



PARTE2. MÉTODOS DE AUMENTO DA PRODUTIVIDADE AQUÁTICA NATURAL

José Jarbas Studart Gurgel*

Juan Enrique Vinatea**

2.1 O Meio Ambiente e a Produção de Peixes

Dado o pouco conhecimento dos termos técnicos em língua portuguesa, empregados pela ciência pesqueira para expressar os diversos aspectos com a produção de peixes e no sentido de melhor entender os conceitos a respeito, se faz necessário definir alguns termos-chaves, mais freqüentemente utilizados, como sejam:

Ecologia: é o estudo das interações dos seres vivos entre si e com elementos do meio ambiente onde se desenvolvem;

Espécie: é o conjunto de indivíduos que possuem caracteres análogos, transmissíveis pela hereditariedade;

Habitat: situação sob a qual vive normalmente uma comunidade, espécie ou indivíduo, cujos componentes físicos mais importantes são a área geográfica, a temperatura, o vento, as correntes, o substrato e outros;

População: é o conjunto de indivíduos de uma ou mais espécies afins, que formam um todo em um determinado ambiente;

Comunidade ou Biocenose: é o conjunto de diversas populações, que vivem em um determinado habitat;

Biotopo: é o habitat típico de uma comunidade ou biocenose;

Nicho: é uma função específica do habitat para determinada espécie ou comunidade, relacionada com suas características tróficas;

Produtividade: é a produção por unidade de tempo (hora, dia, mês ou ano), de área ocupada (m², ha ou outra), mão-de-obra (homem/dia), custo (capital investido ou custo operacional), dentre outras;

Produção: é a expressão quantitativa do que foi produzido;

Produto: é a expressão quantitativa do que foi produzido;

Biomassa: é o conjunto de todos os seres vivos constituintes de um determinado ambiente

aquático e de valor econômico; e

Obs: * Diretor da Diretoria de Pesca e Piscicultura do DNOCS e Professor Assistente da UFC.

** Técnico da FAO.

“**Standing Crop**”: é a sinonímia de biomassa, de uso generalizado, significando o conjunto de todos os seres vivos, tanto produtores como consumidores.

Em um ecossistema aquático, no caso o reservatório para a produção de peixes, formado pelo biótopo e a biocenose, estão bem definidos os seus componentes inorgânicos e orgânicos, cujo conhecimento dos mesmos contribui para melhorar sua produtividade.

Por apresentar alguma homogeneidade sob o ponto de vista topográfico, climático, botânico, zoológico, geoquímico e hidrológico, as trocas de matéria e de energia entre os seus constituintes, se fazem com grande intensidade, sendo o ecossistema capaz de, dentro de certos limites, resistir às modificações do meio-ambiente e às bruscas variações da densidade das populações.

As interrelações entre os constituintes de um ecossistema, podem ser entendidas mediante as etapas do ciclo biológico, que são:

- a. o ecossistema recebe a energia luminosa dos raios solares;
- b. pela fotossíntese os vegetais captam essa energia e a utilizam para produzir matéria orgânica (hidratos de carbonos), a partir da água, do dióxido de carbono (CO₂) e dos sais minerais. Os vegetais, as bactérias e o fitoplâncton, são os produtores da matéria viva no meio aquático;
- c. Os animais aquáticos, sendo incapazes de produzir matéria viva, consomem os vegetais, recebendo por isso a denominação de **organismos consumidores**. Estes podem ser dos seguintes tipos:
 - **primários**, quando se nutrem diretamente do fitoplâncton e dos vegetais aquáticos. São consumidores primários o zooplâncton e os peixes herbívoros, como a tilápia do Nilo, a tilápia do Congo, a carpa capim e outros;
 - **secundários**, quando se alimentam dos consumidores primários, como o zooplâncton e os peixes predadores de herbívoros, como o tucunaré comum, a traíra, o pirarucu, a pescada do Piauí e outros;
 - **terciários** são os que se alimentam de insetos, dos peixes predadores de espécies íctícas herbívoras e de consumidores secundários, e assim por diante, como **quaternários**, e outros, cuja dependência constitui o que se chama de **cadeia trófica** ou **pirâmide alimentar**.

Os componentes de cada nível trófico podem ser atacados por outros tipos de organismos, tais como, parasitas, fungos e bactérias, que são responsáveis pela decomposição e mineralização da matéria orgânica.

A passagem de um nível trófico para outro ocasiona perdas de matéria e de energia, em consequência da assimilação incompleta e das atividades vitais, como a **locomoção**, a **digestão**, a **respiração** e outras funções vitais, que acarretam consumo de energia.

Os peixes são mais eficientes em economizar energia do que os vertebrados terrestres, pois na água conseguem vencer melhor a ação da gravidade, visto a densidade desse líquido, resultando daí que, no ambiente aquático se alcança com a criação de peixes, muita maior produtividade, do que com a criação de gado bovino.

Dentro de um mesmo nível trófico, alguns organismos podem ser mais eficientes para transformar energia que outros, se sabendo também que em peixes da mesma espécie, há indivíduos melhor convertedores que outros. Esta qualidade depende muito da capacidade que tem um indivíduo em capturar e aproveitar o alimento, como tem sido comprovado em populações de cultivo intensivo, se dando a este fato a denominação de “**fenômeno de Tobí**”, sobre o qual pesquisadores japoneses puderam demonstrar de que não se tratava de qualquer caracter hereditário, mas, única e exclusivamente, a oportunidade que têm alguns peixes dentro de uma população, de capturar alimento tanto quanto possa.

Ao passar de um nível trófico para outro a energia disponível se perde em cerca de 90%. Pesquisadores têm calculado que, se um reservatório produz 10.000 quilos de algas, estas se converterão em 1.000 quilos de zooplâncton, que por sua vez serão transformados em 100 quilos de insetos, estes em 10 quilos de peixes insetívoros e, finalmente, toda aquela biomassa de algas acabará em apenas 1 quilo de peixe predador.

Conclui-se, então, que, se encurtarmos a cadeia trófica do reservatório, estaremos diminuindo a perda de energia do ecossistema, e, conseqüentemente, melhorando sua produtividade.

2.1.1 As plantas aquáticas e ciliares

A vegetação aquática que se desenvolve nos açudes e outras coleções d'água, sob o ponto de vista da produtividade apresenta uma série de inconvenientes, como sejam:

- redução da área inundada em contato direto com o ar, trazendo como consequência desagradável a diminuição da aeração e da penetração da luz, fazendo bgaizar o oxigênio dissolvido, o pH, aumentar o CO₂ livre e inibir a produção do fitoplâncton;
- redução de disponibilidade de alimentos para larvas, alevinos, juvenis e adultos de organismos aquáticos; diversos;
- redução do espaço físico de movimentação dos peixes e outros animais aquáticos;
- aceleração do processo de decomposição da matéria orgânica e produção de gases nocivos;
- diminuição do volume d'água devido a transpiração dos vegetais, especialmente por parte das plantas flutuantes; e
- provocação da morte de larvas e alevinos de peixes, por ação mecânica (asfixia), devido o emaranhado de plantas aquáticas, principalmente submersas.

Entretanto deve ficar entendido que a presença de uma certa quantidade de plantas aquáticas é absolutamente necessária para a manutenção do ciclo metabólico normal da água e para a provisão de alimentos essenciais, indispensáveis à vida dos animais aquáticos, como também para proteger os reservatórios do assoreamento e da erosão constantes e para a proteção dos peixes contra os seus inimigos naturais.

As plantas aquáticas das regiões tropicais estão classificadas nos seguintes grupos:

- **Plantas flutuantes**, cujas folhas cobrem a superfície da água, mas suas raízes não alcançam o fundo do açude. Como exemplo podemos citar vários gêneros de plantas deste tipo, como, **Pistia**, **Lemna**, **Eichhornia**, **Salvinia** e outras;
- **Plantas submersas**, cujas folhas estão abaixo da superfície da água, permanecendo inteiramente submersas. É o caso dos gêneros **Vallisneria**, **Potamogeton**, **Chara**, **Hydrotrix** e outras;

- **Plantas emergentes**, cujas raízes estão fixadas no fundo e suas folhas flutuam sobre a superfície da água, emergindo dela. Como exemplo podemos citar os gêneros **Typha, Cyperus, Polygonum, Nymphaea** e outras; e
- **Plantas ciliares**, constituídas principalmente por representantes de macrofitas, que crescem às margens dos açudes e dos cursos d'água, principalmente dos gêneros **Anoma, Ingá, Cassia, Licania, Zizyphus, Mimosa, Eugenia, Anacardium** e outros.

A maior importância das plantas ciliares consiste na sua utilidade para a conservação dos barrancos dos rios e riachos e para o dreno pluvial. Servem também de abrigo à fauna silvestre, oferecendo sombra e alimento aos animais aquáticos, terrestres e aéreos mediante os detritos de sua folhagem que caem na água, estimulando a formação do fito e zooplâncton e fornecendo frutos, folhas e raízes forrageiras.

O desmatamento de matas ciliares é um perigo para a estabilidade do leito dos rios e riachos, pois sem elas as correntes durante a época das chuvas se tornam violentas, podendo abrir nos barrancos novos rumos, colmatar os baixios das ribeiras, arruinar as lavouras e outras obras construídas pelo homem.

As matas ciliares devem ser conservadas, mantidas e adensadas numa largura compatível com a das maiores enchentes e a força das correntes registradas. Deste modo poderão servir de bosques para os pescadores, oferecendo ao turista abrigo para recreações à beira d'água.

As terras ribeirinhas, impróprias à agricultura, ou a pecuária, devem ser florestadas de modo inteligente e racional, com a implantação de espécies madeireiras valiosas, próprias a essas áreas o das quais se possa tirar o melhor proveito comercial e econômico.

A formação de uma cortina vegetal às margens dos reservatórios é uma medida de imperiosa necessidade para a sua conservação, não somente pelo arrastamento contínuo das camadas superficiais do solo, por protegê-lo contra a erosão, a contaminação de suas águas pelos defensivos agrícolas e fertilizantes utilizados, os quais são, nas regiões rurais, os principais responsáveis pela poluição e eutrofização dos reservatórios.

A rapidez com que as plantas aquáticas, principalmente as **flutuantes, submersas e emergentes** se desenvolvem e se propagam durante todo o ano nas regiões tropicais, apresenta grande dificuldade para o seu efetivo combate e controle. Os principais métodos utilizados para isso são os seguintes:

- **Extirpação manual:** em regiões onde a mão-de-obra é de baixo custo, como no Nordeste brasileiro, sob o ponto de vista econômico é este o melhor método para o controle da vegetação aquática, mediante uma bem programada atividade, repetida cada 3 a 4 vezes por ano. As plantas aquáticas retiradas devem ser arrastadas para bem longe do reservatório e ali deixadas ou aproveitadas em outro mister como para a alimentação de porcos, de pato, produção de fertilizantes e de biogás;
- **Extração mecânica:** vários tipos de máquinas têm sido desenvolvidas em alguns países para este trabalho, como a “**under-water weed cutter**”, a “**weed remover**”, a “**weed cutting saw**”, e outras, as quais, todavia, além do alto custo operacional, do custo de aquisição também elevado, exigem manutenção rigorosa e reposição de peças que necessitam ser importadas;
- **Utilização pelo calor:** em muitos países o combate à vegetação aquática tem sido feito com lança-chamas, sem muita eficiência, haja vista que as cinzas das plantas queimadas concorrem para enriquecer o ambiente aquático com seus sais inorgânicos e as formas resistentes das mesmas voltam a crescer, muitas vezes até com mais vigor.

