no zênite. O ângulo de contato da luz com a superfície depende, todavia, das seguintes condições:

- **Latitude:** a qual determina a relação da superfície de um lago quanto a incidência da luz do sol em função de sua posição geográfica;
- **Estação climática:** o ângulo de contato da luz está relacionado intimamente com a posição do sol. Somente nos lagos e açudes situados entre os Trópicos de Capricórnio e de Câncer, se pode dizer que a luz do sol incide quase sempre verticalmente;
- **Horas do dia:** o ângulo de contato da luz com a superfície da água muda constantemente durante o dia, variando de 0° pela manhã e atingindo o máximo de 90° ao meio dia, voltando a declinar de 90° para 0° no período da tarde até o desaparecimento do sol.
- **Substâncias dissolvidas:** sais de cálcio e magnésio, bem como nitratos, amônia, proteínas e outros elementos orgânicos dissolvidos aumentam a absorção da luz
- **Materiais em suspensão:** orgânicos ou inorgânicos, mesmo em partículas finíssimas, materiais em suspensão na água provocam uma diminuição da penetração da luz na água.
- **Gelo na superfície:** constitui uma barreira para a penetração da luz, dependendo entretanto, da espessura da camada e da transparência do gelo.

A absorção da luz pela água na faixa visível do espectro depende do comprimento de onda e ela é total nos primeiros 10 cm da coluna de água, para aqueles raios que excedem a 10.000 Å. Os raios vermelhos são intensamente absorvidos na camada superficial, seguido do alaranjado, amarelo, violeta, verde e azul, nas camadas mais profundas. Essa absorção seletiva é em água pura, porém, sofre modificações nas águas naturais com substâncias dissolvidas e em suspensão.

A visibilidade das águas naturais varia bastante de um açude para outro. Em águas fortemente coloridas ou naquelas carregadas de material em suspensão, como nos rios na época de enchentes, a visibilidade geralmente não ultrapassa uns poucos centímetros. É esse também o caso quando certos tipos de algas verdes ou verde-azuis ocorrem em grandes quantidades. Este fenômeno que é muito freqüente em açudes e viveiros de criação de peixes recentemente adubados, é conhecido na literatura limnológica por **floração da água** ou **waterbloom**. O máximo de visibilidade em águas naturais foi encontrado no Lago Baikal, na Rússia, com 40 metros. No açude Amanari, em Maranguape, Ceará, foram encontrados diferentes valores que variaram de 0,75 a 2,75 m. No Lago Israel Pinheiro, em Brasília, DF, as variações foram de 0,55 a 1,50 m, em 1964. Num mesmo lago ou açude os valores podem variar durante o dia, em decorrência dos fatores que influenciam na penetração da luz, como vimos antes. O conhecimento da visibilidade da água é um índice provisório e comparativo de sua produtividade biológica. Uma grande visibilidade somente poderá ser encontrada em lagos, açudes e viveiros pobres em substâncias dissolvidas e/ou em suspensão, com conseqüente reduzida produção do alimento natural - o plâncton.

O método clássico de determinação da visibilidade na água de um lago, açude ou viveiro de criação de organismos aquáticos é mediante o uso do disco de Secchi, que é mergulhado na água por meio

de uma corda graduada em centímetros e que é levantado quando desaparece da vista do operador, até o exato ponto do limite de observação. A média de duas leituras simultâneas fornecerá o índice de visibilidade da água.

Este instrumento simples e de uso rotineiro nos trabalhos de limnologia foi usado pela primeira vez em 1865, pelo padre jesuíta e cientista italiano Ângelo Secchi, em seus estudos no Mar Mediterrâneo.

Para obtenção de resultados eficientes com o disco de Secchi se deve padronizar o seu uso, procedendo a leitura da visibilidade em dias calmos (sem ventos) e nos horários de 9 horas da manhã e 3 horas da tarde. É preferível que a determinação da visibilidade seja feita no momento em que o sol não esteja encoberto por nuvens, bem como a posição do operador deve ser de modo a não fazer sombra no local onde o disco esteja sendo usado. Em um mesmo local, na mesma hora, dois diferentes operadores podem obter valores da visibilidade que não coincidem, portanto, a determinação deve ser feita sempre pelo mesmo operador.

A água quimicamente pura e isenta de partículas em suspensão reflete uma cor azul. Isto é o resultado da refração da luz pelas moléculas da água. Partículas em suspensão quando presentes na água absorvem a luz refletida pelas moléculas. Por isso é extremamente raro se encontrar nas águas naturais essa cor azul, uma vez que todas elas possuem em suspensão organismos vivos e mortos, bem como material inorgânico diverso.

Normalmente, se pode verificar que a cor da água de um açude ou viveiro varia de um verde-azulado a um azul claro, verde amarelado, amarelo escuro e outras tonalidades. No caso de uma água repleta de *Volvocales*, esta apresenta uma cor esverdeada. Muitos nomes de acidentes hidrográficos, como lagos, rios, mares, etc. são devido à cor que apresentam suas águas, como o Rio Negro, o Mar Vermelho, a Lagoa Azul, etc.

Sob o ponto de vista limnológico nas coleções d'água naturais se distingue dois tipos de cores, como sejam:

- Cor verdadeira: também chamada de cor específica, que é resultante da refração da luz sobre as substâncias dissolvidas na água ou sobre materiais em estado coloidal. As substâncias responsáveis pela cor que a água apresenta, mesmo depois de filtrada ou centrifugada, mais encontradas são: **sulfato ferroso** ou o **óxido de ferro**, que produz uma cor amarelada; **substâncias humíficas**, que dão a água uma tonalidade que pode variar de um amarelo claro a um marrom escuro; **carbonato de cálcio**, responsável pela produção de uma cor esverdeada e outras.

- Cor aparente: que resulta da refração da luz sobre as substâncias em suspensão na água, sejam organismos vivos ou mortos, bem como devido a fatores extrínsecos, como a natureza do fundo do lago ou açude, o aspecto do firmamento, etc, os quais refletem nas águas suas características próprias. A fim de serem eliminadas essas interferências, a amostra d'água deve ser filtrada ou centrifugada, antes de se

proceder a determinação da cor verdadeira, que é a de maior interesse. As principais substâncias responsáveis por essa cor aparente são as proteínas, gorduras, organismos planctônicos, detritos, organismos do seston e colóides.

Dentre os diversos métodos de medição da cor da água, podemos citar o “Comparador dos discos de vidro”, que consiste na comparação da cor da água com padrões de vidros coloridos. A cor de cada um desses padrões corresponde a uma determinada concentração da solução de cloroplatinato de potássio + cloreto de cobalto. É um método usado pelo United States Geological Survey e que oferece bons resultados, não só porque permite rápidas determinações, como devido a facilidade de ser aplicado no campo.

c) Turbidez

Como vimos antes, a cor aparente da água dos lagos e açudes é devida, principalmente, aos materiais em suspensão, enquanto a turbidez é o parâmetro usado pela limnologia para se determinar o grau de opalescência da água produzido por essas partículas. Desta forma, a natureza desse material em suspensão é a responsável pela cor, mas sua concentração é que responde pela turbidez que a água apresenta.

A qualidade do material que pode criar condições para a turbidez da água, quer seja **biótico**, como o plâncton, por exemplo, ou **abiótico**, como húmus, argila, detritos orgânicos, areia, etc., pode ser de dois tipos:

- Alóctono: quando é produzido fora do lago ou açude e é transportado pelas águas de drenagem dos solos; e

- Autóctono: quando se origina dentro do açude, como resultado da erosão de suas margens, do plancton e outros organismos aquáticos mortos, do revolvimento do fundo pelos peixes, como a carpa comum, *Cyprinus carpio*, principalmente, etc.

Todo material responsável pela turbidez não permanece em suspensão durante todo tempo, mas, cedo ou mais tarde, acaba se depositando no fundo do açude. Alguns se depositam muito vagarosamente, enquanto outros são de considerável rapidez. As condições que determinam a velocidade de sedimentação desse material dependem dos seguintes fatores:

- peso específico das partículas;
- tamanho das partículas;
- forma das partículas (relação superfície e volume);
- viscosidade da água.

Elevada turbidez da água de lagos e açudes é responsável pela baixa produção biológica do ecossistema aquático, devido impedir a penetração da luz solar na água, dificultando assim a realização da fotossíntese pelas plantas clorofiladas e a produção e difusão do oxigênio dissolvido. Sob este aspecto,

estudos realizados em açudes com diferentes tipos de águas - claras, semi-turvas e turvas, têm mostrado que a produtividade pesqueira é inversamente proporcional à turbidez, como seja:

- águas claras 181 kg/ha/ano
- águas semi-turvas 105 kg/ha/ano
- águas turvas 33 kg/ha/ano.

Também os materiais inorgânicos em suspensão, como partículas de lama e argila, principalmente, durante o processo de sedimentação, depositam-se sobre o corpo dos organismos aquáticos, como os peixes, afetando-lhes inclusive as trocas gasosas que são realizadas através das guelras e causando-lhes uma doença que na literatura ictiopatólogica é conhecida por **colmatose**, que pode levá-los à morte.

Além desses problemas deve ser levado também em conta o aspecto estético do açude ou lago, que ao apresentarem elevado grau de opalescência, sem vegetação submersa, emersa ou flutuante à mostra, dá idéia de um deserto aquático.

Com vistas a evitar os problemas causados pela turbidez da água, em pequenas coleções, como açudecos, viveiros e tanques, há possibilidade de se remover os materiais em suspensão, sejam orgânicos ou inorgânicos, através de três diferentes métodos, como sejam:

- Filtração especial;
- Ultracentrifugação; e
- Precipitação química.

Este último método tem sido muito usado por aquicultores americanos, sendo recomendado pelo Serviço de Extensão Pesqueira de Arkansas, EUA, mediante o uso de 75 a 120 kg de farelo de semente de algodão (resíduo) + 12 a 25 kg de superfosfato triplo, cuja mistura é lançada na água do viveiro

O método baseia-se no princípio de que a decomposição do farelo de semente de algodão libera íons que fazem precipitar as partículas de argila. O fosfato triplo, que é um fertilizante, concorre para desenvolver o fitoplâncton quando a turbidez estiver reduzida. O fitoplâncton desenvolvido facilitará a remoção das partículas de argila precipitada na coluna d'água. O método deve ser aplicado a cada 10 dias, até que toda água do viveiro fique clara. É preciso ter cuidado com a decomposição do farelo de semente de algodão, porque pode levar o oxigênio dissolvido a níveis críticos.

A unidade padrão de medida da turbidez corresponde a 1 mg/l de sílica, a qual, para aparelhos eletrométricos, como o **Nefelômetro ou Turbidímetro** é igual a uma UNT ou Unidade Nefelométrica de Turbidez.

d) Condutividade elétrica

Ácidos, bases e sais em solução na água são condutores de eletricidade, os quais, dissociados em seus íons são chamados de **eletrólitos**. Como o número de íons depende diretamente da quantidade de

eletrólitos na solução, a condutividade elétrica da água dependerá, diretamente, da concentração de eletrólitos. De acordo com a solubilidade dos eletrólitos na água, eles podem ser de 2 tipos:

- fracos eletrólitos: que se manifestam por uma baixa solubilidade e conseqüente reduzida condutividade elétrica; e
- fortes eletrólitos: que apresentam tanta alta solubilidade como idêntica condutividade elétrica ou condutância específica.

Os eletrólitos estão representados na água de rios, lagos, açudes e outros ambientes aquáticos, quase que exclusivamente, pelas substâncias inorgânicas. Também certos compostos orgânicos podem contribuir para a elevação da condutividade elétrica da água e, deste modo, nem sempre os valores desta correspondem totalmente à concentração das substâncias minerais. Águas com alta resistência elétrica, que é o contrário da condutividade elétrica, são pobres em substâncias nutritivas, ou seja, o valor da condutividade elétrica é inversamente proporcional ao da resistência elétrica.

O conhecimento do valor da condutividade elétrica da água, além de fornecer dados sobre a concentração total dos eletrólitos, presta também uma valiosa informação sobre os processos bioquímicos que se desenvolvem no meio aquático, sendo portanto um parâmetro de grande importância para o estudo limnológico do ecossistema. Diversas causas ambientais são responsáveis pelas variações da condutividade elétrica da água, como sejam:

- Variação diurna: devido principalmente a realização do processo fotossintético pelas plantas clorofiladas, que resulta na produção da matéria orgânica.
- Variação estacional: que ocorre em muitos lagos e açudes, dependendo de suas características químicas, cuja concentração de eletrólitos na água oscila com as estações do ano.
- Variação vertical: processos químicos e biológicos causam um notável efeito sobre a distribuição dos eletrólitos na água de lagos e açudes, que podem resultar em camadas estratificadas ou em uma uniformidade em todas as profundidades.

O conhecimento do valor da condutividade elétrica da água é de grande importância para a biota aquática, haja vista permitir o controle da qualidade da água com diferentes propósitos, tais como:

Valores acima de 60 μmho (micromhos) são considerados bons para a criação intensiva e semi-intensiva de peixes, todavia, valores médios entre 120 a 500 μmho são os mais desejáveis. Quando a condutância específica da água excede a 1.000 μmho ocorrem condições prejudiciais para os peixes, plâncton, moluscos, crustáceos e larvas de muitos insetos.

Também o conhecimento da condutância específica da água é imprescindível para a aplicação de cal ou calcário nos processos de calagem de viveiros para correção do pH da água, bem como nos trabalhos de fertilização com adubo orgânico e inorgânico. Os valores da condutividade elétrica devem ser controlados durante a aplicação desses dois métodos de melhoria da qualidade da água destinada à

criação de peixes em viveiros, visto que as reações bioquímicas que se sucedem a partir daquele momento podem causar sérios problemas à biota aquática.

O conhecimento dos valores da condutância específica da água de lagos e açudes permite que seja estimado o índice de poluição da água, evitando-se assim o agravamento dessa situação através de procedimentos técnicos adequados.

Estimativa da produtividade biológica pelo MEI - Este importante parâmetro limnológico permite que seja estimado o potencial pesqueiro de ecossistemas aquáticos, através do método desenvolvido por Henderson e Welcomme (1976) em lagos africanos e que tem hoje uma larga aplicação universal. O MEI, **morphoedaphic index**, ou seja, índice morfoedáfico, diz respeito ao valor da condutividade elétrica da água do lago ou açude dividido pela sua profundidade média.

Determinação da condutividade elétrica da água - é feita por intermédio de um aparelho chamado **medidor de condutância da água** ou somente **condutivímetro**. Há condutivímetros portáteis digitais, muito eficientes, utilizados para trabalhos no campo.

A quantidade de eletrólitos presentes na água é calculada pela célula de condutividade, que é a distância de 1cm entre os dois eletrodos, expressa pela resistência do líquido à passagem da corrente elétrica durante um período de tempo de 1 segundo em uma temperatura uniforme.

A unidade de medida da condutividade elétrica é o micromho, de símbolo **µmho**. Atualmente, há uma tendência para se uniformizar a unidade desse parâmetro em trabalhos limnológicos, mediante o uso do micro Siemens, de símbolo **µS/cm**. A unidade em microSiemens apresenta a vantagem de permitir uma rápida conversão desse parâmetro nos componentes iônicos da água, em mg/l, como salinidade, Na, K, Mg, Ca, CO₃, SO₄, Cl. A condutividade elétrica varia muito com a temperatura, de modo que esta deve ser sempre levada em consideração durante o procedimento da análise, tendo-se assim o cuidado de se ajustar o condutivímetro à temperatura da água no momento da determinação.

e) pH

pH é o símbolo para a grandeza físico-química '*potencial hidrogeniônico*'. Essa grandeza indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. Com mais precisão se pode dizer que o pH é o símbolo que expressa o logaritmo negativo da concentração dos íons de hidrogênio.

Os valores de **pH** abaixo de **7** indicam um meio **ácido**, enquanto os acima de 7 expressam um meio **alcalino**, cuja escala de valores varia de 1 a 14.

O controle do pH da água de um viveiro de criação de peixe ou de camarão é de vital importância para se conseguir uma boa produção. Em países onde existem problemas com a acidez ou alcalinidade do solo e da água, este controle deve ser feito, cuidadosamente, para se garantir o crescimento e/ou

reprodução desses organismos. Tanto para os peixes como camarões os valores entre 6,5 e 9,0 são os mais favoráveis para o desenvolvimento desses organismos.

A cal é o melhor elemento para se manter o valor do pH de uma água próximo à neutralidade, quando esta é de características ácidas.

A ação tóxica do pH nos peixes se caracteriza pela precipitação de um muco sobre as brânquias, produzido como forma de defesa mas que causa a morte por sufocação, devido impedir a absorção do oxigênio dissolvido e por precipitação de proteínas dentro das células epiteliais. Não está ainda comprovado, cientificamente, se a temperatura e a dureza da água concorrem para o aumento da toxidez do pH, o que parece provável.

Segundo Kleerekoper (1944), uma variação brusca do pH da água durante o dia afeta o pH do sangue dos animais e do suco celular dos vegetais, provocando-lhes a morte.

O efeito dos diferentes valores do pH da água sobre os organismos aquáticos, pode ser visto abaixo:

Faixa de 3,0 a 3,5 - É indesejável para qualquer tipo de peixe, que não sobrevive além de poucas horas, embora certas plantas e invertebrados aquáticos possam ser encontrados em águas de um pH até inferior a essa faixa.

Faixa de 3,6 a 4,0 - É letal para quase todos os peixes. Há evidências de que alguns peixes brasileiros, como guarús, piabas, bodós possam sobreviver nesta faixa, principalmente após um período de aclimatização com mudanças suaves.

Faixa de 4,1 a 4,5 - É perigosa à vida dos peixes criados em cativeiro e que não tenham sido previamente aclimatizados, embora a resistência aumente com o tamanho e a idade. A tilápia, o tambaqui, a carpa e o apaiari podem viver nessa faixa, mas não se reproduzem nem crescem.

Faixa de 4,6 a 5,0 - É danosa aos ovos e larvas de muitos peixes, como também aos alevinos e juvenis de tilápia, carpa, tambaqui e de outros peixes, quando expostos por muito tempo nesta faixa.

Faixa de 5,1 a 6,0 - Não causa problemas à maioria das espécies criadas em cativeiro, a não ser que a concentração de CO₂ livre seja superior a 20mg/L, ou que a água contenha sais de ferro que podem ser precipitados como hidróxido férrico, que se mostra tóxico.

Faixa de 6,1 a 6,5 - Não é perigosa para os peixes ao menos que a concentração de CO₂ livre não exceda de 100 mg/L.

Faixa de 6,6 a 9,0 - Desejável para todos os peixes e organismos aquáticos criados em cativeiro, com garantia de um bom crescimento e boa produtividade, a não ser que substâncias tóxicas dissolvidas na água, principalmente de natureza metabólica, como amônia, nitritos e outras, venham inibir esse crescimento.

Faixa de 9,1 a 95 - Pode comprometer algumas espécies de peixes brasileiros, como a pescada do

Piauí, principalmente, se permanecerem nessa faixa por bastante tempo.

Faixa de 9,6 a 11,0- Danosa para a grande maioria dos peixes e crustáceos criados em cativeiro.

Faixa de 11,1 a 12,0- Letal para todas as espécies de peixes, em qualquer fase de vida, como ovo, larva, alevinos, juvenil e adulto. Também para crustáceos e outros organismos aquáticos nas mesmas condições.

Faixa de 12,1 a 14,0- Ambiente aquático sem vida aparente.

☞ É essencialmente valioso para o aquicultor conhecer as variações do pH na água, durante as 24 horas do dia, desde que serve de testemunha das mudanças químicas que ocorrem no ambiente aquático. Esta variação pode ir de um mínimo de 6.5 até um máximo de 9.5, em função da atividade fotossintética, desde que o fitoplâncton e macrófitas aquáticas utilizam o CO₂ livre, fazendo com que ele suba nas horas de maior insolação e baixe durante a noite. Já em lagos e açudes essa variação é muito maior e pode ir de menos 3,0 até 11,0.

Método de determinação:

O pH pode ser medido usando-se papéis indicadores de pH ou kits colorimétricos com o uso de indicadores em gotas ou, de forma mais precisa, com aparelhos eletrônicos de maior precisão (pHmetros).

UNIDADE III – PROPRIEDADES QUÍMICAS DA ÁGUA.

3.1 Gases dissolvidos

3.1.1 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio é um elemento indispensável às funções vitais de todos os organismos aeróbicos e se encontra dissolvido na água em quantidades variáveis, quase sempre em concentrações superiores aos demais gases. Faz-se conveniente esclarecer que o oxigênio dissolvido na água de um rio, açude, lago ou lagoa, não é oriundo da molécula da água (H₂O), como pensam muitos estudantes, mas de outras fontes.

➤ Fontes de produção:

- Diretamente da atmosfera - o oxigênio pode se dissolver na água pela ação mecânica dos ventos e das correntes;

- Ação fotossintética - o oxigênio dissolvido encontrado na água de rios, lagos, açudes e outras coleções d'água pode também ocorrer da ação fotossintética das algas clorofiladas e macrófitas aquáticas, como resultado da síntese da matéria orgânica, que pode ser vista na reação química abaixo:



Esta fonte de produção do oxigênio contribui de maneira notável para a oxigenação da água, sendo a luz indispensável para a realização deste processo. Desta maneira, o oxigênio só é produzido em quantidades satisfatórias durante as horas do dia e até onde a luz penetra na água.

➤ Dinâmica do oxigênio dissolvido:

Os viveiros dentro de uma piscicultura apresentam parâmetros de qualidade de água próprios, notadamente no que diz respeito ao grau de oxigenação do sistema. Esta individualidade quanto ao oxigênio dissolvido resulta, principalmente, das diferenças entre viveiros quanto:

- ✓ Abundância de fitoplâncton;
- ✓ Quantidade e qualidade da ração aplicada (aporte de resíduos orgânicos);
- ✓ Sistema de produção empregado;
- ✓ Grau de renovação da água;
- ✓ Disponibilidade de aeração;
- ✓ Condições climáticas;
- ✓ Outras variáveis.

Em viveiros de baixa renovação de água, o fitoplâncton é o principal produtor e consumidor de oxigênio. Através da fotossíntese o fitoplâncton produz 50 a 95% do O₂ e, através da respiração, consome 50 a 80% do O₂.

Muitos gases podem se misturar na água, como o CO_2 , CH_4 , NH_3 , H_2S e outros, os quais, sob determinadas condições e para a formação de outros compostos, utilizam o oxigênio dissolvido do ambiente aquático, provocando assim a sua depleção.

Está comprovado que a água de rios, lagoas e açudes rica em sais de ferro faz com que este elemento químico responda também pela depleção do oxigênio dissolvido, haja vista a oxidação dos compostos solúveis de ferro, com a consequente formação de hidróxido férrico insolúvel - $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

➤ **Efeitos da falta de oxigênio:**

Quando o nível de oxigênio dissolvido na água atinge uma situação crítica, certos incidentes podem ocorrer com os peixes, tais como:

- Branquiotropismo - faltando oxigênio dissolvido na água de um lago ou açude os peixes são induzidos a procurar outros locais de melhores condições, podendo ocorrer migrações, tanto no sentido horizontal como vertical. Um exemplo típico se dá com o salmão, que no verão migra para as águas mais frias, onde existe maior concentração de oxigênio dissolvido.

- Enfermidades - a falta de oxigênio reduz a resistência orgânica dos peixes e de outros animais aquáticos, os quais podem se tornar vítimas da ação de bactérias, vírus e parasitas patogênicos.

- Morte por asfixia (anoxia ou hipoxia) - faltando por completo o oxigênio dissolvido ou abaixo do nível exigido para cada espécie, o peixe não encontrando condições para migrar pode morrer por asfixia. Isto é o que ocorre com mais frequência nos viveiros de criação intensiva de peixes e camarões.

3.1.2 Dióxido de carbono livre.

A importância do dióxido de carbono (CO_2) como responsável pela formação biogenética do ecossistema aquático se deve à presença do átomo de carbono em sua molécula. O carbono é um dos mais versáteis elementos químicos, em face de possuir 4 elétrons, o que lhe dá a capacidade de formar um fabuloso número de compostos, alguns de extrema complexidade. As numerosas e variadas funções do CO_2 na água são causadas pela elevada solubilidade desse gás, o qual se mostra mais solúvel do que o oxigênio. Embora o ar contenha cerca de 700 vezes mais oxigênio que dióxido de carbono, a proporção na água é mais ou menos igual, ou seja, 5,0 mg/l de CO_2 para 8,0 mg/l de O_2 .

➤ **Fontes de produção:**

Nas águas naturais o CO_2 pode ser originado de várias fontes, tais como:

- Diretamente do ar - no ar atmosférico o CO_2 se encontra em pequenas quantidades, mas próximo às áreas localizadas em centros industriais ou em regiões sujeitas a erupções vulcânicas, esta quantidade pode ser muito maior.

- Drenagem dos solos - a água que corre sobre o solo, seja da chuva ou de outras fontes adquire

considerável quantidade desse gás proveniente da matéria orgânica existente a céu aberto, a qual sendo drenada para dentro de açudes, viveiros e outras coleções lânticas ou lóaticas concorre para o aumento da concentração do CO₂ livre dissolvido.

- Decomposição da matéria orgânica - substâncias orgânicas dissolvidas ou em suspensão na água de rios, lagos e açudes podem elevar a concentração de CO₂ para valores acima do normal. Mesmo em locais de pouca profundidade uma pequena elevação é capaz de tornar o ambiente impróprio à vida dos organismos aquáticos.

- Respiração animal e vegetal - processos respiratórios contínuos dos organismos aquáticos são responsáveis pelo aumento do CO₂ na água. Obviamente, quantidades desse gás em maior ou menor concentração se devem à magnitude da flora e fauna aquáticas, do tamanho relativo dos organismos vivos e da intensidade da respiração.