Isto pode ser verificado durante o combate sistemático que o Corpo de Engenharia do Exército dos Estados Unidos da América do Norte fez à **Eichhornia crassipes** no rio Mississippi, cujo exuberante desenvolvimento estava prejudicando a navegação por aquela via fluvial, se constatando que após a queima, na estação seguinte as plantas voltaram a brotar, crescendo 23cm a mais do que as anteriores.

- **Uso de fertilizantes:** é um método que apresenta certa eficiência, quando aplicado em ambientes aquáticos de pequena área, no máximo 1 ou 2 ha. Foi desenvolvido na Universidade de Auburn, Alabama, e se baseia no princípio de que os fertilizantes adicionados na água, promovem um rápido crescimento do fitoplâncton, formando o que se conhece na literatura aquícola por “water bloom”, ou seja, uma floração excessiva de algas, de alta densidade, que chega a impedir a penetração da luz solar, matando as plantas submersas.

Esta prática tem sido uma rotina dos aqüicultores chineses, que usam fertilizantes orgânicos em elevadas taxas, isto é, na base de 500 kg de esterco/ha. A aplicação é feita, repetidamente, cada mês, até antes da estocagem dos peixes para engorda. Além da facilidade de eliminação das plantas aquáticas submersas, este método tem uma especial vantagem para a aqüicultura, que é a de aumentar a disponibilidade de alimentos naturais para os peixes, ao mesmo tempo.

- **Uso da argila em suspensão:** como o anterior, se baseia no mesmo princípio de impedimento da penetração da luz solar, provocando, por conseguinte, a morte das plantas submersas, face a elevada turbidez da água. A aplicação da argila também só pode ser feita em pequenas áreas, sendo uma prática recomendável para viveiros de criação intensiva de peixes. O DNOCS tem usado este método em suas Estações de Piscicultura para o combate ao **Hydrotrix gardneri**, com relativo êxito.
- **Uso de herbicidas:** diversos compostos químicos têm sido usado no controle e combate a vegetação aquática de viveiros e açudes de criação de peixes, embora muitos deles sejam caros e apresentem toxicidade para os organismos aquáticos. Dentre os vários tipos usados, os sulfato de cobre (CuSO₄) e o arsenito de sódio são os menos ofensivos à vida aquática, quando aplicados nas concentrações de 1 ppm e 3 a 4 ppm, respectivamente.

Alguns produtos comerciais, largamente aplicados na agricultura, são também bastante usados no combate às plantas aquáticas, como o Endotal, o Bi-hedonal, o 2,4-D (Ácido di-clorofenoxil-acético) e muitos outros.

Com respeito ao Bi-hedonal o DNOCS desenvolveu anos atrás trabalhos experimentais em açudes, no combate a orelha da onça, **Eichhornia crassipes**, que podem ser consultados para comprovação de sua eficiência.

Dentre todos os métodos de controle e combate à vegetação aquática já vistos, sejam mecânicos, físicos e químicos, nenhum pode ser considerado como ideal, tanto sob o ponto de vista econômico, como de sua praticabilidade e maior eficiência.

Sem dúvida, o único método que atende, na verdade, a esses aspectos, é o método **biológico**, tal como podemos ver adiante.

- **Peixes:** os peixes herbívoros dão realmente um combate sistemático a vegetação aquática, reduzindo a densidade e melhorando as condições de cultivo de outros peixes. Dentre as espécies mais utilizadas neste mistér, se destacam a carpa capim, **Ctenopharyngodon idella**, a tilápia do Congo, **Tilapia rendalli**, a tilápia de Java, **Sarotherodon mossambicus**, o peixe-leite, **Chanos**, a tainha, **Mugil cephalus** e outros.

No nosso país não dispomos de espécies de peixes eminentemente herbívoras, mas já foram introduzidas muitas dessas acima citadas, principalmente no Nordeste brasileiro, como a tilápia do Congo, **T. rendalli**, que já se encontra aclimatizada. De todas, a carpa capim, **C. idella**, é a que apresenta maior eficiência, dada a sua grande voracidade pelas plantas aquáticas, que chega a consumir por dia, mais de 1 a 2 kg, em se tratando de um exemplar de 8 a 10 quilos.

O DNOCS já conta com essa espécie no seu Centro de Pesquisas Ictiológicas, em Pentecoste, Ceará, pretendendo propagá-la e disseminá-la nos reservatórios públicos e particulares da região, com vistas a combate das plantas aquáticas e como uma nova opção, alimentar para a população, por se tratar de um peixe de ótima palatibilidade.

- **Mamíferos:** dentre os mamíferos aquáticos, cujo hábito alimentar se volta exclusivamente para a vegetação, se pode citar o peixe-boi, **Trichechus manatus**, originário da bacia amazônica, também de grande eficiência nesse combate, apesar de ser uma espécie ameaçada de extinção, dada a sua captura predatória que vem sendo feita ao longo dos anos naquela região.
- **Aves:** patos e outras aves domésticas também se alimentam de plantas aquáticas, podendo contribuir satisfatoriamente, para esse mistér.
- **Insetos:** muitos tipos de insetos que têm seu ciclo de vida na água ou se desenvolvem nas folhas das plantas aquáticas, proporcionam um controle da vegetação, dado que, atacando suas partes vitais, causam a morte, como tem sido constatado com os insetos dos gêneros **Neochetina**, **Orthogalumna**, **Acigona**, **Cornops**, etc.
- **Moluscos:** algumas espécies de moluscos que se desenvolvem juntos as plantas aquáticas, podem proporcionar um controle da vegetação, em face de alterações que causam no ambiente. Indiretamente, por servirem de alimento aos peixes malacófagos, como o tambaqui, **Colossoma macropomum**, o piau verdadeiro, **Leporinus elongatus** e outros, também contribuem para isso, pois, ao serem capturados por esses organismos, são deglutidos juntamente com partes de vegetação.

2.1.2 Condições Físicas e Químicas da Água

Dentre os fatores que influenciam na produtividade do ambiente aquático, sem dúvida os **físicos** são de primordial importância, haja vista influenciarem na formação da estrutura ecológica. Passaremos a estudar alguns deles, que mais diretamente exercem seus efeitos sobre a produtividade do meio ambiente.

2.1.2.1 Temperatura, cor e transparência

Sob o ponto de vista ecológico a temperatura é um importante fator que exerce influência sobre a natureza física do ambiente tal como a **densidade**, a **viscosidade** e os **movimentos**, bem como sobre a natureza biológica, por presidir a **distribuição** dos organismos aquáticos, a **periodicidade**, a **alimentação**, **assimilação**, a **respiração** e a **reprodução**. A maioria das espécies aquáticas, principalmente dos peixes, faz exigências bem definidas quanto a temperatura sendo que em algumas a tolerância é bastante grande, podendo ser encontradas em água de clima térmico diferente. Com exceção das aves e dos mamíferos que são **homotérmicos**, os demais seres aquáticos, como os peixes, répteis e batráquios, são classificados em relação a temperatura, nos seguintes grupos:

- **Pecilotérmicos** ou **poiquilotérmicos**, impropriamente chamados de animais de sangue frio, e que, quanto a resistência a temperatura, são de dois tipos:

- **euritéricos**, que apresentam grande tolerância as mudanças de temperatura, e
- **estenotéricos**, que são exigentes quanto ao limite de temperatura, os quais, nestas condições de limitação, se subdividem:
 - estenotéricos do frio, de distribuição limitada às regiões frias, como o salmão, **Oncorhynchus** sp, a truta, **Salvelinus fontinalis**, a alga **Hydrurus** e outras; e
 - estenotéricos do calor, encontrados em águas tropicais e equatoriais, como os peixes do Nordeste brasileiro, curimatã comum, **Prochilodus cearensis**, traira, **Hoplias malabaricus**, pescada do Piauí, **Plagioscion squamosissimus**, tambaqui, **Colossoma macropomum**, as plantas aquáticas orelha de onça, **Eichhornia crassipes**, mururé, **Pistia stratiotes**, e outras.

De um modo geral os organismos aquáticos só podem subsistir num intervalo de temperaturas compreendidas entre 0°C e 50°, em média, pois são estas as temperaturas compatíveis com uma atividade metabólica normal, embora que existem notáveis exceções.

É possível definir para cada espécie uma temperatura letal inferior ou temperatura de morte pelo frio. Uma temperatura letal superior ou temperatura de morte pelo calor. Uma temperatura mínima efetiva, que é a mais baixa suportada por um organismo com vida ativa. Uma temperatura máxima efetiva, que é a mais alta, compatível com uma vida ativa prolongada. Uma temperatura de torpor pelo frio e uma temperatura de torpor pelo calor e, uma temperatura ótima preferencial, que é procurada pelo organismo. Em geral esta última se encontra mais perto da temperatura letal superior do que da temperatura letal inferior.

A tolerância dos organismos aquáticos para com a temperatura da água não é sempre a mesma em todas as fases do seu desenvolvimento e zigotos, cistos, esporos, sementes, ovos, etc., podem resistir a temperaturas muito superiores ou inferiores aos limites de tolerância de suas formas vegetativas.

Exemplo disso são muitas espécies de peixes do Nordeste como a traira, **Hoplias malabaricus**, guarú, **Poecilia vivipara**, que em condições climática precárias, como a ausência de chuvas, conseguem sobreviver em reservatórias parcialmente secos, garantindo assim a perpetuação da espécie.

A elevação da temperatura da água do meio ambiente provoca um aceleração dos processos metabólicos e sua intensidade, expressa no consumo de oxigênio pela respiração, cresce em 10% por cada grau de elevação, o que também tem sido observado durante a realização da fotossíntese.

Esta propriedade da temperatura foi estudada pelo cientista holandês - Jacobus Van't Hoff, o qual estabeleceu a lei que passou a figurar com o seu nome, de seguinte enunciado: **“Uma elevação da temperatura em 10°C, acelerada o ritmo da reação dos processos biológicos de 2 a 3 vezes”**

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

Ainda com base na mesma lei, tem sido também comprovado e demonstrado a influência da temperatura no desenvolvimento do embrião dos peixes. Para a evolução dos ovos há necessidade da absorção de certo número de calorías, fixo para cada espécie e dentro da mesma região ecológica.

O total de calorías necessárias é representado pelas chamadas Unidades Térmicas

Acumuladas (UTA), que resultam da soma das temperaturas tomadas da água onde se encontram os ovos dos peixes, desde o momento da fertilização até o da eclosão. Para cada espécie se pode determinar o número de UTA necessárias a incubação, tornando assim fácil de se conhecer a aproximação da eclosão das larvas. O período de incubação dos ovos, é, portanto, uma função da temperatura, a qual, evidentemente, não deverá exceder aos limites de tolerância.

Esta dependência da temperatura na evolução do ovo tem grande importância na prática da criação de peixes e da produção de alevinos, principalmente no caso da reprodução da espécie por métodos artificiais, ou seja, através da aplicação do hormônio hipofisário, conhecida por método Ihering de reprodução induzida de peixes.

À temperatura média de 18,4°C, ovos incubados de peixe-rei, **Odonthestes** sp, completam o seu desenvolvimento em 11 dias, enquanto a temperatura de 15,6°C são necessários 16 dias. Isto mostra, realmente, a importância da temperatura no desenvolvimento do embrião.

Em relação às espécies de peixes do Nordeste brasileiro criadas nas Estações de Pisciculturas do DNOCS, se verifica a mesma dependência, de conformidade com as nossas condições climáticas.

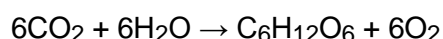
A água quimicamente pura e isenta de partículas em suspensão reflete uma cor azul. Isto é o resultado da refração da luz pelas moléculas da água. Partículas em suspensão quando presentes, absorvem a luz refletida pelas moléculas, sendo extremamente raro encontrar nas águas naturais essa cor azul, uma vez que todas elas possuem em suspensão organismos vivos e mortos, bem como material inorgânico. Normalmente, podemos verificar que a cor da água de um açude varia de um verde-azul a um azul claro, verde amarelado, amarelo escuro e outras tonalidades. Na poesia universal a cor da água tem sido muito decantada e para não constituirmos exceção, os “verdes mares bravios de minha terra natal”, exaltados por José de Alencar, o grande romancista cearense, não poderia deixar de ser aqui referido.

Assim a cor da água natural resulta da refração das moléculas em suspensão e não das moléculas da água. No caso de um açude repleto de **Volvocales**, sua água apresenta uma cor verde, refletida pelas moléculas dessa **Cloroficeae**, e assim por diante.

Sob o ponto de vista limnológico, se distinguem dois tipos de cores: **cor verdadeira**, também chamada de **cor específica** e **cor aparente**.

Muitas substâncias inorgânicas são responsáveis pela coloração que a água apresenta, mesmo depois de filtrada ou centrifugada, tais como, o **ferro**, na forma de sulfato ferroso ou óxido de ferro que dá a mesma uma coloração amarelada; **manganês e carbono**, que tendem para o marrom; **carbonato de cálcio**, responsável por uma cor verde, e **matérias humíficas**, que dão a água uma tonalidade variável de um azul ao verde ou de um amarelo claro ao marrom escuro. Em muitos açudes do Nordeste a cor da água é sempre a mesma em todas as suas partes, entretanto, em alguns há uma variação que depende também da profundidade e do substrato.

As condições óticas da água de um açude são de primordial importância para a sua produtividade natural, haja vista a realização do processo fotossintético, que se dá na presença da luz, segundo a seguinte reação química:



A luz que penetra na água não passa através dela inalterada, pois sofre modificações em função das substâncias dissolvidas e em suspensão. Assim uma parte se dispersa, outra é transformada em energia térmica e outra é absorvida, que depende do comprimento de onda do raio luminoso. Raios vermelhos são intensamente absorvidos na camada superficial, seguido do alaranjado, amarelo, violeta, verde e azul. A luz absorvida e dispersa é calculada

pelo **coeficiente de absorção**, enquanto aquela transformada é conhecida pelo **coeficiente de extinção**. O coeficiente de extinção pode ser calculado pelo índice do limite de visibilidade, através da fórmula:

$$K = \frac{1,7}{d}$$

donde **d**, é a leitura em metros, do disco de Secchi.

A visibilidade da água dos açudes varia bastante e naqueles fortemente coloridos, não chega a ultrapassar poucos centímetros. Ela pode servir de índice provisório e comparativo para a sua produtividade biológica, pois uma grande visibilidade somente poderá ser encontrada em uma água cuja produção de plâncton seja pequena.

Todavia, pequena visibilidade pode nada dizer a este respeito, uma vez que a matéria em suspensão também é causa de redução da mesma.

2.1.2.2 Oxigênio dissolvido

O oxigênio é um elemento indispensável a quase totalidade das funções vitais e se encontra na água dissolvido, em quantidades variáveis, porém em concentração superior aos demais gases. Faz-se conveniente lembrar que, ao contrário do que pensam muitas pessoas, o oxigênio dissolvido na água não é o da molécula de água: H₂O, pois se assim fosse, teria que ocorrer uma dissociação eletrolítica.

As principais fontes de oxigênio na água são **diretamente da atmosfera**, que penetra por ação mecânica provocada pelos ventos, correntes ou declividades. A agitação da água por movimento ondulatório e por cascatas, não causam uma supersaturação, como se pode imaginar. Ruttnner verificou num riacho das montanhas austríacas que a água, após descer uma cascata de 3m de altura, teve o seu teor em O₂ alterado de 12,06 ppm para 11,71 ppm. A saturação da água, com o ar, pela agitação mecânica, tem aplicação no tratamento para fins biológicos, como na criação dos peixes, todavia, uma supersaturação é causa de uma doença de peixe, conhecida por "bolha gasosa". **A ação fotossintética das plantas clorofiladas**, é outra fonte que contribue de maneira notável para a oxigenação da água. Sendo a luz indispensável para este processo, o oxigênio é produzido unicamente nas horas do dia e somente até onde a luz possa penetrar na água. A camada d'água onde a fotossíntese se realiza, é denominada de **zona trofогênica**.

De forma inversa, as causas de redução do oxigênio na água são as seguintes: **respiração dos animais e plantas**, que é uma atividade contínua, tanto durante o dia como a noite, cuja intensidade depende da temperatura ambiente. Uma certa quantidade de O₂ pode satisfazer as necessidades respiratórias dos organismos numa água fria, enquanto a mesma quantidade pode ser insuficiente aos mesmos organismos numa temperatura mais elevada. O valor fisiológico do oxigênio diminui a medida que a temperatura se eleva. Wilding, estudando o ponto de asfixia de 3 espécies de peixes, observou que os primeiros sinais se manifestaram entre 20,5 a 24,0°C, com um teor de O₂ de 2,01 a 2,25 ppm, enquanto com a mesma concentração de O₂, a temperatura de 7 a 12°C, nenhum peixe demonstrou qualquer sintoma de asfixia. **A decomposição da matéria orgânica** é outra causa que reduz o oxigênio na água, visto ser este elemento utilizado na mineralização dos compostos orgânicos, sempre em quantidades maiores nas águas quentes. A presença de outros gases, como CO₂ e o CH₄, que se misturam na água, podem eliminar o O₂ nela presente, reduzindo sua concentração, como também a **presença do ferro**, que é responsável pela exaustão do O₂ dissolvido na água, devido a oxidação dos compostos solúveis de ferro e a formação de hidróxidos férricos insolúveis.

Com exceção das bactérias anaeróbias, todos os organismos vegetais e animais aquáticos

necessitam de O₂ Muitos invertebrados podem existir na água com um baixo teor de O₂ dissolvido, algumas vezes até menos de 0,1 ppm. Entretanto, para os peixes, esta quantidade depende dos seguintes fatores:

- **temperatura**, pois quando aumenta, o metabolismo do peixe se acelera, necessitando de mais oxigênio; e
- **espécie de peixes**, visto que as exigências de O₂ depende de cada uma, em particular. Para os peixes mais antigos, filogeneticamente, as necessidades são menores, enquanto para os de clima temperado as exigências são muito maiores que para as espécies tropicais. De uma maneira geral o oxigênio dissolvido a níveis de 3 ppm, já se mostra perigoso a vida da grande maioria das espécies.

Quando o oxigênio dissolvido na água desce a esse nível mínimo, certos incidentes podem ocorrer com os peixes, antes da morte, tais como:

- **branquiotropismo**, que diz respeito a migração, tanto no sentido vertical como horizontal, a procura de locais de melhores condições;
- **enfermidades**, devido a baixa resistência orgânica provocada pela falta de oxigênio, cujos peixes se tornam vítimas da ação de bactérias, vírus e parasitas patogênicos.
- **Coleta das amostras**, depende das disponibilidades de equipamento e da situação. Amostras da superfície podem ser coletadas até por sifonagem, desde que convenientemente procedida. Todavia para a obtenção de amostras abaixo da superfície, há necessidade do uso de aparelhos apropriados, sendo os mais usados as garrafas de Kemmerer, de W. Schweder ou de Nansen. A amostra d'água deve ser colhida com toda precaução e evitada a menor agitação do líquido ou contato prolongado com a atmosfera. A amostra colhida com qualquer desses aparelhos é transferida para um vidro de rolha esmerilhada, de 250 a 300 ml de capacidade. É conveniente encher o frasco e deixar a água escorrer durante algum tempo para eliminar algumas bolhas de ar. A determinação do oxigênio dissolvido deve ser feita imediatamente. Ao mesmo tempo que se procede a coleta da amostra, se mede a temperatura da água no mesmo local, para cálculo da saturação do gás.
- **Métodos de análises:** para determinação do oxigênio dissolvido na água, são usados os seguintes métodos de análises:
 - Métodos volumétrico pela iodometria, consta dos seguintes:
 - **Método original de Winkler**, é o processo clássico de determinação de O₂ na água, tendo sido descoberto em 1888 por L. W. Winkler. Posteriormente, várias modificações foram introduzidas neste método, visando a eliminação de interferências provocadas por diversas substâncias presentes na água e que prejudicavam a precisão da análise. O método original pode ser usado ainda hoje em águas claras com baixo teor de ferro, nitritos e matéria orgânica. Os reagentes usados são: Solução de sulfato manganoso (480g em 1 litro d'água destilada), solução alcalina-iodada (500g NaOH + 135g NaI em 1 litro de água), ácido sulfúrico concentrado (d = 1,83), solução 0,025 N de tiosulfato de sódio e solução de amido (5g de amido de batata em 1 litro d'água).

Procedimento da análise:

Adicione à amostra 1 ml da solução de MnSO₄ e 1 ml da solução alcalina iodada. Ocorre nesta ocasião, a formação de hidróxido manganoso (1), o qual, na presença do oxigênio da amostra é oxidado para óxido de mangânico, como se pode ver na reação (2), que se caracteriza pela formação de um precipitado de cor marrom:



Adicione a seguir 2 ml de H_2SO_4 . Com a adição do ácido, o óxido mangânico é convertido a sulfato mangânico (3), ocorrendo libertação do iodo, que faz mudar a cor da solução para um amarelo citrino (4):



Transfira 200 ml da amostra para um frasco de Erlenmeyer e titule rapidamente com sol. 0,025 N de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, até que a cor amarela seja reduzida a uma pálida coloração. Adicione algumas gotas de amido e continue a titulação até o desaparecimento completo da cor azul, visto nesta reação (5):



Cálculo dos resultados: a quantidade do tiosulfato de sódio usado é, numericamente, igual a quantidade de O_2 dissolvido, em ppm. Para expressar o resultado em cm^3/l , multiplique o ppm por 0,695 e para converter cm^3/l em ppm, multiplique $\text{cm}^3 \times 1,43$.

Método de Winkler modificado por Ridear-Steward deve ser usado somente em águas com teor de ferro ferroso.

Método modificado pelo alcali-hipoclorito: próprio para amostras com sulfitos, tiosulfatos e cloro livre. Não oferece muita garantia.

Método modificado por Theriault, deve ser usado em águas com matéria orgânica de fácil oxidação.

Método modificado pela floculação com alumínio: próprio para amostras com elevada concentração de sólidos em suspensão.

Método de Ohle, trata-se do melhor método iodométrico para a determinação de O_2 na água, até agora desenvolvido. Entretanto a técnica é um pouco difícil de ser executada, pelo que não é muito usado.

Método pela polarografia, consiste na utilização de um instrumento elétrico, cujo funcionamento se baseia no sistema da análise polarográfica. O aparelho mede o oxigênio dissolvido e a temperatura da água, ao mesmo tempo. Estas medições são feitas por meio de um acessório, que é constituído de uma sonda de plástico, dentro da qual se encontram um anódio de prata e um catódio de ouro, envolvidos por uma membrana de teflon. A sonda está ligada á extremidade de um cabo transmissor, por onde fluem a corrente elétrica e a térmica. Realmente, a sonda não mede a quantidade de O_2 dissolvido, mas, a pressão que este gás exerce sobre a membrana de teflon. Se a pressão do oxigênio aumenta, mais oxigênio se difundirá através da membrana permeável e a corrente elétrica fluirá proporcionalmente ao aumento da pressão. Cuidados especiais devem ser dispensados ao aparelho durante a operação de medição do O_2 e da temperatura da água.