Considerando que o CO₂ livre é um gás extremamente necessário ao meio aquático, as causas pelas quais pode desaparecer, total ou parcialmente, devem ser cuidadosamente analisadas, haja vista as seguintes condições:

- Processo fotossintético - o dióxido de carbono livre pode desaparecer da água em virtude do consumo pela fotossíntese, sob diversas condições, tais como, quantidade exagerada de seres clorofilados, como macrófitas aquáticas e fitoplâncton, duração do efeito da luz do dia, transparência da água; e época do ano.

- Formação de calcário - diversos seres aquáticos necessitam de carbonatos de cálcio e magnésio para a formação de suas carapaças (exoesqueleto), como alguns tipos de algas, moluscos, crustáceos e insetos. O desenvolvimento destes organismos na água está relacionado com a formação de carbonatos insolúveis, a partir do CO₂ livre presente. Os carbonatos eventualmente precipitam no fundo do açude e, dependendo das circunstâncias, podem ser colocados fora de circulação.

- Agitação da água - sob certas condições a agitação da água provoca uma libertação do CO₂ livre e do CO₂ semi-fixo, com a conseqüente precipitação de CaCO₃. A agitação é um efetivo método para eliminar o CO₂ livre da água. Isto explica a razão da água da superfície dos lagos, açudes e viveiros de criação de organismos aquáticos conter sempre menor quantidade de CO₂ livre do que nas camadas mais profundas.

- Evaporação da água - águas contendo bicarbonatos perdem CO₂ livre, com conseqüente precipitação dos monocarbonatos provocada pela evaporação. Esta causa de eliminação deste gás é maior em açudes rasos de grande área de superfície, onde a evaporação ocorre com maior intensidade.

- Alteração da pressão interna do CO₂ livre – o dióxido de carbono livre depositado no fundo do lago, açude ou viveiro e formado às custas da decomposição da matéria orgânica pode subir até a

superfície, na forma de bolhas de grande volume, quando a pressão interna do gás excede à pressão externa, desprendendo-se da água.

➤ **Agressividade do CO₂ livre**

A ausência de metais, principalmente cálcio e magnésio na água, faz com que o excesso de CO₂ permaneça livre no meio aquático. Possuindo um forte poder dissolvente, o CO₂ livre, nestas condições, toma o nome de **CO₂ agressivo**, pois ataca as rochas, minérios, redes de encanamento de ferro galvanizado, materiais de construção (concreto, ferrocimento) etc.

Quando os materiais dissolvidos são tóxicos, a água põe em perigo a saúde dos consumidores. Frequentes casos de intoxicação pelo chumbo foram observados quando esse metal era usado na fabricação de canos destinados ao abastecimento público. Nas Estações de Piscicultura do DNOCS construídas nas décadas de 1940 e 1950, todas as tubulações de ferro galvanizado foram substituídas por canos de PVC, para evitar problemas com a criação de peixes, já que estava sempre a ocorrer frequentes mortandades de larvas e alevinos de muitas das espécies criadas em cativeiro.

Na prática da aquicultura é necessário muitas vezes se proceder a remoção do CO₂ livre da água, principalmente em tanques e viveiros onde estão sendo criados ou mantidos, provisoriamente, peixes, camarões e outros organismos, visto que elevadas concentrações deste gás podem causar a morte dos mesmos.

Há dois procedimentos técnicos para a remoção deste gás na água;

- Processo de agitação da água: é a forma mais usual, que consiste na agitação da água, seja por meio de um agitador mecânico, ou pela penetração de água através do cano de abastecimento ou de uma torneira. Muitas vezes este procedimento é realizado simultaneamente, quando se deseja melhorar as condições de oxigenação da água.

- Processo químico: a remoção do CO₂ livre da água pode ser feita também mediante aplicação de hidróxido de cálcio (CaOH₂), ou de óxido de cálcio, também conhecido por cal virgem (OCa). Para o CaOH₂ se deve aplicar na água 0,84 mg/l para remover 1 mg/l de CO₂. Entretanto, menos óxido de cálcio se faz necessário, como seja, 0,64 mg/l para remover 1 mg/l de CO₂.

3.1.3 Amônia

A amônia é um gás de grande solubilidade na água e encontrada em quase todos os ambientes aquáticos. Nos países temperados e frios, principalmente durante o inverno, consideráveis quantidades desse gás podem ocorrer na água de lagos e viveiros de criação de organismos aquáticos, desde que se trata de um produto do metabolismo animal e da decomposição da matéria orgânica.

➤ **Principais causas de ocorrência da amônia na água**

- Metabolismo dos organismos vivos - todos os seres vivos, principalmente os peixes, produzem amônia como resultado do metabolismo orgânico, a qual é excretada através da urina e das fezes.

- Decomposição da matéria orgânica – a amônia é também um produto da decomposição dos compostos orgânicos nitrogenados, principalmente das proteínas. Grandes concentrações de amônia são encontradas na água de lagos e açudes, após a morte do fitoplâncton e da vegetação aquática. Também em viveiros de criação intensiva de peixes e camarões isto pode ocorrer com frequência quando o alimento fornecido (ração artificial) não é totalmente consumido pelos organismos cultivados. A matéria orgânica transportada pelas águas de lavagem dos solos constitui igualmente uma das principais causas de ocorrência desse gás.

- Bactérias desnitrificantes - certos tipos de bactérias chamadas desnitrificantes (gen. *Nitrobacter*) têm a propriedade de se desenvolverem em condições anaeróbias e reduzem nitratos em nitritos e, conseqüentemente, nitritos em amônia.

- Ação redutora do H₂S ou do H nascente - tanto o gás sulfídrico (H₂S) como o hidrogênio nascente (H) são poderosos agentes redutores, os quais podem reduzir os nitratos em nitritos e estes em amônia.

➤ Ictiotoxidade da amônia

O efeito tóxico da amônia em plantas e animais aquáticos pode ser evidenciado na prática aquícola, principalmente em viveiros de criação intensiva com alta densidade de estocagem. Para os peixes, mesmo pequenas quantidades de amônia produzem efeitos fatais, desde que eles perdem a capacidade de absorver o oxigênio dissolvido.

Os efeitos deletérios da amônia sobre os peixes estão relacionados com o valor do pH e com a temperatura da água, entretanto, segundo estudos recentes é a molécula não ionizável da amônia a responsável pela sua ictiotoxidade ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4 + \text{OH}$). Quando o pH aumenta, a fração não ionizável do gás na água também aumenta. A temperatura também causa um aumento na relação entre as moléculas não-ionizáveis (NH₃) e ionizável (NH₄), mas o seu efeito é menor do que o do pH.

Os peixes não parecem reconhecer a presença da amônia na água, em face de ser um gás inodoro, e morrem sem manifestar qualquer reação de se afastarem da zona de contaminação. Fisiologicamente, a amônia faz aumentar o consumo de oxigênio nos tecidos, provoca dilaceramento das guelras e reduz a capacidade do sangue de transportar o oxigênio.

Torna-se difícil avaliar as concentrações de amônia não-ionizável, diariamente, em um viveiro de criação de peixes, devido às alterações do pH durante as 24 horas do dia, entretanto, altas concentrações são admitidas ocorrer em viveiros de peixes alimentados com elevadas taxas de arraçoamento.

A toxidade da amônia é frequentemente manifestada pela redução da curva de crescimento dos organismos cultivados, bem como pela taxa de sobrevivência.

3.1.4 Gás Sulfídrico

Em condições anaeróbias o gás sulfídrico (H_2S) pode se formar nos ecossistemas aquáticos, mas somente onde existem substâncias sulfurosas, como os sulfatos (SO_4), principalmente oriundos da própria água ou da matéria orgânica em decomposição. A presença deste gás na água pode ser evidenciada pelo odor fétido bem característico, embora na maioria das vezes a análise química mostre resultados negativos.

➤ Principais causas de ocorrência do gás sulfídrico

- Decomposição da matéria orgânica - a matéria orgânica dissolvida rica em sulfatos ou substâncias sulfurosas, é condição para a formação do gás sulfídrico, desde que se trata de um produto resultante de sua decomposição, na ausência de oxigênio no meio aquático.
- Ação das bactérias sulfurosas - certas bactérias podem produzir gás sulfídrico por redução dos sulfatos, em completa ausência de oxigênio.

➤ Ictiotoxidade do gás sulfídrico

Este gás se mostra bastante tóxico para os organismos aquáticos de uma maneira geral, podendo pequenas concentrações causar a morte de muitos deles. De acordo com o *US Bureau of Fisheries*, o limite máximo permissível é de 0,4 mg/l. Peixes marinhos são mais sensíveis a ação desse gás do que os de água doce.

3.1.5 Metano

É um gás conhecido também como gás dos pântanos, de fraco odor. É encontrado às vezes em quantidades apreciáveis nas águas estagnadas, ricas de matéria orgânica em decomposição. Antigamente esse gás era usado na iluminação pública por ser bastante inflamável, sendo canalizado e acumulado em pequenos gasômetros.

➤ Principais causas de ocorrência do gás metano

A degradação da matéria orgânica pode ser considerada como a principal causa de produção desse gás. A ausência do oxigênio dissolvido na água favorece o seu aparecimento, já que ele necessita de condições anaeróbias para ser formado.

3.2 Substâncias inorgânicas dissolvidas

Todas as substâncias inorgânicas que se encontram sobre a crosta terrestre, praticamente podem se

dissolver na água, daí ela ser considerada o solvente universal. A quantidade dessas substâncias na água varia de acordo com as características geológicas da bacia de drenagem de lagos, rios e açudes. Regiões pobres em sais minerais têm, por conseguinte, águas também pobres em substâncias inorgânicas.

➤ Principais elementos inorgânicos

Os principais elementos inorgânicos dissolvidos na água de açudes, lagos, rios, riachos, viveiros etc. que mais interessam à aquicultura, são:

- Carbono: elemento básico dos compostos orgânicos, está presente na forma de carbonatos (CO_3) e bicarbonatos (HCO_3) e os seus valores não devem ultrapassar a faixa de 30 e 80 mg/l, respectivamente.

- Nitrogênio: componente dos aminoácidos e derivados, se apresenta sob a forma de nitratos (NO_3), cuja concentração não deve exceder de 10 mg/l, enquanto na forma de nitritos (NO_2) está presente nas águas poluídas, mas, para fins de aquicultura, não deve ultrapassar de 1,0 mg/l.

- Fósforo: é de grande importância para a assimilação fotossintética das algas e vegetais de um modo geral. Sob a forma de fosfatos (PO_4) não deve ultrapassar o limite de 0,025 mg/l.

- Cálcio: é um elemento imprescindível à vida, principalmente para a formação do esqueleto dos animais aquáticos. Para a aquicultura são aceitos valores de 10,0 a 12,0 mg/l em Ca.

- Magnésio: sendo indispensável ao metabolismo dos vegetais, tomando parte na formação da molécula da clorofila, sua concentração não deve ser superior ao do cálcio.

- Ferro: por exercer importante ação catalizadora no processo fotossintético das plantas clorofiladas, bem como no pigmento hemoglobínico do sangue dos animais, sob a forma de ferro total (Fe^{++} e Fe^{+++}), o seu limite admissível é de 0,3 mg/l.

- Cloro: sendo de grande importância para a fisiologia dos organismos vivos no que diz respeito ao seu valor osmótico, na forma de cloretos (Cl) não deve ultrapassar o limite de 200 mg/l.

- Enxofre: por tomar parte na composição da proteína, sob a forma de sulfato (SO_4) o seu limite na água é de 150 mg/l.

- Sílica: sendo necessário para a formação da carapaça das algas diatomáceas e de outros organismos aquáticos, sob a forma de silicato (SiO_3) a água não deve conter mais de 10,0 mg/l.

- Sódio: é necessário para o crescimento e desenvolvimento das plantas aquáticas, exercendo também importante função na osmorregulação e as águas para a aquicultura não devem conter mais de 30 mg/l em Na.

- Manganês: é importante para o desenvolvimento de muitas espécies de algas de águas doces, como a *Chlorella* e a *Cryptomonas*, por ser ativador do sistema enzimático, mas, para a aquicultura sua concentração não deve ser superior a 0,5 mg/l em Mn.

- **Cobre:** é um elemento de grande importância na ecologia aquática, sendo um componente da hemocianina dos cefalópodos. Combinado com o enxofre se torna um poderoso algicida e sua concentração na água, sob a forma de Cu^{++} não deve exceder de 0,5 mg/l.

- **Cobalto:** é necessário para a síntese da Vitamina B12, tendo uma ação idêntica a do magnésio na clorofila e do ferro no sangue, prevenindo os animais aquáticos da anemia. Está também envolvido no metabolismo do carbono. Sua concentração não deve exceder a 0,2 mg/l de Co.

- **Zinco:** é um elemento essencial para a função e estrutura da insulina, cuja concentração acima de 0,18 mg/l pode causar problemas nos organismos aquáticos, como o zooplâncton e os peixes.

Dependendo ainda da natureza geológica, em muitas águas são encontrados outros elementos inorgânicos, como o selênio, cuja concentração não deve ultrapassar de 0,01 mg/l em Se; o alumínio, de 0,1 mg/l em Al; o lítio₂, de 2,5 mg/l em Li₂; o flúor, de 1,4 mg/l em F.