Método de avaliação do O_2 dissolvido pela temperatura: quando não se dispõe de nenhum equipamento ou dos reagentes para a determinação do O_2 dissolvido pelo método clássico de Winkler ou qualquer outro, este pode ser estimado baseado exclusivamente na temperatura da água, mediante o emprego da seguinte fórmula:

$$\text{O}_2 \text{ diss. em ppm} = 14 - (0,27 \times \text{temperatura}).$$

Método qualitativo pela madeira, nos últimos anos têm sido desenvolvido um processo de determinação do oxigênio, qualitativamente, mediante o uso de madeira, rica em tanino. Certos tipos de madeira, quando introduzidos na água com oxigênio, adquirem uma coloração própria, que indica a presença desse gás ou sua falta. O método é fácil de ser executado, principalmente por aqüicultores, para corihecimento das condições de viveiros com peixes.

Conhecida a concentração de O₂ dissolvido na água e se sabendo das exigências dos organismos aquáticos, se pode com facilidade calcular o consumo/hora da biomassa presente e as disponibilidades existentes. Assim, em um viveiro de 1 ha (10.000 m²), estocando 1000 kg de curimatã comum, **Prochilodus cearensis**, e se sabendo que para cada kilograma de peso são consumidos 800 mg de O₂/hora, enquanto a água do viveiro está com 6,5 ppm de O₂, fica fácil de estimar as reais condições do ambiente aquático.

2.1.2.3 Dióxido de carbono

A maior importância do CO₂ como responsável pela formação biológica do ecossistema, é a presença do carbono em sua molécula. O C é um dos mais versáteis elementos químicos, em face de possuir 4 elétrons, que lhe dá a capacidade de formar um fabuloso número de compostos, alguns de extrema complexidade. As numerosas e variadas atividades do CO₂ na água, são causadas pela elevada solubilidade desse gás, o qual se mostra mais solúvel que o oxigênio. Embora o ar contenha cerca de 700 vezes mais oxigênio que o CO₂, a proporção na água é mais ou menos igual, ou seja, cerca de 4 cm³/l de CO₂ para 6 cm³/l de O₂.

Nas águas naturais o CO₂ é derivado de várias fontes tais como:

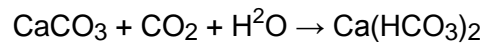
- **diretamente do ar**, onde se encontra em pequenas quantidades (cerca de 3,5:10.000), mas nas proximidades das cidades e em regiões vulcânicas, esta quantidade pode ser muito maior;
- **águas de lavagem do solo**, podem levar consigo quantidades consideráveis de CO₂, oriundo da decomposição da matéria orgânica depositada sobre o solo e que entra em contato com ela;
- **decomposição da matéria orgânica**, no fundo dos açudes ou de suas margens, podendo elevar o teor de CO₂ para valores bem superiores ao normal. Mesmo em locais de pouca profundidade, essa quantidade pode se tornar prejudicial a vida dos organismos aquáticos. Kleerekoper verificou que em uma água de grande produtividade biológica, após ter recebido enorme quantidade de CO₂ proveniente da decomposição da matéria orgânica, perdeu quase que totalmente essa produtividade, se tornando pobre em organismos vivos. Neste exemplo, o teor de CO₂ era de 3 a 4 ppm antes da água entrar em contato com a matéria orgânica, tendo subido após, para 34,8 ppm.
- **respiração de animais e plantas**, cujo processo contínuo produz e consome CO₂ dentro da água, dependendo, obviamente, da magnitude da flora e da fauna aquáticas, do tamanho relativo dos organismos vivos e da intensidade da respiração;
- **dissociação de carbonatos e bicarbonatos**, podendo se fazer presentes na água sob a forma de CO₂ fixo, incorporado aos monocarbonatos de metais alcalinos e alcalinos-terrosos, como o CaCO₃ e o MgCO₃, que são insolúveis e fracamente se dissociam, libertando o CO₂, e na forma de CO₂ semi-fixo, que se encontra incorporado aos bicarbonatos, como o de Ca(HCO₃)₂ e de Mg (HCO₃)₂, os quais apresentam relativa instabilidade, podendo se dissociarem, dependendo das

condições do meio. Quando por um motivo qualquer, uma quantidade de uma das três substâncias, dióxido de carbono livre (CO₂), moncarbonato (CO₃) e bicarbonatos (HCO₃) é modificada, quebrando o equilíbrio entre elas, as 2 restantes ajustam suas quantidades, de acordo com a nova situação. Por exemplo:

Se o teor de CO₂ livre diminui, devido a uma maior intensidade da atividade fotossintética, uma parte dos bicarbonatos se transforma em carbonatos insolúveis e dióxido de carbono livre, de conformidade com a reação abaixo:



Como os moncarbonatos são insolúveis, eles se precipitam no fundo do açude. A reação inversa se dá quando, pela maior intensidade da respiração ou decomposição da matéria orgânica, a concentração de CO₂ livre aumenta na água, além do equilíbrio existente entre as três formas. Neste caso, o excesso de CO₂ livre se combina com os moncarbonatos insolúveis para formar bicarbonatos solúveis, ou seja:



A ausência de metais, principalmente o Ca e Mg na água, faz com que o excesso de CO₂ permaneça livre. Possuindo um forte poder dissolvente, o CO₂ nestas condições, toma o nome de CO₂ agressivo, pois ataca rochas, minérios, redes de encanamento, materiais de construção, etc. Quando os materiais dissolvidos são tóxico, a água pode colocar em perigo a vida dos organismos aquáticos. Kleerekoper comenta o caso de mortandades de peixes causadas por sais de zinco dissolvidos de uma rede de ferro galvanizado, cuja água continha grande quantidade de CO₂ agressivo. Nas Estações de Piscicultura do DNOCS, de construção antiga, foram mudadas, recentemente, todas as instalações de ferro galvanizado por PVC, para evitar problemas com a criação de peixes, onde estavam a ocorrer, frequentemente, insucessos na larvicultura.

Grandes quantidades de CO₂ livre causam prejuízos à flora e fauna aquáticas, principalmente se acompanhada de baixa concentração de oxigênio dissolvido. Pior do que uma concentração elevada e constante de CO₂ livre, é uma concentração oscilante. Isto se explica pela necessidade que tem os organismos vivos de manterem constantes o pH do sangue dos animais e do suco celular dos vegetais. Um aumento da tensão do CO₂ na água obrigam o organismo a se utilizar de sua reserva alcalina para manter o equilíbrio normal. Repetidos ajustes, para mais ou para menos, podem causar a morte de peixes, como foi verificado por Kleerekoper e também por Gurgel (1960), no açude Velame, em Jaguaribara, Ceará. Sobre o valor limite letal do CO₂ livre na água, existem vários dados na literatura. Para peixes, concentrações acima de 20 ppm já podem causar prejuízos, principalmente se ocorre uma oscilação muito grande desse gás, durante as 24 horas do dia.

Causas de redução de CO₂ na água

Considerando que o CO₂ livre é um gás extremamente necessário ao meio aquático, o processo pelo qual é reduzido poderá ser cuidadosamente estudado e conhecidas as principais causas, tais como:

Processo fotossintético:

O consumo de CO₂ livre pela fotossíntese depende de diversas circunstâncias, que enumeramos:

- quantidade dos seres clorofilados, tanto plantas superiores como fitoplâncton;
- duração do efeito da luz do dia;
- transparência da água; e

- época do ano.

Algumas vezes a fotossíntese pode ocorrer debaixo de camadas de gelo, embora em quantidades reduzidas, como na presença da luz da lua.

Formação de calcários por certos organismos:

Muitos 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. Estes organismos estão relacionados com a formação de carbonatos insolúveis, cujo processo de aproveitamento não está ainda bem conhecido. Os carbonatos, eventualmente afundam e, dependendo das circunstâncias, são colocados fora de circulação.

Agitação da água:

Sob certas condições a agitação da água provoca uma libertação de CO₂ livre e semi-fixo, com conseqüente precipitação de CaCO₃. A agitação é um efetivo método para eliminar o CO₂ livre na água. Isto explica a razão das águas da superfície dos açudes conterem menores quantidades de CO₂ livre, do que as partes mais profundas.

Evaporação:

Águas contendo bicarbonatos resultam na perda do CO₂ semi-fixo e conseqüente precipitação de monocarbonatos, o que é provocado pela evaporação. Esta causa de redução do CO₂ livre é maior em açudes rasos de grande área, onde a evaporação ocorre com mais intensidade.

Alteração da pressão interna do CO₂ na água:

O gás depositado no fundo do açude é produzido às custas da decomposição da matéria orgânica, pode subir até à superfície na forma de bolhas de grande tamanho, quando a pressão interna do gás excede à pressão externa e se desprende da água.

Coleta de amostra:

Para a determinação do CO₂ livre a amostra deve ser coletada da mesma maneira como foi visto para o O₂ dissolvido. Considerando que o CO₂ livre escapa facilmente na água, entende-se que é desejável a execução da análise, imediatamente após a coleta da amostra. Quando isto não for possível no campo, a amostra deve ser conservada a uma temperatura inferior à que tin ha a água no momento da coleta e evitar toda a forma de agitação.

Método de análise:

Podem ser usados os seguintes métodos:

- Método volumétrico, segundo os métodos de análises da Universidade de Amburn (ALA, USA), que consiste na reação do dióxido de carbono livre com o carbonato de sódio, para formar bicarbonato de sódio, ou seja:



cujo ponto final da reação se dá quando, na presença do indicador, a água muda de cor. A viragem ocorre quando o pH da amostra atinge 8,3. Sabendo-se disso, a titulação com o Na₂CO₃ poderá ser feita sem o indicador, porém com o auxílio de um potenciômetro. Quando não se dispõe desse equipamento no campo, o uso do indicador o ferece o mesmo resultado, embora os cuidados devem ser maiores para evitar que seja ultrapassado o ponto final.

- interferências: A presença de sais de Al, Fe, Cr e Cu interferem na reação tornando o resultado mais elevado. Por esse motivo o método não é recomendável para amostras que contenha resíduos de minas. Também altas concentrações de sólidos totais introduzem erros na determinação, bem como a adição em excesso do indicador. Em razão do primeiro caso o método não é recomendável para a água do mar.
- reagentes: são usados os seguintes - solução indicadora de fenolftaleína (5g de fenolftaleína + 500 ml de álcool etílico a 95% + 500 ml destilada, previamente fervida), e solução 0,0454N de carbonato de sódio (2,407 g de Na₂CO₃ anidro em 1 litro de água destilada).
- procedimento: da amostra coletada retire 200 ml sem agitar a água, preferentemente por sifonagem, e coloque em um frasco de Erlenmeyer; adicione 5 a 10 gotas do indicador e caso a amostra fique rósea é porque não contém CO₂ livre, mas se permanece incolor, a presença do gás é certa; face a presença de CO₂ livre, titule a amostra, imediatamente, com uma solução 0,0454N de Na₂CO₃ até que a cor rósea definida persista durante pelo menos 30 segundos; quando o conteúdo de CO₂ livre é alto, pode ocorrer a perda de certa quantidade do gás durante a titulação. Procure evitar esse erro comum, obtendo uma segunda amostra com todos os cuidados da primeira e deixe cair, rapidamente, dentro da amostra, toda a quantidade de Na₂CO₃ que foi usado na primeira titulação. Adicione em seguida 5 a 10 gotas da solução de fenolftaleína e se a amostra permanece incolor, continue a titulação até a viragem devida. Aceita-se este segundo resultado como o mais exato.
- cálculo do resultado: usa-se a seguinte forma para calcular a quantidade de CO₂ livre em ppm. = ml Na₂CO₃ × 5.
- Método volumétrico, segundo o **United States Department of Agriculture** é semelhante ao anterior, com exceção da solução de Na₂CO₃, que tem a normalidade de 0,0227. Este método tem sido adotado pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, nos trabalhos limnológicos nos açudes do Nordeste.