➤ **Metais pesados**

Outros elementos inorgânicos que constituem o grupo dos metais pesados também podem estar presentes nas águas naturais, cujas concentrações admissíveis para a utilização na aquicultura não devem ultrapassar os seguintes limites:

Mercúrio: é de princípio altamente prejudicial à vida aquática e em regiões de garimpo para a produção de ouro, ocorre nas águas em elevadas concentrações, não devendo todavia ultrapassar de 0,002 mg/l em Hg.

- **Níquel:** não é tão prejudicial à vida aquática como o mercúrio, se admitindo uma concentração de até 0,025 mg/l.

- **Estanho:** não deve estar presente na água com valores acima de 2,0 mg/l em Sn, para que possa ser utilizado na aquicultura.

- **Chumbo:** pode por em perigo a vida aquática numa concentração acima de 0,05 mg/l em Pb.

- **Cádmio:** com concentração acima de 0,01 mg/l em Cd, pode inibir o desenvolvimento dos organismos aquáticos ou até mesmo causar-lhes a morte.

- **Cromo:** está envolvido na formação do colágeno e no metabolismo da glicose, cuja concentração na água utilizada para a criação de organismos aquáticos não deve exceder de 0,5 mg/l do Cr trivalente e de 0,05 mg/l do Cr hexavalente.

➤ **Clorinidade/Salinidade**

Por **clorinidade** se entende a quantidade de íons cloretos presentes na água doce, além de outros halógenos, como brometos, iodetos e fluoretos, que no entanto se encontram em diminutas proporções. Já

por **salinidade** se entende a concentração total dos seus componentes iônicos, que na água do mar é relativamente constante, com os cloretos predominando em cerca de 55% da sua composição, seguido do sódio (30%), dos sulfatos (8%) e de outros em menores proporções. Na água doce os cloretos contribuem com pouco mais de 5%, sendo em maiores quantidades os carbonatos (35%), o cálcio (20%), os sulfatos (12%), os silicatos (11%), o sódio (5%), o magnésio (3%) seguido de outros em menores proporções.

Esta característica da natureza química da água é que serve para diferenciar a água doce da água marinha.

➤ **Causas de ocorrência dos cloretos na água**

- Dissolução das rochas magmáticas - as bacias de drenagem a lixiviação provoca a dissolução dos minerais que as constituem, principalmente das rochas de sal-gema, ricas de cloretos, os quais são transportados para os rios, lagos e açudes.

- Precipitação dos sedimentos atmosféricos - os sedimentos da atmosfera ao se precipitarem são lançados na água pela ação do vento e da chuva, fato que se verifica mais frequentemente nas regiões próximas ao litoral.

- Balanço da evaporação e precipitação - a concentração de íons cloretos nas águas continentais pode aumentar em função do balanço da evaporação e da precipitação pluvial, principalmente quando aquela for maior do que as chuvas ocorrentes na região.

- Infiltração da água do mar - a contaminação do lençol freático pela água do mar pode causar um aumento da concentração de cloretos na água de rios, lagos e açudes.

Quanto à clorinidade e/ou salinidade os ecossistemas aquáticos têm sido classificados como **marinhos**, cuja faixa de variação da salinidade vai de 33 a 38‰, **estuarinos** entre 12 a 30‰ e de **águas doces**, de 0,30 a 10‰.

➤ **Sílica**

A sílica é um dos elementos inorgânicos mais encontrados nos ecossistemas aquáticos, tanto de águas doces como marinhos. Cerca de 60% das rochas que formam a crosta terrestre são dióxido de silício (SiO_2), o que comprova sua presença nas águas naturais. A sílica se apresenta nas formas de silicatos inorgânicos e orgânicos, bem como coloidal e particulada, em suspensão e dissolvida. Águas subterrâneas são também ricas desse mineral.

➤ **Causas de ocorrência**

As principais causas de ocorrência da sílica na água de açudes, lagos e rios, são:

- Dissolução de rochas - as águas de chuva e outras que correm sobre o solo transportam esse

elemento devido à dissolução de rochas ricas em silicatos de alumínio, como o feldspato e caolim, sob a ação do CO₂, formando bicarbonatos e dióxido de silício.

- Decomposição biogeoquímica das rochas - Considera-se que a liberação puramente inorgânica dos minérios de sílica, como o feldspato visto acima, seja suplementada por processos biogeoquímicos. Diversos pesquisadores têm concluído que certas diatomáceas bentônicas, como as dos gêneros *Nitzschia* e *Navicula*, possam atacar minerais de silicatos de alumínio e obter a sílica diretamente deles. Também crisomônadas e heliozoários utilizam a sílica para a construção dos seus esqueletos por este mesmo processo.

3.3 Substâncias orgânicas presentes na água

As águas naturais não contêm somente os elementos de dissolução das rochas e os gases da atmosfera, mas também as substâncias orgânicas do solo e os produtos resultantes do metabolismo dos organismos aquáticos vivos e da decomposição dos mortos, as quais se apresentam dissolvidas ou particuladas. Todas as águas naturais contêm certa quantidade de matéria orgânica e, para que seja completamente pura, é preciso que ela não tenha sido contaminada pelos dejetos humanos, dos animais e vegetais aquáticos, dos resíduos das indústrias, dos esgotos domésticos, o que é quase impossível se encontrar na natureza.

➤ Fontes de matéria orgânicas

As substâncias orgânicas que se encontram na água dos rios, lagos, açudes e outros mananciais são originárias de duas fontes principais:

1- Autóctone

Aquela que é produzida no próprio ambiente aquático e que resulta do metabolismo dos seres vivos, principalmente dos peixes, mamíferos, répteis, aves, moluscos, crustáceos, etc. através dos seus excrementos, como fezes e urina e da decomposição dos organismos mortos, sejam vegetais ou animais.

2 - Alóctone

Aquela que é transportada pelos afluentes e efluentes, pelo vento e pela chuva ou que é lançada na água pelo próprio homem, como resultado de sua atividade na indústria, na agricultura, pecuária, aquicultura, etc.

➤ Importância da matéria orgânica para os ecossistemas

A matéria orgânica influencia na dinâmica dos ecossistemas aquáticos de várias formas, sendo agente das seguintes funções:

a) desempenha importante papel como agente **fornecedor de energia** para as bactérias e algas cianofíceas, sendo assim imprescindível para a formação da cadeia trófica;

b) atua como agente **interferidor da fotossíntese**, através das alterações qualitativas e

quantitativas da radiação na coluna d'água;

c) age como agente **precipitador de nutrientes** importantes para a produtividade primária, como no caso do cálcio, que na presença de ácidos húmicos se precipita sob a forma de humato de cálcio (ácido húmico + $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{Humato de Cálcio} + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$);

d) funciona como agente **complexador de metais**, notadamente de metais pesados, como o cádmio, zinco, cobre, níquel, chumbo, cobalto, manganês e cromo, os quais, uma vez complexados são arrastados para o sedimento, possibilitando a utilização da água para abastecimento e cultivo de organismos aquáticos;

e) exerce papel fundamental como agente **catalizador do crescimento de certas algas e bactérias**, dado que um dos principais componentes da matéria orgânica são as vitaminas;

f) garante como agente **alimentador** o suplemento alimentar para os diversos animais aquáticos;

g) atua como agente **degradador** dos ambientes aquáticos, provocando problemas de natureza estética, como mau cheiro, sabor desagradável, etc. e

➤ **Demanda Química de oxigênio (DQO)**

A DQO, tem sido empregada para avaliar a carga orgânica em águas superficiais e residuárias passível de ser consumida em oxidações aeróbicas.

Pela quantidade de oxigênio necessária para a oxidação química da matéria orgânica dissolvida na água, na presença de uma substância redutora, no caso, o permanganato de potássio, o dicromato de potássio ou outra qualquer, o valor do oxigênio consumido não deve estar acima de 10,0 mg/l para as águas lânticas utilizadas na criação de organismos aquáticos.

➤ **Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO)**

A DBO é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica degradada pela ação de bactérias, sob condições aeróbicas controladas (período de cinco dias a 20°C – DBO₅). A informação mais importante que esse parâmetro fornece é sobre a fração dos compostos biodegradáveis presentes no efluente; logo, é muito utilizada para avaliar o potencial poluidor de efluentes domésticos e industriais em termos do consumo de oxigênio.

Pela quantidade de oxigênio necessária para a oxidação bioquímica da matéria orgânica, em um determinado espaço de tempo (5 dias) e à temperatura constante (20° C), o valor não deve exceder a 3 mg/l.

3.4 Alcalinidade da água

Este parâmetro se refere à concentração total de bases tituláveis na água, principalmente os íons bicarbonatos (HCO_3^-) e carbonatos (CO_3^{2-}), e em menor concentração a hidroxila (OH^-), sendo os mais abundantes e responsáveis por praticamente toda a alcalinidade nas águas dos ecossistemas aquaculturais.

A alcalinidade total é expressa em equivalentes de CaCO_3 (mg de CaCO_3/L). A alcalinidade total está diretamente ligada à capacidade da água em manter seu equilíbrio ácido-básico (poder tampão da água). Águas com alcalinidade total inferior a $30\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ apresentam reduzido poder tampão e podem apresentar significativas flutuações diárias nos valores de pH em função dos processos fotossintéticos e respiratórios nos sistemas aquaculturais. Quando a alcalinidade total está abaixo do ideal, esta pode ser corrigida com a calagem da água dos viveiros.

A alcalinidade da água dos rios, lagos, açudes e fluidos dos organismos vivos é mantida pelos sais dissolvidos e outras substâncias, os quais conjuntamente constituem o que se denomina de **reserva alcalina**.

Quanto ao aspecto limnológico as águas alcalinas apresentam uma maior produtividade biológica, quando dentro dos parâmetros normais, oferecendo melhores condições para o desenvolvimento dos seres aquáticos, principalmente no cultivo de peixes e camarões em viveiros.

➤ **Método de determinação**

A alcalinidade total é determinada através de um processo titulométrico. Os kits de qualidade de água disponíveis no mercado medem a alcalinidade total com suficiente precisão para fins de produção.

UNIDADE IV – ESTRUTURAS E COMUNIDADES BIOECOLÓGICAS

4.1 Comunidade do plâncton

Em biologia marinha e limnologia chama-se plâncton (da palavra grega *planktos*, que significa errante) o conjunto dos organismos que tem pouco poder de locomoção e vivem livremente na coluna de água.

Na presença de nutrientes adequados e suficientes, os componentes vegetais do plâncton são capazes de transformar a energia luminosa em compostos químicos energéticos através da atividade fotossintética, constituindo assim a unidade básica da produção da matéria orgânica nos ecossistemas aquáticos.

O oxigênio produzido por este processo representa uma parte substancial do que utilizam os organismos aquáticos para a respiração. As zonas de maior riqueza em pesca no mundo são aquelas onde o plâncton é abundante, desde que ele é parte essencial da dieta de muitos peixes, principalmente na fase larval.

➤ Composição do plâncton

O plâncton é geralmente subdividido em:

- **Fitoplâncton** - formado principalmente por algas microscópicas;
- **Zooplâncton** - formado por animais, protozoários, rotíferos, celenterados, artrópodes, dentre outros.

O Zooplâncton pode ser dividido em dois principais grupos:

1. **Holoplâncton** - que é composto por aqueles animais que passam toda a sua vida no plâncton. Exemplo: copépodos.
2. **Meroplâncton** - É o plâncton composto por animais que passam apenas uma fase (geralmente a larval) de sua vida ao sabor das correntes. As larvas podem vir a fazer parte do Nécton (no caso das larvas de peixes) ou do Bentos (como a maioria das larvas meroplanctônicas). Ex. larvas de moluscos.

4.2 Comunidade do benton.

Por **benton** se designa a comunidade de organismos que habitam o fundo dos lagos, açudes, rios e outras coleções d'água, penetrando no substrato ou rastejando sobre ele, isoladamente ou em associação com outros tipos de organismos. Por influência da língua inglesa o termo é também chamado de **bentos**.

O benton apresenta uma grande diversidade de formas zoológicas e se distribui desde as margens do lago ou açude até a parte mais profunda.

Para melhor caracterizar esses organismos em relação ao ambiente onde vivem e para fins de estudo dessa comunidade, o lago ou açude se subdivide em três distintas zonas, como sejam:

- Zona do litoral: corresponde a faixa que se estende desde a margem (shoreline) até os limites da vegetação aquática enraizada e fixa, a qual é formada de areia, cascalho, pedregulho e seixos, que pode ser modificada pela ação da água, dos sedimentos, das plantas e de outros materiais orgânicos;

- Zona do sublitoral: esta zona vai desde o limite da vegetação aquática fixa até onde começa a camada do hipolímnio. É uma zona de características transitórias;

- Zona profunda: é a faixa que corresponde ao fundo do açude onde predomina a camada do hipolímnio e que é constituída de material lamacento de finíssimas partículas.

Uma outra zona pode ainda ser admitida para lagos de grande profundidade, superior a 400 m, chamada de **zona abissal**.

4.3 Comunidade do perifiton.

Por perifiton se entende os organismos aquáticos que se acham firmemente aderidos ao substrato ou que se movem sobre ele, sem no entanto penetrá-lo.

A comunidade do perifiton é constituída de diferentes tipos de organismos que crescem sobre as plantas, troncos e galhos de árvores, restos de madeira, pedras ou quaisquer objetos submersos, bem como nos animais aquáticos: répteis, moluscos, crustáceos, peixes, mamíferos, etc. os quais formam sobre eles um manto de contínua viscosidade. A habilidade desses organismos em aderir a um substrato é uma forma de proteção contra a ação das correntes, ondas, etc. e seu maior ou menor poder de fixação depende da capacidade que têm esses organismos em produzir uma substância gelatinosa.

➤ Composição da biomassa

Vários tipos de organismos constituem a comunidade do perifiton, os quais se desenvolvem nos substratos mais diversos. Dos organismos que compõem a comunidade encontram-se **briozoários**, que vivem aderidos a alga do gen. *Chara*, devido a necessidade de aproveitamento do enxofre que ela contém; **rotíferos**, **protozoários**, **oligoquetas**, **caramujos**, **ostracódios**, **imago de insetos aquáticos**, **ovos de organismos aquáticos (peixes, moluscos, crustáceos, etc.)**, **celenteratos**, **diatomáceas**, **algas filamentosas** e outros.

➤ Importância para o ecossistema

O perifiton constitui uma importante fonte de alimento para muitas espécies de peixes de água doce, como a curimatã comum, a curimatã pacu, o bodó, o piau verdadeiro e outras. Ele serve de alimento para os moluscos, que por sua vez alimentam os peixes, constituindo assim elos importantes da cadeia

alimentar. Desta forma, a riqueza de um açude neste tipo de comunidade biológica é um seguro índice da boa produtividade da água.

4.4 Comunidade do necton.

O termo **necton** da terminologia limnológica é usado para designar a comunidade de organismos aquáticos, principalmente vertebrados, que nadam livremente e possuem eficiência de locomoção capaz de torná-los mais ou menos independentes dos efeitos das correntes e dos movimentos da água. São animais que podem passar a vida inteira no meio aquático ou somente certas fases do ciclo vital.

➤ Composição da biomassa

- Anfíbios

São vertebrados proeminentemente de hábitos aquáticos, embora muitas espécies somente sejam na fase larval (girino). Durante este estágio de vida são herbívoros, dando preferência ao fitoplâncton e perifiton como fonte de alimento. Sob o ponto de vista da criação de peixes em tanques e viveiros, são considerados indesejáveis, devido o grande número que sempre ocorre nesses ambientes e por se transformarem em sérios competidores dos alevinos, tanto no tocante a alimentação como ao espaço. Um dos principais representantes dos anfíbios nectônicos dos açudes pertence aos gêneros *Bufo* e *Hyla*, vulgarmente conhecidos por sapo cururu e perereca, respectivamente.

- Répteis

Nos açudes do Nordeste são encontrados representantes deste grupo, sendo os mais comuns os **ofídios**, das famílias *Colubridae* (cobra-preta, cobra de cipó, cobra-coral, cobra-verde), *Boidae* (cobra de veado, salamanta), *Viperidae* (jararaca, cascavel) e *Elapidae* (cobra coral). Também representantes dos **quelonídeos** (cágados e tartarugas), e **crocodilianos** (jacarés) são componentes nectônicos das águas doces do Nordeste brasileiro.

- Aves

Apesar de muitas espécies possuírem hábitos terrestres, as aves são componentes da fauna euritópica do necton, se destacando entre os diversos tipos que frequentam o ambiente aquáticos os da família *Ardeidae* (garças), *Anatidae* (marrecos e mergulhões), *Bucconidae* (tamatião), *Ciconiiformes* (socó), *Parriidae* (jaçanã), *Coraciiformes* (martim-pescador), *Caradriidae* (tétu), *Peristeridae* (avoante) e outras. A maioria das aves que frequenta o ambiente aquático ou vive nele permanentemente é ictiófaga (que se alimenta de peixe) e algumas são hospedeiras de parasitos de peixes. Grandes colônias de aves que nidificam próximo à água exercem uma marcada influência na sua fertilização, como é o caso da avoante, *Zenaida auriculata*, também conhecida por ave-de-arribação, pomba-de-bando, que procura os

açudes do Nordeste brasileiro para reprodução nos meses de setembro a dezembro de cada ano.

- Mamíferos

O número de mamíferos de água doce é pequeno e nenhum representante deste grupo ocorre nos açudes do Nordeste. Na região amazônica são encontrados o peixe-boi, da ordem dos **Sirênios**, o boto, família *Platanistidae* e a ariranha, da família *Mustelidae*. Na África o hipopótamo, é o representante mais importante.

- Peixes

Embora pouco representativa quando comparada com a das grandes bacias hidrográficas do país, a ictiofauna nativa dos açudes nordestinos apresenta um pequeno número de espécies, cerca de 50, dentre as quais, 10 a 15 são de relativo valor comercial.

Constituem os peixes os mais importantes componentes do necton pelo que representam como fator de alimentação para o homem. Desde 1932 o DNOCS, tem transplantado para a região outras espécies ictíicas, cujo número já se eleva a mais de 40, visando melhorar qualitativa e quantitativamente, a ictiofauna de água doce do Nordeste. Atualmente, os principais componentes dessa biomassa nectônica pertencem às seguintes espécies: curimatã comum, *Prochilodus cearensis*; piau comum, *Leporinus friderici*; tambaqui, *Colossoma macropomum*; curimatã pacu, *Prochilodus argenteus*; cangati, *Trachicorystes galeatus*; traira, *Hoplias malabaricus*; beiru, *Curimatus elegans*; tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*; tilápia do Congo, *Tilapia rendalli*; piranha, *Serrasalmus nattereri*; pirambeba, *Serrasalmus rhombeus*; pirarucu, *Arapaima gigas*; pescada do Piauí, *Plagioscion squamosissimus*; tucunaré comum, *Cichla ocellaris*; tucunaré pinima, *Cichla temensis*; e outras.

- Crustáceos

Um componente muito importante da comunidade do necton dos açudes nordestinos é o camarão, que ao lado do peixe se constitui em uma apreciável fonte econômica e nutricional para a população. Entre os representantes desse grupo citam-se o camarão canela, *Macrobrachium amazonicus*; o camarão sossego, *Macrobrachium jelski*; o pitu, *Macrobrachium carcinus*; e outros crustáceos da família *Palaemonidae*.

UNIDADE V – EUTROFIZAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS.

A eutrofização é um processo de fertilização de ecossistemas aquáticos, pela elevação da quantidade de elementos que, normalmente, são fatores limitantes para o desenvolvimento das algas, como os nutrientes fósforo, nitrogênio e potássio. Trata-se de uma adubação das águas, como realiza o criador de carpas, em seus tanques, adicionando fertilizantes agrícolas (NPK) para aumentar a produção de algas que alimentam os peixes.

A eutrofização pode ocorrer, naturalmente, mas, na maioria das vezes, resulta da atividade do homem, quer doméstica, agrícola ou industrial, sendo muitos os agentes que contribuem para o desencadeamento do processo. De uma maneira geral se pode afirmar que a eutrofização de um ecossistema aquático se caracteriza pela natureza ecológica dos seus efeitos. A poluição é, na verdade, a maior responsável pela eutrofização.

5.1 Características de ambientes eutrofizados.

A eutrofização causa alteração das condições físicas, químicas e biológicas da água, provocada por causas diversas, como a poluição, em detrimento do melhor uso pelo homem, principalmente no que diz respeito à aquicultura. Também dentro deste conceito se deve considerar não somente a água destinada a criação de organismos aquáticos para a produção de alimentos, mas também para outras finalidades, como abastecimento público, doméstico, indústrias, etc.

Um ambiente eutrofizado é aquele que apresenta excesso de energia, resultante da grande concentração de nutrientes, orgânicos e inorgânicos, dissolvidos ou em suspensão em toda massa aquática.

Muitos efeitos ecológicos podem surgir da eutrofização, sendo os três principais impactos a perda de biodiversidade, as alterações na composição das espécies (invasão de outras espécies) e a alteração da qualidade da água.

À medida que a produtividade do fitoplâncton aumenta, a transparência da água diminui, o que provoca uma diminuição na penetração da luz, afetando a comunidade das macrófitas (formas macroscópicas de vegetação aquática) submersas. Deste modo, o desenvolvimento das plantas que se encontram em profundidade para, e a diversidade do habitat diminui, uma vez que deixa de haver refúgios e alimentos para organismos de níveis tróficos superiores.

Além disso, algumas espécies de algas produzem toxinas que contaminam as fontes de água potável.

Quando a grande quantidade de fitoplâncton e os seres que dele se alimentam começam a morrer, a sua decomposição torna aquela massa de água pobre em oxigênio, provocando a morte de peixes e outros animais, levando ainda à formação de gases tóxicos ou de cheiro desagradável. Com a anaerobiose predominam condições redutoras, com compostos e elementos no estado reduzido: o ferro e o manganês encontram-se na forma solúvel, trazendo problemas ao abastecimento de água; o fosfato encontra-se também na forma solúvel, representando uma fonte interna de fósforo para as algas.

Outra consequência é a diminuição da capacidade do poder de reciclar a matéria orgânica, levando à acumulação de detritos e sedimentos. O pH também se altera, passando de neutro a ácido, o que poderá afetar alguns seres vivos.

Todas estas alterações prejudicam não só os ecossistemas, mas também o ser humano, ainda que não tão diretamente. Surgirão problemas ao nível da alimentação, ao nível dos processos de tratamento das águas para a distribuição de água potável, e a proliferação das plantas aquáticas poderá constituir um obstáculo à prática da navegação de lazer e outras atividades semelhantes.

5.2 Agentes responsáveis pela eutrofização

São vários os agentes responsáveis pela eutrofização dos ecossistemas aquáticos, os quais, para melhor compreensão dos seus efeitos, podem ser assim classificados:

- Agentes inorgânicos inertes

São os resíduos de carvão mineral, argila, barro, terra, etc. de áreas agrícolas cultiváveis ou onde ocorre pesada erosão, bem como as águas de lavagem de indústrias de mármore, cascalho, pedreiras e moinhos de pedra carregados para dentro de rios, lagos, açudes e viveiros. Estes elementos, embora sejam quimicamente inertes, no entanto sob o ponto de vista físico, alteram a qualidade da água no tocante a sua visibilidade e turbidez.

Também são considerados agentes eutrofizadores desta natureza, o plâncton morto depositado no fundo, cuja mineralização resulta na liberação de nutrientes inorgânicos, os quais, dependendo da quantidade liberada, podem ser benéficos ou maléficos ao ecossistema aquático.

A camada de material inorgânico sedimentado no fundo do ambiente aquático elimina muitos nichos ecológicos, onde se dá o desenvolvimento de muitas comunidades biológicas, como do benton, perifiton, necton, etc. Outro efeito adverso é a obstrução das guelras dos peixes, que impede a respiração e provoca a morte por asfixia, enfermidade essa conhecida na terminologia ictiopatólogica por **colmatose**.

A turbidez da água causada por material inorgânico inerte não pode ser controlada, pois ela é consequência de uma atividade agrícola ou industrial intensiva. Neste último caso ela pode ser reduzida,

desde que os efluentes, antes de penetrarem no açude, passem por um processo de clarificação da água.

- Agentes químicos tóxicos

Muitos resíduos de indústrias químicas são agentes causadores da eutrofização desses ecossistemas, quando conduzidos através de efluentes para dentro de lagoas e açudes. Os seus efeitos são danosos à vida aquática e em regiões onde existem indústrias de produtos químicos, os rios que recebem os seus dejetos são desprovidos de organismos aquáticos. São inúmeros os casos registrados de morte de rios, lagoas e açudes causada por este tipo de agente eutrofizador.

Os agrotóxicos da agricultura, são, no entanto, os grandes responsáveis pela alteração das condições físicas, químicas e biológicas dos ecossistemas aquáticos, sendo frequentes as notícias veiculadas pela imprensa escrita e falada de nosso país sobre a mortandade de peixes causada por esses agentes químicos.

- Agentes orgânicos oxidáveis

Constituem os agentes mais comuns causadores da eutrofização dos ecossistemas aquáticos do mundo. Os excrementos do homem e dos animais domésticos são utilizados em muitos países como fertilizantes do solo e da água. Quando não utilizados na quantidade adequada, causam problemas ao cultivo, com sérias consequências para a produtividade. Tais agentes podem ser originários dos dejetos de matadouros, fábricas de laticínios, fábricas de celulose (papel), refinarias de açúcar, destilarias de cerveja, fábricas de aguardente e de álcool e outras.

Esta matéria orgânica alóctone que é transportada para dentro de rios, lagos e açudes, ou mesmo resultante da morte dos organismos aquáticos (matéria orgânica autóctone), é decomposta pela ação de bactérias e de fungos, mediante utilização do oxigênio dissolvido, já que se trata de um processo natural de mineralização que ocorre em todos os corpos aquáticos. Entretanto, quando há excessiva quantidade de matéria orgânica que ultrapassa os parâmetros de uma água recomendável para a criação de peixes e de outros animais, isto pode ser desastroso para a vida aquática, devido a total depleção do oxigênio dissolvido. Neste caso, as condições ambientais passam a ser anaeróbias, resultando quase sempre na produção de H_2S (gás sulfídrico).