Método monográfico: consiste na determinação do CO₂ livre, mediante cálculo das concentrações da alcalinidade e sólidos totais, comparados com a temperatura da água e o valor do pH. Para a execução do método se deve usar o monograma para o CO₂ livre.

Outros gases dissolvidos: metano, gás sulfídrico, nitrogênio, amônia, dióxido de enxofre, hidrogênio e monóxido de carbono.

• **Metano:** também conhecido por formeno ou gás dos pântanos, tem um fraco odor, densidade 0,55 e se liquefaz a - 164 °C. É encontrado às vezes em quantidades apreciáveis nas águas estagnadas, ricas em matéria orgânica em decomposição. Antigamente esse gás era utilizado na iluminação pública, por ser bastante inflamável o qual era canalizado e acumulado em pequenos gasômetros.

- fontes de produção: a decomposição da matéria orgânica é a maior fonte de produção. Causas favoráveis para o seu aparecimento ocorrem quando o oxigênio está ausente, desde que ele necessite de condições anaeróbias para ser formado. A época do ano influi bastante na produção desse gás, sendo que no verão, ele aparece em maior quantidade, podendo variar de apenas traços até cerca de 40 cc/l. O metano pode-se formar a partir de substâncias como ácidos graxos, álcoois e hidratos de carbono de elevado peso molecular.

- influência sobre o ecossistema: pouco se conhece sobre os efeitos do metano nos organismos aquáticos. Alguns pesquisadores têm mostrado ser esse gás atóxico para os

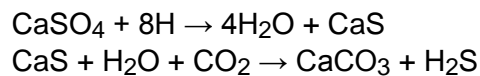
seres vivos aquáticos, enquanto outros afirmam que, em determinadas condições ele é prejudicial à vida. Sabe-se contudo, que a presença desse gás tem sido a causa da migração de muitos organismos aquáticos para outras zonas livres de sua influência. Algumas bactérias, como **Methanosarcina methanica**, muito comum em águas frias e outras dos gêneros **Methanococcus** e **Methanobacterium**, que preferem águas mais quentes, podem utilizar o carbono do metano para formar dióxido de carbono. Este CO₂ é provavelmente utilizado na síntese da matéria orgânica da bactéria.

- **Gás sulfídrico:** como o metano o gás sulfídrico se forma em condições anaeróbias, mas somente onde existam sulfatos ou outras substâncias sulfurosas na água ou na matéria orgânica em decomposição. Sua presença na água pode ser evidenciada pelo distinto odor fétido, embora muitas vezes a análise química mostre resultados negativos. É um gás muito comum nas águas contaminadas por esgotos domésticos frequentemente pode ser encontrado em lagos e viveiros, em quantidades tais que o bronze de certos instrumentos limnológicos quando simplesmente mergulhados na água, pode ser fortemente manchado por ele.

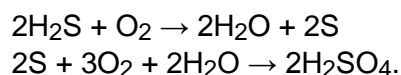
- fontes de produção: as principais causas de formação do gás sulfídrico na água são as seguintes:

- decomposição da matéria orgânica, como já dissemos acima, onde existam sulfatos ou matérias sulfurosas, o H₂S é um dos produtos da decomposição, desde que haja falta completa do oxigênio onde ele se forma.

- atividade bacteriana, certas bactérias podem formar o H₂S por redução dos sulfatos, em completa ausência de oxigênio. A reação que ocorre é esta:



A penetração de água do mar na água doce pode dar muitas vezes lugar ao desenvolvimento em massa dessas bactérias, principalmente da espécie **Microspira desulfuricans**, a presença de H₂S na água condiciona o aparecimento de outras bactérias que se utilizam desse gás para o seu desenvolvimento. O gênero mais representativo desse tipo é **Beggiatoa**, que oxida o gás sulfídrico, formando primeiro enxofre e depois ácido sulfúrico. A reação que ocorre é a seguinte:



Após a formação de ácido sulfúrico, este ataca os carbonatos e bicarbonatos que existem na água, dando origem ao aparecimento de CO₂ e sulfatos.

- letalidade, o H₂S é muito tóxico e pequenas quantidades podem causar a morte dos organismos vivos na água. Segundo **U.S. Bureau of Fisheries**, o limite máximo permissível é de 0,4 ppm. Peixes marinhos são mais sensíveis a esse gás que os de água doce. Beerman mostrou que a letalidade do H₂S é devido provocar a acidez na célula dos organismos vivos, desde que esse gás pode facilmente atravessar a membrana celular. Casos impressionantes de mortalidade de peixes têm aparecido na literatura limnológica e o mais recente diz respeito às frequentes mortalidades nas Lagoas Rodrigo de Freitas e de Camorim, na Guanabara, cujas causas, segundo Kleerekoper e L.P.H. de Oliveira, são devidas ao H₂S. Nos açudes do Nordeste não têm sido investigada a presença desse gás, embora que em alguns deles, como no Araras (Reritaba, Ce), sua presença pode ser evidenciada, em certas épocas do ano, pelo forte odor característico da água.

- **Nitrogênio:** tem uma baixa sensibilidade na água e sendo um gás inerte a quantidade que

ocorre nos lagos e açudes não muda com os processos químicos e biológicos que frequentemente estão sendo realizados em todas as águas naturais.

- fontes de produção, a principal fonte de produção do nitrogênio na água é aquela proveniente da atmosfera, embora também possa existir esse gás oriundo da decomposição da matéria orgânica no fundo do lago. Maiores quantidades ocorrem no inverno, desde que ele é mais solúvel na água fria. Em face de sua condição de gás inerte, as determinações de N livre não são comuns nas investigações limnológicas.

- influência do N na água, considerando desde muito tempo como sendo o gás menos importante dentre os que se encontram dissolvidos na água, hoje em dia já se está dando algum valor, principalmente quando aparece em quantidades elevadas, e que é dito ser a causa de uma doença de peixe, que afeta o sistema circulatório dos organismos aquáticos, provocando sua paralisação. Desconhece-se todavia, quais as quantidades letais para se produzir tais efeitos. Limnologistas têm tentado demonstrar outro aspecto da influência do nitrogênio livre na água, com respeito ao seu aproveitamento por algum tipo de alga, embora isso ainda não tenha sido convenientemente comprovado. Futuros trabalhos limnológicos em laboratório poderão demonstrar a habilidade de utilização do N pelo fitoplâncton, principalmente de algas da família **Nostocaceae** e então passar o N livre a ser uma determinação de rotina da investigação limnológica.

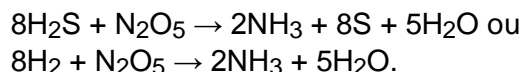
• **Amônia:** a amônia é um gás de grande solubilidade na água e que é encontrado em quase todos os ambientes aquáticos. Principalmente durante o inverno, nos países temperados e frios, consideráveis quantidades desse gás podem ocorrer, desde que se trata de um produto biológico da degradação normal das proteínas. A amônia pode também ser produzida pelos peixes de água doce, contribuindo destarte para a elevação da concentração desse gás na água. No açude Amanari, em Maranguape, Ceará, durante o período de estudos limnológicos realizados por Gurgel, esse gás não foi encontrado uma vez sequer, entretanto, Bastos, no mesmo açude, dez anos antes, encontrou um pequeno teor expresso em 0,10 ppm.

- fontes de produção, as principais causas da presença da amônia na água são:

Decomposição da matéria orgânica; com já dissemos, a amônia é um produto da decomposição dos compostos orgânicos nitrogenados e devido a sua grande solubilidade, dificilmente pode ser eliminado totalmente da água. A quantidade que pode ocorrer na água geralmente varia com a profundidade.

Atividades bacterianas; certos tipos de bactérias, chamadas desnitrificantes, têm a propriedade de se desenvolver em condições anaeróbias e reduzir os nitratos em nitritos e, conseqüentemente nitritos em amônia.

Ação redutora do H₂S ou do H nascente; tanto o gás sulfídrico como o hidrogênio nascente são poderosos agentes redutores, os quais podem reduzir os nitratos e formar amônia, segundo a reação:



- ictiotoxidade da amônia, mesmo pequenas quantidades desse gás são ditas produzir efeitos fatais, desde que os peixes perdem a capacidade de absorver o oxigênio dissolvido. Brockway, citado por Bastos, cita o caso em que, em um tanque de criação de peixe, onde a quantidade de O₂ dissolvido era elevada, houve uma mortalidade que se atribuiu fosse devido a amônia, cuja concentração era de 0,90 ppm. Os efeitos deletérios da amônia sobre os peixes estão relacionados com o valor do P^H e com a temperatura da água, porém, segundo estudos recentes, somente a molécula não ionizável da amônia (NH₃) apresenta toxicidade. A fração não ionizável do gás na água aumenta com a elevação do pH e da

temperatura. Os peixes não parecem reconhecer a presença da amônia na água, em face ser um gás inodoro, os quais morrem sem manifestar nenhuma reação de deslocamento da zona de contaminação. A ictiotoxidade da amônia e a resistência de alguns peixes de água doce do Nordeste foram estudadas no DNOCS por Bastos (1959), tendo sido constatada uma tolerância bem grande entre as espécies testadas. Segundo diversos trabalhos, quantidades superiores a 2,5 ppm, podem produzir efeitos letais nos organismos aquáticos. Entretanto, certos peixes como a carpa, o búfalo e outros suportam teores acima de 3,0 ppm. Quantidades superiores a 1,0 ppm constituem índices de poluição orgânica na água.

- método de análise, vários métodos padrões são usados, cuja seleção depende da quantidade que se su põe existir como da qualidade da amostra. O método mais comum de determinação de amônia é o da nesslerização direta, que foi descoberto por Julius Nessler, químico alemão que viveu de 1827 a 1905. Apresenta grande simplicidade, rapidez de operação e boa exatidão, principalmente na ausência de substâncias interferentes.

Coleta de amostra; para resultados dignos de confiança se deve tomar amostras coletadas recentemente, ou que nela tenha sido adicionada cerca de 2 ml de H_2SO_4 , previamente, por cada litro, para impedir a realização de processos bioquímicos que poderão dar origem ao aparecimento do gás na amostra, mesmo após coletada.

Substâncias interferentes; gás sulfídrico, dióxido de enxofre, aminas alifáticas a aromáticas, proteínas, aldeídos, acetonas e álcoois, podem interferir na coloração característica que apresenta a amostra, depois da adição do reagente. Também Ca e Mg, causam os mesmos problemas.

Reagentes; para a determinação da amônia pelo método da nesslerização direta se usa o reagente de Nessler, que pode ser preparado da seguinte maneira: dissolva 50 g de iodeto de potássio em cerca de 35 ml de água destilada, fria e isenta de amônia. Adicione uma solução saturada de cloreto mercúrico, até que se forme um leve precipitado. Adicione 400 ml de uma solução alcalina, contendo 143 g de $OHNa$. Complete com água destilada, isenta de NH_3 , até fazer um litro. Deixe em repouso durante 24 horas e em seguida decante. Guarde o reagente em frasco de cor escura, com rolha esmerilhada.

Procedimento da análise; tome 50 ml da amostra acidificada ou coletada recentemente (faça ao mesmo tempo uma prova em branco: adicione 2ml do reagente de Nessler e deixe em repouso durante 10 minutos; uma cor amarelo-alaranjado se formará na presença da amônia sendo sua intensidade proporcional à quantidade do gás na água; para se conhecer a quantidade da amônia na amostra, leve-a a um colorímetro ou espectrofotômetro.

- **Dióxido de enxofre:** pode ocorrer nas águas naturais em pequenas quantidades. Pouco se conhece sobre a influência desse gás na formação ecológica dos lagos e açudes, principalmente.
- **Hidrogênio:** o hidrogênio nascente aparece também em pequenas quantidades, resultante da decomposição anaeróbia no fundo dos lagos e açudes, mas, como o anterior, não se tem conhecimento dos efeitos deletéricos sobre a vida aquática.
- **Monóxido de carbono:** como os dois últimos citados, também sua ocorrência na água é em concentrações baixíssimas. Sob o ponto de vista biológico é de pouca significância seu aparecimento, embora tenha uma ação tóxica para os organismos aquáticos.

Literatura recomendada

Bastos, J.A.M., 1959, Importância da Amônia como Substância Ictiotóxica, Publ. Nº 159, Série I-C, Coletânea de Trabalhos Técnicos, Serv. Piscicultura, DNOCS 115–132, Fort. CE.

Reid, G., 1961, Ecology of Inland Waters and Estuaries, pág. 183–185.

Welch, P.S., 1952, Limnology, 2ª ed., pág. 198–199 e 104–105.

2.1.2.4 Sólidos Dissolvidos. Importância para a Produtividade. Lei de Liebig.

Introdução: praticamente, todas as substâncias que se encontram na crosta terrestre podem se dissolver na água. Por esta razão ela é conhecida como o mais importante silvente da natureza e a variação das substâncias dissolvidas em seu meio faz com que se constitua em uma complicadíssima mistura de substâncias químicas. A quantidade dessas substâncias varia com as características e topográficas da bacia hidrográfica do açude. Regiões pobres em sais minerais têm, por conseguinte, águas pobres em minerais. Dentre as substâncias dissolvidas e que mais de perto interessam à aqüicultura, citamos como principais as seguintes:

Substâncias inorgânicas:

- **carbonatos e bicarbonatos:** que ocorrem em maior quantidade aos demais elementos, porém o teor médio varia de 42 a 46 ppm.
- **nitratos** (NO_3): que existem em quase todas as águas, na ordem de 0,5 a 3,0 ppm.
- **nitritos** (NO_2): ocorrem em pequenas quantidades em águas não contaminadas, geralmente entre 0,1 a 2,0 ppm.
- **fósforo:** de grande importância para a assimilação fotossintética das algas, com cerca de 0,02 a 0,80 ppm.
- **cálcio:** que é imprescindível à vida, principalmente para a formação do esqueleto dos peixes e ocorre entre 0,2 a 0,4 ppm.
- **magnésio:** indispensável ao metabolismo dos vegetais e que forma parte na formação da molécula da clorofila, aparece sempre em menores quantidades que o cálcio.
- **ferro:** exerce uma ação catalizadora sobre a função fotossintética das plantas clorofiladas e é encontrado em quantidades de 0,3 a 0,5 ppm.
- **cloro:** de grande importância para a fisiologia dos organismos vivos, no que diz respeito ao seu valor osmótico, aparece com teores de 20 a 50 ppm.
- **enxofre:** toma parte na composição da proteína e pode ser encontrado na água, com teores de 8 a 15 ppm.
- **sódio:** necessário ao crescimento e desenvolvimento das plantas aquáticas, cujos teores variam de 5 a 10 ppm.
- **sílica:** necessária a formação da carapaça de algas diatomáceas, tendo sido encontradas águas contendo até 10 ppm.
- **manganês:** é necessário a muitas algas, principalmente das espécies **Chlorella** e **Cryptomonas**, por ser um ativador do sistema enzimático. É encontrado sempre em pequenas quantidades, com menos de 0,1 ppm.
- **cobre:** é um fator ecológico de grande importância e na forma de sulfato, se torna um poderoso algicida. O teor varia de 0 a 0,03 ppm.
- **zinco:** é um elemento tóxico, principalmente para o plâncton do gênero **Cladocera** e é encontrado com variações de 0,005 a 0,30 ppm.

Outros elementos como Al, gálio, urânio, rádio e tário ocorrem frequentemente em águas naturais, sendo os três últimos originados de regiões ricas em minérios radioativos.

Substâncias orgânicas: a matéria orgânica presente em solução na água pode ser proveniente de duas fontes: **autoctone**, quando é produzida no açude pelos organismos vivos a pela decomposição das plantas e animais mortos; e **alioctone**, quando é trazida pelos ventos ou introduzida na água pelas correntes, cuja natureza do material é de qualidade diversa.

Importância dos sólidos dissolvidos: já vimos atrás o papel que cabe a cada um dos elementos químicos presentes na água. Numerosas observações têm demonstrado que, com poucas exceções, a produtividade do solo e da água é limitada pelas quantidades disponíveis desses elementos. No tocante aos compostos de nitrogênio e fósforo, como um exemplo, podemos dizer que a produção biológica seria bem maior se a quantidade desses sais fosse também grande. Entretanto, condições diversas podem modificar esta situação, desde a forma em que se apresenta o elemento, como aspectos geológicos, edáficos, meteorológicos, etc., e a presença ou ausência de um elemento, poderá se tornar em um **fator limitante da produtividade**. Isto é, embora grande parte dos elementos inorgânicos ou orgânicos esteja presente nas quantidades necessárias, a falta ou pequena quantidade de um deles, limitará qualitativa e quantitativamente a produção biológica da água. Este fenômeno foi estudado em todos os seus aspectos pelo cientista alemão Justus von Liebig, considerado como o pai da química agrícola, que estabeleceu a lei das substâncias mínimas, conhecida por Lei de Liebig, de grande importância para o estudo da produtividade, não só das terras agrícolas como das águas naturais.

Medição dos sólidos totais: a concentração total das substâncias dissolvidas na água pode ser medida por simples evaporação de uma quantidade da amostra a uma temperatura de 103°C. O resíduo seco obtido contém tanto o material inorgânico como o orgânico. Mediante uma calcinação desse resíduo seco a temperatura de 550°C, várias substâncias voláteis, principalmente de natureza orgânica, são eliminados. O resíduo que fica depois da calcinação, chamado resíduo fixo, conterá somente sólidos inorgânicos e a diferença entre o resíduo seco e o resíduo fixo, é chamada de perda pela calcinação, que corresponde a quantidade de substâncias existentes na amostra. A quantidade dos sólidos totais pode ser representada em termos de ‰ (partes por mil) ou ppm (partes por milhão). A **salinidade** da água doce é definida como a concentração total dos componentes iônicos e embora esse termo não seja largamente usado nas pesquisas limnológicas sendo mais empregado na oceanografia, todavia a salinidade expressa a totalidade dos sais dissolvidos. Devido a pequena quantidade de ions que geralmente são encontrados na água, a salinidade é frequentemente expressa em mg/l, embora possa também ser representada em partes por mil (‰).

Condutibilidade Elétrica da Água ou Condutância Específica.

Introdução: ácidos, bases e sais em solução na água, são condutores de eletricidade, os quais dissociados em seus íons, são chamados de eletrólitos na solução, a condutibilidade elétrica da água dependerá, diretamente, da concentração de eletrólitos. De acordo com a solubilidade dos eletrólitos na água, eles podem ser de dois tipos:

- fracos eletrólitos, que se manifestam por uma baixa solubilidade e consequente reduzida condutância específica; e
- fortes eletrólitos, que apresentam tanta alta solubilidade como igual condutibilidade elétrica.

Os eletrólitos estão representados na água dos rios, açudes, etc., quase que exclusivamente, pelas substâncias inorgânicas, porém, certas substâncias orgânicas podem também contribuir para a elevação da condutibilidade 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 condutibilidade elétrica, são pobres em substâncias nutritivas. A medição da condutibilidade elétrica, da água, além de fornecer dados sobre a concentração total dos eletrólitos, informa também sobre os processos bioquímicos que se desenvolvem no meio aquático.

Variações da condutibilidade elétrica: diversas causas são responsáveis pelas variações da condutibilidade elétrica, sendo as principais as seguintes:

- **variações diurnas:** devido principalmente à realização do processo fotossintético pelas plantas clorofiladas;
- **variações anuais:** que podem ocorrer em alguns açudes, dependendo de suas características químicas, cuja concentração dos eletrólitos pode oscilar com as estações do ano;
- **distribuição vertical:** os processos químicos e biológicos mostram um notável efeito sobre a distribuição dos eletrólitos na água de muitos lagos e açudes, enquanto em outros, resultam em uma uniforme distribuição em todas as camadas da água.

Importância da condutibilidade elétrica da água: o conhecimento do valor da condutibilidade elétrica da água é de grande importância para vários fins, dentre os quais podemos citar:

- criação de peixes em viveiros: valores acima de 60mho (micromho) são considerados bons para a piscicultura, todavia, os valores médios entre 120 a 500 mho são os mais desejáveis. Águas naturais do Estado de São Paulo revelam baixa ionização e, no Nordeste infelizmente dispomos de poucos dados sobre a condutância específica da água de nossos açudes. Quando a condutância específica da água excede a 1000 mhos ocorrem condições prejudiciais aos peixes, plâncton, moluscos e larvas de muitos insetos. No Texas têm sido encontrado águas com valores acima de 1.000 mhos, porém a fauna dos peixes é muito limitada, constituída principalmente de peixes de pouco valor comercial, como barrigudinhos (**poecilidade**) e pequenos ciprinídeos (**barbus**). Também o conhecimento da condutância específica da água é imprescindível para a aplicação de cal ou calcário nos processos de calagem e que consistem na correção do pH da água com essas substâncias, bem como nos trabalhos de fertilização artificial com adubo inorgânico. Os valores da condutância específica devem ser controlados, durante a aplicação desses dois métodos de melhoria das qualidades biológicas da água destilada à criação de peixes, desde que as reações químicas que se sucedem podem causar sérios problemas.
- avaliação da pureza da água destilada e desmineralizada: deve ser medida, quando se deseja uma água destilada completamente pura, para uso na preparação de reagentes e soluções normais;
- verificação da influência da chuva sobre a concentração total dos sais na água;
- estudo da poluição dos ambientes aquáticos;
- estudo das substâncias nutritivas dissolvidas na água;
- estudo sobre as causas ecológicas do início da piracema e da desova dos peixes, em correlação com as condições atmosféricas; e
- estudo da produtividade biológica dos lagos e açudes: o conhecimento da condutibilidade elétrica da água de lagos e açudes permite que seja estimado o seu potencial pesqueiro através do MEI (Índice morfoedáfico), desenvolvido por Henderson e Welcomme (1974) em lagos africanos e que hoje tem aplicação universal.

O MEI diz respeito à condutividade, dividida pela profundidade média (\bar{Z}). Esta é calculada se dividindo o volume (V) pela área, na profundidade zero (A_0), expressa na seguinte equação:

$$\bar{Z} = V/A_0$$

Medição da condutibilidade elétrica da água: é feita a medição por intermédio de um aparelho, ohamado de “medidor de condutância da água”, “ponte de Wheatstone” ou ainda “pointe de condutibilidade” ou somente “condutímetro”, o qual funciona com válvulas e com três tipos de eletrodos, de cores diferentes, um azul, para águas limpas, sem poluição e de baixa condutibilidade elétrica; um verde, para águas de média poluição natural e um vermelho, para águas poluídas ou que apresentem elevada salinidade.

A quantidade de eletrólito presente na amostra é calculada pela medida recíproca da resistência que um prisma de água, de determinada base e altura, oferece à passagem de uma corrente elétrica.

A condutibilidade elétrica é expressa em micromho, o qual significa o inverso da resistência, que é representada pela unidade ohm. Também se pode representar a condutibilidade elétrica como ohm recíproco.