A quantidade de matéria orgânica dissolvida e o potencial de utilização do oxigênio da água de um açude necessário para oxidá-la, podem ser conhecidos pelas determinações do DQO (Demanda Química do Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica do Oxigênio), respectivamente.

- Agentes físicos

São vários os tipos de agentes físicos que concorrem para alterar a ordem ecológica dos ecossistemas aquáticos. Entre eles podemos citar os seguintes:

- Temperatura: é um dos mais importantes agentes, pois o aumento da temperatura da água

provocado por efluentes de indústrias, hidroelétricas, usinas nucleares e outras fontes, causa problemas no ecossistema quanto ao balanceamento térmico, de tal modo que pode provocar a morte de inúmeros organismos aquáticos, principalmente dos peixes. O aumento da temperatura da água faz com que esses seres exerçam uma maior atividade metabólica, obrigando-os a um maior consumo de oxigênio, ao mesmo tempo em que, por estar a solubilidade desse gás relacionada com a temperatura, pode levar o O₂ dissolvido a uma completa depleção.

Outra influência da elevação da temperatura da água está relacionada com a toxidez de certos compostos, cuja ação tóxica pode aumentar na razão direta do aumento da temperatura. Sabe-se que para cada aumento de 10° C da temperatura da água, há uma duplicação dos efeitos tóxicos, motivo pelo qual ocorrem mais mortandades de peixes no verão do que no inverno.

- Turbidez: este agente físico é responsável pelos efeitos danosos que pode causar ao ecossistema aquático, não só por reduzir a atividade fotossintética dos organismos clorofilados, devido se constituir numa barreira para a penetração dos raios solares, como também pela precipitação de partículas finíssimas causadoras da turbidez sobre a pele, carapaça, brânquias e em outras regiões do corpo de animais e nos vegetais, causando sérios problemas à biota aquática.

- Tensão superficial: detergentes não biodegradáveis quando são levados pelos efluentes para dentro de rios, lagos e açudes, aumentam a permeabilidade da membrana celular e reduzem a força de coesão que existe entre as moléculas da água, causando sérios prejuízos não só aos organismos microscópicos, componentes do **neuston** e do **pleuston**, como também do **necton**, cujos representantes desta comunidade se vêem impedidos de nadarem livremente, como as aves, os peixes, os mamíferos e os répteis. A eutrofização, através desse agente físico pode ser acelerada, pois os organismos que acabam morrendo devido às condições de vida desfavoráveis, ao serem decompostos no processo natural de mineralização da matéria orgânica, irão liberar os mesmos nutrientes responsáveis pelos problemas anteriormente referidos.

➤ **Organismos indicadores da eutrofização**

Os níveis de eutrofização dos ecossistemas aquáticos podem ser estimados pela presença exagerada de certos organismos indicadores. As algas de água doce são boas indicadoras, como a *Euglena*, *Anabaena*, *Anacystis* e outras. Muitos grupos de organismos acabam desaparecendo do ecossistema eutrofizado, enquanto outros se mostram tolerantes e chegam até a se desenvolverem. Um exemplo disto é a macrófita aquática, *Eichhornia crassipis*, vulgarmente conhecida por **orelha-de-onça**, **água-pé**, **baronesa** e outros nomes, a qual tem se desenvolvido, luxuriantemente, no açude Santo Anastácio, localizado no campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará, que é um ecossistema aquático caracteristicamente eutrofizado.

5.3 Recuperação artificial de ecossistemas afetados pela eutrofização.

Quando as condições naturais não são suficientes para uma recuperação do ecossistema eutrofizado, há necessidade de serem tomadas medidas imediatas. A primeira providência para a recuperação de um ecossistema em estado adiantado de eutrofização é eliminar o excesso de energia, através da redução da concentração de nutrientes e de compostos orgânicos, mediante controle dos agentes eutrofizadores em toda a bacia de drenagem.

Atualmente são três os métodos básicos para a recuperação de ecossistemas aquáticos afetados:

- Métodos físicos: **sifonagem** (para a retirada seletiva de massas d'água do fundo com o auxílio de mangueiras), **bombeamento** (para a aeração da água do fundo feita com aparelho especial, através do qual a água do hipolímnio passa por uma bomba e entra em contato com o ar sob pressão, se enriquecendo de oxigênio e sendo reintroduzida no local de onde foi retirada), **dragagem** (para a retirada do sedimento por sucção, mediante o uso de dragas especiais), **extirpação** (para a retirada do excesso de macrófitas aquáticas, que pode ser feita mediante o uso de equipamentos mecânicos ou manualmente), **centrifugação** (para a retirada da biomassa planctônica, através do uso de potentes centrifugadores durante a ocorrência de *waterbloom*, que é uma proliferação excessiva de algas, em grandes volumes de água), **sombreamento** (para reduzir a radiação solar incidente e o conseqüente desenvolvimento do fitoplâncton, sendo viável apenas em pequenos açudes).

- Métodos químicos: **oxidação** (determinados agentes oxidantes, como o permanganato de potássio e outros podem ser usados para a oxidação química do sedimento, reduzindo assim os efeitos da eutrofização do ecossistema aquático), **biocidas** (o emprego de biocidas, como o sulfato de cobre, o oxidocloreto de cobre, o bi-hedonal, o 2,4 D e outros, são eficientes no controle de algas e macrófitas aquáticas que se desenvolvem excessivamente nos ambientes afetados), **floculação** (matérias inorgânicas e orgânicas particuladas que se encontram em suspensão na água de lagos e açudes eutrofizados podem ser eliminadas pela ação de flocculantes, como o sulfato de alumínio, os sais de ferro, cálcio ou zinco e outros), **precipitação** (o uso do sulfato de alumínio na água, onde a presença do fósforo é considerada como responsável pelo aumento da biomassa de algas pode inativar os nutrientes dissolvidos em decorrência do processo de precipitação que ocorre no meio aquático).

- Métodos biológicos: através de **peixes herbívoros** (para a eliminação das macrófitas aquáticas que se desenvolvem excessivamente no ecossistema eutrofizado, como a orelha de onça, *Eichhornia crassipes* e o mururé, *Pistia stratiotes*, principalmente, podem ser utilizados peixes herbívoros, como a carpa capim, *Ctenopharyngodon idella*, a tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, a tilápia do Congo, *Tilapia rendalli* e outros), **mamíferos aquáticos** (alguns mamíferos aquáticos, como a lontra, *Lutra platensis* e o peixe-boi, *Trichechus manatus*, são utilizados no controle da vegetação aquática

indesejável), **Insetos aquáticos** (também a utilização de algumas espécies de insetos aquáticos têm sido recomendados para a recuperação de ecossistemas eutrofizados, como os gêneros *Neochetina*, *Cornops*, *Omalonyx*, *Thrypticus* e outros).

UNIDADE VI – MÉTODOS E TÉCNICAS DE CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA.

6.1 Aspectos da limnologia voltados para a atividade de aquicultura.

A importância da limnologia tem sido reconhecida nos últimos anos com o próprio crescimento da aquicultura e daí a preocupação com o regime e qualidade dos mananciais e também da manutenção da boa qualidade da água em tanques e viveiros como chave do sucesso da produção racional da aquicultura.

Os corpos de água são dinâmicos e complexos, e dependem primariamente da nascente como fonte de água, e o estoque é refletido pelas condições hidrológicas e geológicas do local. A maioria dos parâmetros varia ciclicamente no período de 24 horas, influenciando os fatores bióticos (vivos) e abióticos (não vivos) do meio.

Os viveiros e represas utilizados na aquicultura comportam-se como sistemas intermediários entre sistemas lênticos (lentos) e lóticos (de correnteza), e a constante entrada e saída de água tem efeito pronunciado na sua dinâmica, como também os fatores climáticos, e o arraçoamento diário.

Os viveiros são corpos d'água construídos pelo homem por represamento e/ou escavação do terreno natural, e os tanques são menores e construídos de alvenaria, concreto, fibra de vidro ou outro material adequado.

Estas estruturas poderiam ser vistas como sistemas intermediários entre os de cultura laboratorial e os naturais, considerados por Odum (1985) como “mesocosmos”, abertos para trocas com a atmosfera mas fechados para trocas de nutrientes e organismos, os quais são controlados pelo homem.

Assim, o viveiro de piscicultura funciona como um ecossistema artificial onde fatores alóctones (externos), como os “inputs” de alimentos e fertilizantes são tão essenciais quanto os autóctones (internos) que desempenham importante papel no ecossistema e onde as condições abióticas e bióticas podem ser parcialmente manipuladas a fim de garantir a sobrevivência e proporcionar a maximização do crescimento dos peixes.

Os organismos vivos e o meio abiótico estão inseparavelmente interrelacionados e interagem entre si. Portanto, para que ocorra um bom desenvolvimento e sobrevivência dos organismos que estão sendo cultivados, são de fundamental importância as condições do meio em que vivem.

Os sistemas artificiais rasos sofrem influência externa (alóctone) e interna (autóctone), a qual, por sua vez, atua nas diversas comunidades e nos fatores físicos e químicos existentes no ecossistema aquático.

Qualquer estudo que tenha por finalidade o cultivo de peixes, terá como ponto de partida a análise desses fatores básicos. Para conhecermos o sistema aquático como um todo, faz-se necessário o estudo das interações dos fatores físicos, químicos e biológicos.

Os processos que ocorrem na água estão intimamente ligados, não podendo ser vistos como processos independentes, uma vez que na água seus efeitos atuam dinamicamente. A introdução de qualquer substância na água acarreta alterações na sua qualidade, as quais nem sempre são favoráveis ao desenvolvimento e sobrevivência dos organismos aquáticos.

Basicamente existem 2 fatores importantes que influenciam de maneira marcante a ecologia (qualidade da água) de viveiros de peixes:

1. Grandes quantidades de alimentos que não são utilizados pelos peixes ficam disponíveis no ambiente, possibilitando o crescimento de algas e bactérias.
2. A alta densidade de peixes pode levar a abundante suprimento de CO₂ devido à respiração, causando o crescimento em grande quantidade de determinadas algas, ou mesmo a morte de outras, que poderia provocar altas mortalidades dos peixes devido às alterações na qualidade da água, especialmente a redução do oxigênio dissolvido que seria utilizado na respiração dos organismos do viveiro e na decomposição da matéria orgânica gerada pelas atividades vitais daqueles organismos.

6.2 Variações sazonais e de curta duração em variáveis limnológicas.

Tendo em vista que a limnologia se constitui no estudo das variáveis hidrológicas físicas, químicas e biológicas, a ligação da limnologia com a piscicultura torna-se evidente e necessária, já que a prática da piscicultura é feita em grande parte em corpos d'água epicontinentais, como rios, lagos, represas, lagoas e pequenos tanques.

Tanto no trabalho de piscicultura intensiva como no de piscicultura extensiva, é de fundamental importância o estudo limnológico do local escolhido, pois permitirá o conhecimento de todas as inter-relações existente entre os fatores biológicos e abióticos do ecossistema aquático.

As características físicas, químicas e biológicas das águas derivam dos ambientes naturais e antrópicos onde se originam. Muitos são os fatores que influenciam na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. Dentre eles podemos citar: temperatura, oxigênio dissolvido, carbono orgânico dissolvido, pH, condutividade, sedimentos em suspensão, entre outros.

O monitoramento desses ambientes pode se tornar uma importante ferramenta para avaliar possíveis mudanças nos padrões das variáveis limnológicas frente a ações antrópicas e eliminar seus efeitos maximizando a gestão dos recursos da água doce.

A variação sazonal de variáveis limnológicas diz respeito à variabilidade dos fatores dentro do ano entre períodos secos e úmidos. Variações nos gradientes físicos e químicos da água ao longo de um

gradiente temporal devem exercer influência na dinâmica sazonal de organismos de ambientes lóticos.

Rolla *et al* (1996) verificaram em tanques de piscicultura, que em estações mais frias (outono e inverno) não ocorrem variações significativas em parâmetros limnológicos ao longo do dia, enquanto em estações quentes (primavera e verão) as mudanças são significativas.

A variação diurna de parâmetros limnológicos em viveiros apresenta grande influência do manejo, além disso, é notável como o metabolismo de um corpo d'água raso é alto e está diretamente influenciado pelas condições climáticas e do tempo em função da presença de nuvens, vento, radiação solar e temperatura. Em viveiros e tanques de piscicultura devem ser observados diariamente estes aspectos para se poder fazer uso de um manejo adequado, otimizando a produção de organismos aquáticos.

6.3 Produção secundária e determinação da capacidade de suporte em ambientes aquáticos.

A capacidade de suporte ou sustentação diz respeito ao número máximo de indivíduos de uma espécie que o habitat tem capacidade de suportar. Trata-se de um conceito importante em ecologia e é determinado por vários fatores, que incluem a quantidade de alimentos disponível, o espaço, a luz e o grau de competição, doença, predação e acumulação de lixo.