O valor ua condutibilidade elétrica varia muito com a temperatura de modo que esta deve ser sempre levada em consideração e os valores encontrados deverão ser computados para uma temperatura única, a fim de serem melhor comparados.

2.1.2.5 Concentração de Íons de Hidrogênio (pH)

Conceito: o que é o pH? em termos gerais e pouco preciso, se diz que o pH expressa se uma água ou uma substância qualquer, e ácida, neutra ou alcalina. Mais precisamente, é o potencial do hidrogênio iante, isto é, o símbolo que expressa o logarítmo negativo da concentração dos íons positivos de hidrogênio. Por exemplo: se uma água tem o pH = 5, isto quer dizer que ela tem uma concentração de íons de hidrogênio de 0,00001 de seu peso molecular, ou seja:

$$10^{-5} = \frac{1}{10^5} = \frac{1}{100.000} = 0,00001$$

Uma água que apresente uma major concentração de íons de hidrogênio (H^+) que íons hidroxila (OH^-) se diz é ácida, enquanto que o excesso de hidroxilas em relação ao hidrogênio, se diz ser alcalina. A igualdade de concentração H^+ e OH^- significa ser neutra. Esta reação é determinada pela dissociação eletrolítica das substâncias dissolvidas na água, conforme já vimos anteriormente. A água pura é ao mesmo tempo um ácido extremamente fraco e urna base igualmente fraca, a qual se dissociando em seus íons H e OH, a concentração de um é igual a de outro. Sendo o produto das duas concentrações igual a 10^{-14} , há portanto 10^{-7} átomos gramos de H^+ e 10^{-7} átomos gramos de OH^- por litro da amostra. O valor dessa concentração tanto pode ser considerado em relação ao potencial do hidrogênio como do potencial da hidroxila, representados simbolicamente por pH e pOH. Entretanto, como é suficiente indicar a concentração de um dos dois íons para se conhecer a reação, apenas o pH continuou em uso, sendo universalmente adotado como uma medida padrão. Assim, os valores do pH abaixo de 7 indicam um meio ácido, enquanto os superiores a 7, expressam um meio alcalino, cuja escala de valores varia de 0 a 14.

Importância do pH: pouco se sabe sobre a ação fisiológica da concentração dos íons de hidrogênio e muito menos sobre sua significação ecológica. Entretanto, está comprovada a preferência de certos organismos aquáticos para um determinado valor de pH. Sabe-se que

a alga **Ulva enteroides** cessa sua atividade fotossintética, quando o pH está acima de 9,0. Certos movimentos migratórios de peixes têm sido também atribuídos a valores diferentes de pH das águas por eles habitadas. O controle do pH da água de um viveiro de criação de peixes é de vital importância para se conseguir uma boa produção. Em países onde existem problemas com a acidez da água ou elevada alcalinidade, este controle deve ser feito cuidadosamente, para se garantir o desenvolvimento dos peixes e a sua reprodução. Os valores entre 8,5 e 9,0 são considerados como os melhores para a piscicultura em tanques e viveiros. Segundo Schaeperclaus, o cal é o melhor elemento para se manter o valor do pH de uma água próximo à neutralidade, quando esta apresenta características ácidas. O mesmo autor faz algumas observações importantes sobre os valores de pH para tanques e viveiros de criação de peixes, tais como: acima de 9,0, alcalino forte, perigoso para os organismos aquáticos; entre 8,5 e 7,0, moderadamente alcalino e neutro, sendo bom para os peixes, entre 6,5 e 5,5, moderadamente ácido, poderá ocasionar prejuízos à criação; entre 5,0 e 4,5, fortemente ácido, muito perigoso para os peixes, os quais não se reproduzem; abaixo de 4,0, totalmente ácido, completamente imprestável para a criação de peixes. Nesta faixa nenhuma correção é possível com a adição de cal. A ação tóxica do pH nos peixes é caracterizada pela precipitação de muco sobre as branquias causando a morte por sufocação ou por precipitação de proteínas dentro das células epiteliais. Desconhece-se se a temperatura ou a dureza da água concorram para o aumento da toxicidade do pH.

Varição do pH na água: é essencialmente valioso para qualquer aqüicultor o conhecimento sobre a variação do pH nas águas naturais, desde que serve como testemunho das mudanças químicas do biótopo. Esta variação pode ir de um mínimo de 3,0 ou mais abaixo, até um máximo de 10,0. Entretanto, na maioria dos lagos e açudes, a faixa de variação se situa entre 6,5 a 8,5. No açude Amanari, em Maranguape, Ceará, durante um período de observação de 16 meses, os valores mínimos e máximos encontrados foram de 7,1 e 8,5, respectivamente. As águas dos açudes do Nordeste apresentam, geralmente, uma reação moderadamente alcalina, o que significa dizer serem de boas características produtiva. Entretanto, na região Amazônica, Sioli encontrou águas bastantes ácidas, algumas com pH abaixo de 4,5. Ao norte da Suíça, no lago Blamius, o pH da água varia de 2,8 a 3,1. O mais baixo valor de pH que se conhec em uma água natural é no Japão no lago Katanuma, com 1,2, enquanto o mais elevado é no lago Nakuru, no Quênia, com 12,0.

Determinação do pH: são usados dois métodos para a medição do pH, quais sejam:

- método colorimétrico, que consiste no uso de várias substâncias, conhecidas como indicadoras e que apresentam uma cor característica dentro de uma determinada faixa do pH, cuja amostra é comparada com os padrões devidos, depois de tratada com o indicador respectivo. Entre os métodos colorimétricos mais em uso nos trabalhos limnológicos, podemos citar os seguintes:
- papel indicador
- padrões W. A. Taylor
- aparelho de Helige

Os indicadores usados e as respectivas faixas de variação do pH e mudanças de cor, são as seguintes:

azul de timol-1,8 a 2,4-de vermelho para amarelo alaranjado
azul de bromofenol-3,0 a 4,6-de amarelo para azul
vermelho de metila-4,8 a 6,0-de vermelho para amarelo
verde de bromocresol-4,0 a 5,6-de amarelo para azul
vermelho de clorofenol-5,2 a 5,6-de amarelo para vermelho
azul de bromotimol-6,0 a 7,6-de amarelo para azul
vermelho de fenol-6,8 a 8,4-de amarelo para vermelho
vermelho de cresol-7,0 a 8,2-de amarelo para púrpura

fenolftaleína-8,0 a 9,0-de incolor para róseo
azul de timol-8,0 a 9,6-de amarelo para vermelho
timolftaleína-9,0 a 10,5-de incolor para azul.

- método eletrométrico, o pH é medido com um instrumento elétrico, conhecido por potenciômetro ou pHmetro, cujo valor é obtido diretamente.

Alcalinidade da Água. Reserva Alcalina

Alcalinidade: a alcalinidade normal das águas dos rios, açudes ou dos fluidos interno do corpo é mantida pelos sais dissolvidos e outras substâncias, as quais são denominadas, conjuntamente, como reserva alcalina. Estudos realizados em seres humanos têm mostrado que a reserva alcalina do sangue previne o organismo contra a acidose a qual causa prejuízo ao metabolismo dos seres vivos. Deste modo, é possível que também os peixes, que resistem a uma grande variação do pH, possam se utilizar de suas reservas alcalinas para ajustá-las às necessidades de seus organismos. Além desse aspecto, as águas alcalinas apresentam maior produtividade biológica, quando dentro de certos limites, e, portanto, oferecem melhores condições ao desenvolvimento dos seres aquáticos, principalmente na criação de peixes em viveiros.

Substâncias responsáveis pela alcalinidade: a presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, tem sido considerado como a principal causa da alcalinidade da água. Com menos frequência, também sais de borato, silicato e fosfato podem ser responsáveis pela reação alcalina que apresenta certas águas de rios e açudes. Deste modo, a alcalinidade da água depende muito da geologia da região e também das correções da água utilizada na criação de peixes em viveiros, na qual se aplicam artificialmente, métodos de adubação orgânica e inorgânica ou de calagem, visando principalmente, o aumento da produtividade.

Determinação da alcalinidade: para melhores resultados a amostra deve ser coletada em frascos de polietileno ou de vidro pirex neutro. A determinação deve ser feita, preferentemente, dentro das primeiras 24 horas depois de coletada a amostra.

- Reagentes: são usados os seguintes:

- solução de ácido sulfúrico 0,020N
- solução indicadora de fenolftaleína (prepare como já vimos, anteriormente, para a determinação do dióxido de carbono livre).
- solução indicadora de metilorange (dissolva 0,5g de metilorange em 1 litro de água destilada; conserve a solução em vidro escuro de tampa esmerilhada).

- Procedimento: a determinação da alcalinidade da água, consta de duas etapas distintas, conforme as reações verificadas na presença de dois indicadores acima, como podemos ver a seguir:

- alcalinidade à fenolftaleína (F):

tome 100 ml da amostra e coloque em um frasco de Erlenmeyer, adicione 5 a 10 gotas da solução indicadora de fenolftaleína; caso a amostra fique rósea é porque contém carbonatos e/ou hidróxidos; permanecendo incolor, a amostra é ácida e contém dióxido de carbono livre; titule a amostra (com a cor rósea), com uma solução de ácido sulfúrico 0,20N, até o desaparecimento completo da cor; a alcalinidade a fenolftaleína expressa em partes por milhão de CaCO_3 é igual ao número de ml da solução de ácido sulfúrico usada, multiplicada por dez (10).

- alcalinidade à metilorange ou total (T):

tome 100 ml da amostra e coloque em um frasco de Erlenmeyer; adicione 2 a 5 gotas do indicador de metilorange; caso a amostra adquira uma cor amarela/laranja é porque deve conter hidróxidos, carbonatos ou bicarbonatos, mostrando ser alcalina; caso contrário, isto é,

adquira uma coloração amarela-tijolo, é porque é ácida, cujo pH da amostra deve estar em volta de 4,0; no primeiro caso, titule a amostra com uma solução 0,0020 N de ácido sulfúrico, até o ponto de viragem do indicador, que se caracteriza por uma cor amarelo-tijolo; a alcalinidade à metilorange ou, como é também chamada, alcalinidade total, é igual a quantidade de ml da solução de ácido sulfúrico que foi usada durante a titulação, multiplicada por dez (10) e expressa em partes por milhão de CaCO₃.

- Cálculo dos resultados: com base em ambas as determinações, podemos calcular as quantidades de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, expressas em CaCO₃, e responsáveis pela alcalinidade da água, mediante a seguinte tabela:

Resultado da titulação com H ₂ SO ₄ (ml do ácido)	Alcalinidade em p.p.m. de CaCO ₃		
	OH ⁻	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻
Quando F é igual a zero	0	0	T×10
Quando F é menor que 1/2 de T	0	2F×10	(T-2F)×10
Quando F é igual a metade de T	0	2F×10	0
Quando F é maior que 1/2 de T	(2F-T)×10	2(T-F)×10	0
Quando F é igual a T	T×10	0	0

Dureza total. Tipos de dureza. Classificação das águas quanto a dureza. Importância. Dureza das águas do Nordeste Brasileiro. Métodos de análise.

Introdução: a presença na água de íons de cálcio e magnésio em maior quantidade, na forma de carbonatos e bicarbonatos, além de íons de ferro, sulfato, alumínio, manganês, estrôncio, zinco e hidrogênio, em pequenas quantidades, dá a água uma propriedade química característica, conhecida na literatura limnológica por “dureza”. Originalmente, o conceito de dureza de uma água é medida de capacidade desta água, rica desses íons, para precipitar uma solução de sabão.