Tais fatores inibem a população de uma espécie de crescer além de um determinado ponto dentro do habitat, e ao chegar àquele ponto ela se estabiliza, flutuando dentro de números limitados. Qualquer aumento nesse limite depende da capacidade de o animal ou planta reduzir o tamanho de seu corpo. A competição por comida e espaço num habitat superpovoado frequentemente produz indivíduos menores.

A **capacidade de suporte** está estreitamente relacionada com a produção piscícola, termos que indicam a biomassa máxima sustentável, (em kg), de uma ou várias espécies de peixes durante determinado tempo, por um habitat limitado e específico (viveiro, por exemplo).

A capacidade de suporte é limitada para cada massa de água e se avalia pesando-se todos os peixes presentes nela, relacionando-se o peso total com a área inundada (m^2 ou ha). A razão para se expressar a capacidade de suporte em relação a superfície e não ao volume de água do reservatório, deve-se ao fato da zona produtora de alimentos para os peixes corresponder a camada superficial da água até onde penetra a luz solar e na qual pode se efetuar a fotossíntese. As camadas profundas não são habitadas por organismos produtores, com exceção das águas muito claras, que permitem a penetração da luz solar. Habitam as águas profundas, comumente, organismos consumidores.

Nenhum tanque, viveiro ou qualquer outro corpo de água pode manter, normalmente, quantidade de peixes, em peso, maior do que sua capacidade de sustentação/suporte. Se por qualquer circunstância esta é ultrapassada, haverá diminuição progressiva do peso total, até que a mesma retorne ao seu valor normal. Por outro lado, se o peso ficar reduzido a valores inferiores a capacidade de sustentação, haverá progressivo aumento do mesmo, até recuperar o valor normal.

Quando o crescimento individual e/ou a reprodução fizerem a população de peixe no viveiro atingir a capacidade de suporte/sustentação, um incremento na produção só será possível se houver um aumento da disponibilidade de alimentos, mediante a adubação da água e/ou fornecimento de alimentos artificiais (suplementares ou balanceados) aos peixes. Em outro caso, há que se desbastar o viveiro.

Alguns autores, tais como Hickling e Van der Linger, definem **máxima capacidade de sustentação/suporte** como o peso máximo de peixes, que um viveiro pode sustentar, estando tal peso em equilíbrio com o alimento produzido pelo ambiente ou administrado aos peixes.

Não se deve confundir máxima capacidade de sustentação com **contingente atual** ou **carga biótica atual**, termos que definem a abundância de peixes existentes numa determinada área inundada, no momento da observação, podendo serem expressos em número ou em peso dos indivíduos.

A carga biótica atual pode ser, teoricamente, igual, inferior ou superior à capacidade de sustentação, dependendo do momento em que se faça sua determinação. Assim, se a população teve tempo suficiente para atingir a capacidade de sustentação do viveiro, o peso total dos peixes existentes no momento da determinação nos dá valores iguais para ambos os parâmetros. Porém, se a população não teve tempo suficiente para atingir o peso equivalente à capacidade de sustentação, a carga biótica atual é inferior a aquela. Por outro lado, pode acontecer que fatores ambientais e/ou biológicos (elevada reprodução, por exemplo), povoamentos e outros provoquem elevação exagerada da carga biótica atual, fazendo com que, por um intervalo maior ou menor de tempo, ela ultrapasse a capacidade de sustentação do reservatório. Com o tempo, o equilíbrio é restabelecido.

Nos Estados Unidos da América do Norte a capacidade de sustentação é alcançada entre 12 a 16 meses após a estocagem dos peixes nos viveiros. Daí em diante, há pouco ou nenhum aumento no peso total dos peixes, a menos que se produza troca radical na composição das espécies criadas. Nas regiões quentes (tropicais), caso nosso, o período de crescimento dos peixes se estende por todo o ano, sem sofrer interrupções causadas pelas baixas temperaturas. Por isto, em nossos viveiros a capacidade de sustentação/suporte é atingida num tempo mais curto.

A máxima capacidade de sustentação/suporte varia com muitos fatores, entre os quais cita-se:

a) Regime alimentar dos peixes.- Algumas espécies de peixes são mais eficientes na transferência de energia. Assim, as fitoplânctófagas e herbívoras poderão alcançar níveis mais elevados, no que se refere à máxima capacidade de sustentação de um viveiro, quando comparadas com as insetívoras e carnívoras.

b) A quantidade de espécies de peixes presentes no viveiro.- A máxima capacidade de suporte poderá atingir valores mais elevados se se estocam duas ou mais espécies de peixes, que tenham regimes alimentares diferentes (por exemplo, iliófagas, herbívoras, insetívoras e onívoras). Assim, ocorrerá utilização mais completa dos alimentos produzidos no viveiro ou daqueles fornecidos aos peixes.

c) Espécie criada. - Existem peixes cujo crescimento sofre retardamento quando alcançam certas idades. Por outro lado, os peixes deixam de crescer ou crescem em ínfimas proporções durante a época da reprodução. Assim, será mais vantajoso o cultivo de espécies que não desovem em viveiros, tais como machos de tilápias, tambaqui e pirapitinga. Finalmente, pode-se fazer a despesca antes que os peixes atinjam a primeira maturação gonadal. Por exemplo, criar a carpa comum por no máximo 12 meses, nas condições do Nordeste brasileiro.

d) Administração do viveiro. - A máxima capacidade de suporte é menor em condições naturais do que quando se aduba o viveiro e/ou se fornece alimentos artificiais aos peixes.

e) Qualidade e quantidade do alimento artificial fornecido aos peixes. - Os alimentos balanceados, de acordo com as necessidades fisiológicas dos peixes, fornecidos em quantidades adequadas, incrementarão a altos valores a capacidade de sustentação.

f) Tamanho do peixes. - Um reservatório sustentará maior peso em peixes pequenos do que grandes, devido a que, no primeiro caso, haverá maior número de bocas (maior número de indivíduos) buscando comida e será ínfimo ou nulo o alimento não aproveitado. Por outro lado, uma população demorará mais para alcançar a máxima capacidade de suporte, quando para estabelecê-la estocam-se peixes muito pequenos (larvas, por exemplo).

g) Variações nas fertilidades da água e do solo. - A adubação dos solos da bacia de captação de água para os viveiros acarretará, de algum modo, carreamento de sobras dos fertilizantes para os mesmos, aumentando sua capacidade de sustentação, graças a maior disponibilidade do alimento natural. Isto pode ocorrer quando as águas percorrem áreas agrícolas, nas quais se utilizam planos de adubação para as culturas. O que não ocorre quando as águas atravessam terrenos empobrecidos.

Resumindo-se tudo, pode-se dizer que, após o povoamento ou estocagem de um habitat aquático, a população alcança, pouco a pouco, uma biomassa correspondente a máxima capacidade de suporte do habitat. Esta capacidade é função das condições orgânicas do meio, as quais estão submetidas às variações naturais, que fazem flutuar a capacidade de suporte, de maneira mais ou menos importante, em torno de seu valor médio, correspondente a assíntota superior teórica da curva de biomassa.

6.4 Controle de qualidade da água em tanques escavados, tanques-rede e outros ambientes de confinamento de peixes.

➤ Importância da qualidade da água.

O sucesso de uma piscicultura depende primariamente da habilidade do produtor em assegurar adequada qualidade da água.

- Condições adversas da qualidade da água:

- Prejudica o crescimento e a conversão alimentar dos peixes;

- Debilita a saúde dos peixes, favorecendo o aparecimento de doenças, o que reduz a sobrevivência dos peixes e a produtividade/lucros da piscicultura;

- Reduz a produtividade e aumenta o custo da produção;
- Diminui o lucro ou mesmo causa prejuízo ao empreendimento.

- Diversos fatores determinam a qualidade da água em viveiros utilizados em piscicultura intensiva. Dentre muitos merecem destaque:

- A biomassa de peixes nos viveiros;
- A quantidade de ração aplicada diariamente;
- A qualidade da ração ou dos alimentos utilizados;
- A abundância de fitoplâncton;
- A qualidade da água de abastecimento;
- O uso de práticas de correção e condicionamento da qualidade da água: calagem, aeração, adubação, controle do fitoplâncton;
- O grau e o controle da renovação de água;
- Condições climáticas (dias nublados, ventos, intensidade de chuvas);
- Características do solo do fundo dos viveiros;
- Entre muitos outros.

Portanto, para o produtor realizar um bom monitoramento e correção da qualidade da água é fundamental entender como estes fatores interagem entre si e o modo como eles alteram os principais parâmetros da qualidade da água nos viveiros de produção.

➤ Parâmetros importantes de qualidade da água

Variáveis	Valores Adequados
Oxigênio Dissolvido	> 60% sat. (> 4mg/L)
pH	Ideal: 6,5 a 8,0.
Alcalinidade Total	> 30mg CaCO ₃ /L (>50 ideal)
Dureza Total	> 30mg CaCO ₃ /L (>50 ideal)
Amônia Tóxica (NH ₃)	< 0,20mg/L
Nitrito (NO ₂)	< 0,30mg/L
Transparência (Disco de Secchi)	Entre 30 a 60cm.

Fonte: Kubitzka, 2000.

➤ Presença de vida

A existência de peixes e outras formas de vida é um forte indicativo da qualidade de uma fonte de água para piscicultura. Técnicos e piscicultores devem desconfiar da qualidade de águas superficiais

desprovida de organismos vivos. Os fatores limitantes devem ser identificados e corrigidos com práticas economicamente viáveis para adequação desta água à piscicultura.

6.5 Amostragem de parâmetros físico-químicos e biológicos em diferentes ecossistemas aquáticos.

➤ Técnicas de coleta de amostras

A técnica para a coleta de amostras pode parecer uma tarefa relativamente simples, porém exige ser ela representativa e estabilizada da coleção d'água amostrada. Para assegurar essa representatividade e confiabilidade é indispensável a participação de pessoas adequadamente treinadas e motivadas.

Esses técnicos precisam observar e anotar quaisquer fatos ou anormalidades que possam interferir nas características da amostra, como, cor, odor, presença de algas, óleos, corantes, materiais sobrenadantes, organismos aquáticos mortos, etc.

A técnica a ser adotada depende da matriz amostrada (água superficial, subterrânea, encanada, residual), do tipo de amostragem (simples ou composta) e da natureza da análise (física, química, microbiológica, biológica, radiológica).

Independentemente dessas condições, os seguintes cuidados devem ser tomados, tais como:

- 1) as amostras não devem incluir partículas grandes, detritos, folhas ou outro tipo de material acidental, salvo quando se tratar de amostra de sedimento;
- 2) para minimizar a contaminação da amostra, convém recolhê-la com a boca do frasco de coleta voltado contra a corrente;
- 3) obter um volume suficiente da amostra para eventual necessidade de se repetir alguma análise no laboratório;
- 4) proceder as análises de campo em alíquotas de amostras separadas das que forem levadas para o laboratório, com vistas a se evitar riscos de contaminação;
- 5) utilizar somente os frascos e as preservações recomendadas para cada tipo de análise, verificando previamente se os frascos e demais materiais de coleta e análise (baldes, garrafas, pipetas, etc.) estão convenientemente limpos;
- 6) evitar tocar a parte interna dos frascos, tampas e materiais de coleta, assim como não expô-los ao tempo, pois podem se contaminar com a fumaça dos carros, poeira e outras impurezas. Cinzas e fumaça dos cigarros transportam metais pesados, fosfatos e outras substâncias, as quais podem contaminar as amostras caso o técnico responsável pela coleta não esteja com as mãos limpas ou não use luvas plásticas, bem como esteja fumando durante o momento de obtenção da amostra;
- 7) colocar as amostras, logo após a coleta e preservação, em local ao abrigo da luz solar;
- 8) acondicionar as amostras que exigem refrigeração para a sua preservação em caixas de

isopor com gelo (amostras destinadas à análise de oxigênio dissolvido não devem ser mantidas sob refrigeração);

9) manter registro de todas as informações de campo, mediante preenchimento de uma ficha de coleta por amostra, contendo os seguintes dados:

- número de identificação da amostra;
- identificação do local de amostragem;
- data e hora da coleta;
- tipo da amostra (água de açude, lagoa, rio, mar, efluente industrial, etc.);
- determinações de campo: temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura da água, pH, condutividade elétrica, etc.
- eventuais observações de campo;
- condições meteorológicas nas últimas 24 horas e que possam interferir na qualidade da água, como chuvas, etc.
- indicação dos parâmetros a serem analisados no laboratório;
- nome do responsável pela coleta da amostra.

➤ Amostragens em profundidade

Vários tipos de amostradores de água são usados para coleta de amostras em profundidade, tanto do mar, como de lagos e açudes, como o de Zoebell J-Z, de Kemmerer, de Meyer, de van Dorn e outros.

O amostrador de Van Dorn é o mais conhecido e de fácil operação, consistindo basicamente de um tubo de PVC de 3", com capacidade para 2, 5, 7 ou mais litros da amostra, cujas extremidades se abrem ou se fecham hermeticamente, por meio de um dispositivo de borracha conectado a um fio, o qual ao atingir a profundidade desejada, mediante disparo do mensageiro de bronze, retém a amostra, sendo imediatamente içado para a superfície, onde ela é recolhida em frascos apropriados e imediatamente levada para o laboratório.

No caso da coleta de sedimento de fundo o amostrador utilizado é a draga de Ekman, confeccionada em latão ou aço inoxidável, sendo de forma cúbica (6 lados), em cuja parte inferior há um sistema de fechamento constante de 2 lâminas, o qual ao descer, manualmente, e quando atinge o sedimento, fazendo-se penetrar nele alguns centímetros, se dispara o mensageiro, que ao tocar a válvula, fecha-a hermeticamente.

A draga é então levantada para a superfície e o material removido pela parte superior que se abre ao invertê-la, sendo colocado dentro de sacos plásticos, para posterior análise qualitativa e quantitativa. Ressalte-se que a área do lado inferior da draga é de 15 cm² e o material recolhido corresponde à exata superfície do local de onde foi extraído. Este tipo de amostrador é utilizado apenas em locais onde o

sedimento é de lama ou material argiloso.

Já para substratos do tipo rochoso ou arenoso, recomenda-se o uso da draga de Peterson, que é uma estrutura de ferro bastante pesada, que só pode ser operada por meio de um cabo de aço movido por um guincho mecânico.

A qualidade da água utilizada para diversos fins, como abastecimento público e doméstico, aquíicultura, recreação, etc., depende muito da presença de micro-organismos que se desenvolvem nela, como algas, fungos, actinomicetos, leveduras, protozoários, rotíferos e outros componentes do fito e do zooplâncton.

Esses seres microscópicos têm uma importância particular na utilização da água para abastecimento público e doméstico, pois são capazes de modificar o pH, a alcalinidade, a cor, a turbidez, o sabor e o odor, visto que ao morrerem e sofrerem o processo de mineralização da matéria orgânica, liberam substâncias que inviabilizam o uso da água.

Para a coleta desses seres se faz uso de redes de náilon, chamadas também de redes de plâncton, com porosidade de 30 a 45 μm . Estas redes têm a forma de um cone, em cuja extremidade inferior se pode encaixar um copo ou torneira para receber o material que foi retido com a filtração da água.

Na parte superior da rede, ou seja, na sua boca, estão amarrados três fios de náilon equidistantes um do outro, aos quais se prende uma corda de náilon de tamanho conhecido (5 a 10 m). Para a análise qualitativa se retira o material vivo e se leva ao laboratório, fazendo-se uso de um livro-chave e de uma lupa para identificação dos micro-organismos. A análise quantitativa é mais difícil de ser executada, pois se tem de calcular o volume de água que foi filtrado e o volume do material vivo coletado.

No tocante aos macro-invertebrado que constituem a comunidade do perifiton e que se aderem ao substrato sem nele penetrar, há um equipamento muito simples e útil, chamado de amostrador de Hester-Dendy. Trata-se de um conjunto de 5 placas de madeira, tamanho de 10 x 10 cm, cuja área de exposição é de 1.000 cm^2 , ou seja, com área total de 0,1 m^2 , dispostas uma sobre as outras, mas deixando um espaço aberto de 2 cm, alternadamente, as quais são fixadas a um parafuso central de 15 cm, com porca na parte inferior e um gancho na superior. Este equipamento é colocado no açude, lago ou viveiro dentro da água na profundidade desejada, por um espaço de tempo de 15 dias a fim de permitir o desenvolvimento dos macroinvertebrados. Após este período ele é retirado da água, desmontado cuidadosamente e as placas raspadas com uma espátula para a coleta do material que é guardado em frascos apropriados com preservativo, para posterior análise qualitativa e quantitativa. Esta análise nos permite ter uma idéia da qualidade da água usada para diversos fins.

➤ **Amostragens na superfície**

As mesmas recomendações para obtenção de amostras d'água em profundidade servem também para amostras na superfície. Pode-se usar diretamente o frasco onde a amostra deve ser colhida, tendo-se

o cuidado de deixar a boca do mesmo voltado contra a corrente, no caso de se tratar de rios e de outros mananciais lóticos. Isto não impede todavia, que se use um amostrador para coleta d'água, de um dos tipos acima descritos. No caso de análise microbiológica deve haver o maior cuidado para que não haja contaminação por parte do técnico, o qual além dos frascos devidamente esterelizados é obrigado o uso de luvas.

Para alguns exames físicos, como o da transparência da água, que é feito somente na superfície, se utiliza o disco de Secchi; da cor da água com o comparador dos discos de vidro pela escala de Hazen e da temperatura, pelo medidor eletrométrico de leitura direta, o qual converte a energia elétrica em térmica (°C), através de um termistor (cabo condutor) ligado a uma sonda que é mergulhado na água. Pode-se também usar este aparelho para medição da temperatura em várias profundidades, o que depende somente do tamanho do cabo.

➤ **Acondicionamento, preservação e prazo de execução**

As técnicas de acondicionamento, preservação e prazo de execução dependem do tipo de exame que será procedido. Alguns desses exames de rotina, com os seus respectivos cuidados especiais são os seguintes:

➤ **Exames físico-químicos**

a) Condutividade elétrica: usar frasco de vidro neutro (pirex), de 100 ml e manter sob refrigeração a 4°C, cujo prazo de realização do exame não pode ultrapassar 24 horas.

b) Cor: frasco de vidro neutro (pirex) de 200 ml, mantê-lo sob refrigeração a 4°C e executar o exame dentro de 24 horas.

c) Odor: frasco de vidro neutro (pirex) de 1.000ml, mantê-lo sob refrigeração a 4°C e executar o exame o mais rápido possível.

d) Óleos e graxas: frasco de vidro neutro (pirex) de boca larga e tampa de teflon de 1.000ml, preservado com HCl até pH abaixo de 2, mantê-lo sob refrigeração a 4°C e executar o exame dentro de 24 horas.

e) Transparência: deve-se executar no local, com auxílio do disco de Secchi, tendo-se o cuidado de observar as seguintes recomendações - céu claro sem nuvens, escolher um local de mínima agitação da água, fazer a leitura do disco, verticalmente, e anotar o não cumprimento de qualquer uma dessas exigências.

f) Temperatura: também deve ser feita a medida no local, tanto na superfície como na profundidade, com auxílio de um termômetro eletrométrico.

g) Acidez: usar frasco de vidro neutro (pirex) de 200 ml, preservar a amostra sob refrigeração a 4°C e executar a análise em 24 horas.

h) Cloretos: usar frasco de vidro neutro (pirex) de 200ml, não há necessidade de refrigeração e o

exame tem um prazo de 14 dias para ser realizado.

i) Dureza: usar frasco de vidro neutro (pirex) de 200 ml, mantê-lo sob refrigeração a 4°C e executar a análise até 7 dias depois.

j) Ferro total: usar frasco de vidro neutro (pirex) ou de polietileno de 300 ml, preservar com 2ml de H₂SO₄ concentrado para cada 100 ml da amostra e executar a análise o mais breve possível.

k) Nitrogênio amoniacal: usar frasco de vidro neutro (pirex) de 200ml, preservar com H₂SO₄ e executar a análise em 24 horas.

l) Nitrogênio em nitritos: usar frasco de vidro neutro (pirex) de 200 ml, manter sob refrigeração a 4°C e realizar a análise dentro de 48 horas, no máximo.

m) Oxigênio dissolvido: executar no campo com aparelho eletrométrico, idêntico ao usado para a medida de temperatura. No caso de não se dispor do aparelho, usar frasco de vidro neutro (pirex) de tampa esmerilhada, capacidade de 300 ml e preservar com 2 ml de sulfato manganoso e 2 ml de solução alcalina iodada. Para uma amostra assim preservada, o exame deve ser feito dentro de 4 a 8 horas, pelo método de Winkler.

➤ Exames microbiológicos:

Para o acondicionamento se deve usar frasco de borossilicato ou de plástico autoclavável, previamente esterelizado, contendo os agentes adequados para a preservação da amostra, a qual sendo líquida é necessário um volume de 100 ml para cada determinação, no caso da maioria dos indicadores de poluição. Para salmonela, enterovirus, protozoários e outros exames microbiológicos especiais deve ser consultado o laboratório responsável pela execução quanto ao volume necessário.

A preservação da amostra deve ser feita sob refrigeração, em temperatura de 4° a 10°C.

Amostras com cloro residual deve ser adicionado 0,1 ml de solução de tiosulfato de sódio, a 1,8%, para cada 100ml da amostra.

Amostras contendo metais pesados deve ser adicionado 0,3 ml de EDTA a 15%, para cada 100 ml da amostra.

O prazo para realização do exame após a colheita é de até 30 horas, no caso de águas tratadas e até 8 horas, para águas brutas.

➤ Exame de fitoplâncton

O acondicionamento deve ser em frasco de vidro de cor âmbar ou envolto em papel de alumínio.

A preservação depende do ambiente, como seja: a) marinho - formalina neutralizada a 2%; b) água doce - solução de lugol 1 ml/litro de amostra; c) temperatura de 4°C, protegida da luz e com apenas 2/3 do frasco contendo a amostra.

O prazo para execução do exame é de acordo com o método de preservação, ou seja, 6 meses para

a), 3 meses para b) e 24 horas para c).

➤ **Exame do zooplâncton**

O acondicionamento deve ser em frasco de vidro ou polietileno e a preservação em formaldeído neutralizado 40% para 250 ml da amostra ou etanol a 70%. Em amostras muito turvas é útil acrescentar 0,04% de corante rosa de bengala, que irá possibilitar a diferenciação dos seres vivos.

O prazo para execução do exame é de 1 ano.

➤ **Exame de macroinvertebrados**

O acondicionamento deve ser feito em saco de plástico resistente e a preservação sob refrigeração a 4°C, cujo limite do prazo para execução do exame é de 1 ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**, Editora Interciências/FINEP, 575 p. Rio de Janeiro, RJ.
- GURGEL, J. J. S. **Apostilas de limnologia**. Fortaleza: UFC/CCA/DEP, 2003. (Apostila).
- KUBITZA, F. **Qualidade da água, planejamento da produção e manejo alimentar em piscicultura**. Jundiaí – SP. 2000. 77p.
- KUBITZA, F.; ONO. E. A. **Cultivo de peixes em tanques-rede**. Jundiaí: Ed. Copyright, 2003. 112p.:il.
- MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Ediciones Omega, 1983.
- OGAWA, M. e KOIKE, J.,1987, **Manual de Pesca**, Associação dos Engenheiros de Pesca do Estado do Ceará, 799 p., Fortaleza, Ceará.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia Aplicada à Aquicultura**. Boletim Técnico do CAUNESP n.1, Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70p.
- WETZEL, R.G. **Limnología**. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1981.

Hino Nacional

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas
De um povo heróico o brado retumbante,
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,
Brilhou no céu da pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade
Conseguimos conquistar com braço forte,
Em teu seio, ó liberdade,
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido
De amor e de esperança à terra desce,
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,
És belo, és forte, impávido colosso,
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Deitado eternamente em berço esplêndido,
Ao som do mar e à luz do céu profundo,
Fulguras, ó Brasil, florão da América,
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra, mais garrida,
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;
"Nossos bosques têm mais vida",
"Nossa vida" no teu seio "mais amores."

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo
O lábaro que ostentas estrelado,
E diga o verde-louro dessa flâmula
- "Paz no futuro e glória no passado."

Mas, se ergues da justiça a clava forte,
Verás que um filho teu não foge à luta,
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Hino do Estado do Ceará

Poesia de Thomaz Lopes
Música de Alberto Nepomuceno
Terra do sol, do amor, terra da luz!
Soa o clarim que tua glória conta!
Terra, o teu nome a fama aos céus remonta
Em clarão que seduz!
Nome que brilha esplêndido luzeiro
Nos fulvos braços de ouro do cruzeiro!

Mudem-se em flor as pedras dos caminhos!
Chuvas de prata rolem das estrelas...
E despertando, deslumbrada, ao vê-las
Ressoa a voz dos ninhos...
Há de florar nas rosas e nos cravos
Rubros o sangue ardente dos escravos.
Seja teu verbo a voz do coração,
Verbo de paz e amor do Sul ao Norte!
Ruja teu peito em luta contra a morte,
Acordando a amplidão.
Peito que deu alívio a quem sofria
E foi o sol iluminando o dia!

Tua jangada afoita enfune o pano!
Vento feliz conduza a vela ousada!
Que importa que no seu barco seja um nada
Na vastidão do oceano,
Se à proa vão heróis e marinheiros
E vão no peito corações guerreiros?

Se, nós te amamos, em aventuras e mágoas!
Porque esse chão que embebe a água dos rios
Há de florar em meses, nos estios
E bosques, pelas águas!
Selvas e rios, serras e florestas
Brotem no solo em rumorosas festas!
Abra-se ao vento o teu pendão natal
Sobre as revoltas águas dos teus mares!
E desfraldado diga aos céus e aos mares
A vitória imortal!
Que foi de sangue, em guerras leais e francas,
E foi na paz da cor das hóstias brancas!



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria da Educação