Tipos de dureza: a dureza de uma água pode ser de diferentes tipos, tais como:

- temporária: que pode ser removida pela ebulição da água. Ela é devida aos bicarbonatos de cálcio e de magnésio, que com este procedimento se transformam em carbonatos de cálcio ou de magnésio e se precipitam, segundo a reação abaixo:



- permanente: é devida a solubilidade dos carbonatos de cálcio ou magnésio, bem como de ácidos inorgânicos e ao sulfato de cálcio. A dureza permanente mais a dureza temporária, constitui o que se chama de “dureza total”.
- dureza de carbonatos: é aquela devido a presença de carbonatos e bicarbonatos na água.
- dureza sem carbonatos: é devido a presença de sulfatos, cloretos, nitratos e outros íons de compostos não carbonatados. A fervura não retira da água todos os carbonatos, por conseguinte, dureza temporária não é a mesma que “dureza sem carbonatos”.

Classificação das águas: quanto a dureza das águas naturais, quer de lagos, açudes, rios, poços ou outros mananciais destinados ao abastecimento público ou doméstico, são classificadas em:

- águas moles, cuja a dureza é menor que 40 ppm de CaCO₃
- águas semi-duras, quando se situa entre 40 a 300 ppm de CaCO₃
- águas duras, quando acima de 300 ppm de CaCO₃

Importância ecológica da dureza: sob o ponto de vista ecológico, as águas consideradas duras não são boas para a criação de peixes em tanques e viveiros, chegando a retardar o crescimento ou até a causar a morte. Admite-se para a criação intensiva como boa, uma água com teor de até 200 ppm de dureza em CaCO_3 . Entretanto, nos lagos e açudes, águas com teor acima disso, podem geralmente suportar uma grande população de peixes, embora nem sempre haja variedade de espécies. Eddy (1938), no seu trabalho - **A Classification of Minnesota Lakes for Fish Propagation**, publicado na revista - **Progressive Fish-Culturist**, 41, 9 – 13, encontrou entre tipos de lagos de águas com diferentes durezas, que em cada um deles havia predominância de determinadas espécies de peixes. Verificou que em lagos de água dura, de grande profundidade, a produtividade foi de 90 a 160 kg/ha/ano, enquanto em lagos rasos, alcançou mais de 400 kg/ha/ano. Poucos dados dispomos sobre os efeitos da dureza na biota dos açudes nordestinos, embora em muitos ela nos parece bastante elevada. Águas destinadas ao abastecimento público ou doméstico não devem ser duras, pois, apesar de não causarem prejuízos à saúde, são detestáveis porque diminuem a capacidade de formar espuma, nos trabalhos de lavanderia, manufatura de tecidos beneficiamento de lã, etc.

Dureza das águas naturais brasileiras: Sioli, nos seus trabalhos na Amazônia, encontrou teores pequeníssimos de dureza, como 7 ppm em CaCO_3 . Em vários açudes do Nordeste, a variação é muito grande porém, de uma maneira geral, as águas nordestinas podem ser classificadas como semi-duras.

Alguns dados podem ser vistos, tais como:

Açude Botija, em Palmácia, CE	90 ppm CaCO_3
Açude Calderão, em Piripiri, PI	67 ppm CaCO_3
Açude Poço da Cruz, Ibirimir, PE	382 ppm CaCO_3
Açude Caucaia, Caucaia, CE	323 ppm CaCO_3
Açude Amanari, Maranguape, CE	170 ppm CaCO_3
dureza permanente	128 ppm CaCO_3
dureza temporária	42 ppm CaCO_3
Açude Jacurici, Itiuba, BA	270 ppm CaCO_3
Açude Acarape do Meio, Redenção, CE	73 ppm CaCO_3
Açude Riacho da Onça, Maranguape, CE	426 ppm CaCO_3
dureza permanente	256 ppm CaCO_3
dureza temporária	170 ppm CaCO_3

Métodos de análise da dureza total: podem ser usados os seguintes métodos:

- método de Boutron-Boudet, com o líquido hidrotimétrico;
- método de Hach, com padrões próprios;
- método do EDTA, com o indicador corante negro cromo T.

Determinação do Magnésio da água: por diferença, o magnésio pode ser calculado na amostra, após as determinações do cálcio (método EDTA, já visto) e da dureza total da água, como seja:

- dureza total em CaCO_3 menos o fator 0,84253 = Magnésio em MgCO_3

Medida da dureza: é essencialmente expressa em ppm de CaCO_3 , e grau francês e grão de CaCO_3 por galão d'água, assim:

1 grau francês = 10 ppm de CaCO_3

1 grão de CaCO_3 por galão = 17,1 ppm = 142 libras por milhão de galões d'água.

1 grau francês é igual a 1g de CaCO_3 em 100 litros d'água.

2.2 Manejo da Qualidade da Água

A produtividade natural de um ambiente aquático depende da natureza da água e do solo, os quais, se não forem bem tratados, podem ser impróprios à criação de peixes. Algumas técnicas e procedimentos têm sido desenvolvidos, visando melhorar a qualidade das águas dos açudes, da mesma forma como tem sido feito para a agricultura. No Nordeste brasileiro as águas interiores são ligeiramente alcalinas, propícias portanto para a criação de organismos aquáticos. Esta condição decorre da qualidade do solo, já que a água apresenta idênticas características, visto se tratar de um diluente universal. Mesmo assim, são encontrados, nesta região, bolsões quase que totalmente impróprios, que dão a água nele inundado, característica de forte acidez. Na região sul isto ocorre com mais frequência, se fazendo necessário a correção do solo e da água. Outro aspecto de melhoria da produtividade, diz respeito ao uso de fertilizantes, prática esta que constitui uma rotina da atividade aquícola, não podendo ser desprezada para o cultivo de peixes, tanto sob forma intensiva, com extensivamente.

2.2.1 Fertilização

Por fertilização ou adubação se entende a adição de adubos na água, com a finalidade de provê-la dos nutrientes necessários à produção básica dos tanques, viveiros e açudes. Dependendo da espécie de peixe ou de organismo aquático criado, a fertilização pode substituir mais de 50% da ração necessária ou até mesmo, por completo, como é o caso da criação da tilápia do Nilo, **Oreochromis niloticus**.

Quanto ao tipo de adubo a ser utilizado, a fertilização pode ser:

- Química ou inorgânica: quando são utilizados adubos químicos empregados normalmente na agricultura e contendo, de ordinário, nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), nas proporções de 4/8/2. Várias fórmulas têm sido sugeridas por pesquisadores, visando com isto melhorar a produtividade da água. Atualmente, se aconselha a aplicar unicamente o fósforo, sob a forma de superfosfato. De acordo com Huet, a aplicação do P chega a aumentar a produtividade da água, de 50 a 100%. Normalmente são utilizados de 20 a 30 Kg de P₂O₅ triplo, por hectare. Também pode ser aplicado o P₂O₅ simples, mas este contém apenas 16% de P₂O₅, enquanto o triplo, possui 46%. Por uma regra de três simples, se pode calcular a quantidade de um ou de outro necessários para a adubação. Como o P existe em quantidades mínimas na água, em relação aos outros elementos, a adubação fosfatada dá sempre ótimos resultados. Uma das maiores vantagens do adubo químico é a fácil aplicação. Pode ser usado qualquer recipiente com pequenos buracos, como um balde de plástico, uma cuia, etc, adaptados a uma armação flutuante de isopoi, a uma câmara de ar, a um pedaço de madeira, como mulungu, ou qualquer outro material semelhante. Este método é usado para dissolver o adubo químico aos poucos e distribuí-lo em toda a área do viveiro ou açude. O recipiente contendo o adubo químico deve ficar flutuando, preso por um cordão amarrado na margem, ficando ao sabor do vento. Pode-se também distribuir o adubo por meio de uma plataforma de madeira, submersa em cerca de 30 cm da superfície. Este sistema oferece a vantagem de possibilitar uma distribuição mais uniforme em relação a área atingida pelo sistema de balde ou cuia, visto que, para um viveiro de 1 ha são necessários de 5 a 6 baldes, enquanto para outro de igual tamanho, uma plataforma é suficiente para distribuir todo o adubo na sua área.

- Orgânica: quando se utiliza de material orgânico de diferentes tipos, como sejam:

- adubo verde, constituído de plantas terrestres ou aquáticas, que ao se decompor liberam os nutrientes minerais retidos em seus tecidos, que são, posteriormente, reintegrados ao ciclo biológico do viveiro. É um tipo de adubação muito utilizado na Europa, sendo formado de vegetais não lenhosos, como gramíneas, leguminosas, cereais e outros.

- esterco de animais, que é bastante utilizado nos países asiáticos, sendo os melhores, os estrumes de porco e de aves. Também podem ser aproveitados os dejetos de outros animais, como os bois, carneiros, cavalos, coelhos, etc. A aplicação é feita na seguinte quantidade por viveiro de 1 ha:

- 2 ton, antes de colocar os peixes;

- 2 ton, na semana seguinte, antes de colocar os peixes e,

- 1 ton, semanalmente, depois de colocar os peixes. Caso haja desenvolvimento exagerado de algas, a adubação deve ser suspensa, imediatamente. Para ver como a adubação está surtindo efeito, faça sempre o teste da mão, caso não disponha de algum equipamento, como o disco de Secchi, para a determinação da visibilidade. A medida que a visibilidade diminui, significa dizer que está aumentando o fitoplâncton, podendo chegar a um ponto crítico, com sérios prejuízos para a criação. Quando a água voltar a situação normal, volte a adubá-la, tal como já vinha sendo feito.

Para controlar a distribuição igual do adubo, coloque o estrume no viveiro, dentro de um pequeno cercado de madeira, protegendo-o da chuva e do sol, com palha de coqueiro, para que não fique fraco. Infelizmente, o poder fertilizante do adubo orgânico é amplamente variável e não se sabe, exatamente, a quantidade necessária para um viveiro.

Uma das desvantagens do adubo orgânico, apesar de ser barato, é que ao se decompor, consome grande quantidade de oxigênio dissolvido da água e libera CO₂ livre de forma abundante, que pode colocar em perigo a vida dos peixes. Também estimula o desenvolvimento de algas filamentosas, que afetam o aspecto da água, causando problemas com a operação dos viveiros.

O adubo orgânico pode ser aplicado diluído em água ou a seco. Diluído, deve ser usado em sifão, a fim de fazê-lo chegar até o fundo do açude. O adubo seco é mais fácil de transportar e de se calcular a quantidade necessária.

O Centro de Pesquisas Ictiológicas Rodolfo von Ihering do DNOCS, em Pentecoste, CE, tem realizado em seus viveiros vários experimentos de cultivo de peixes com adubação orgânica, cujos resultados foram bastantes satisfatórios, como pode ser comprovado nos trabalhos publicados no Boletim Técnico do DNOCS.

- água de esgoto, é outro tipo de material orgânico que pode ser aproveitado na adubação de viveiros, conforme comunicação que foi apresentada pelos Drs. G. Schroeder e B. Hopher, da Estação de Piscicultura de Dor, em Israel, na Conferência Técnica da FAO sobre aquíicultura, realizada em 1976, na cidade de Kyoto, Japão.

Aproveitando as águas de esgoto de um "kibboutz" de 500 pessoas, introduzidas em um viveiro de 3 ha, foram produzidos ao final de 8 meses, 8.600 kg/ha de peixe, enquanto em um outro viveiro vizinho, sem este tipo de adubação, foram produzidos no mesmo período, apenas 4.700 kg/ha. Os peixes criados na água de esgoto foram mantidos durante algumas semanas em água limpa, para eliminação de odores desagradáveis e de germes patogênicos, como medida de precaução, antes de serem comercializados para consumo humano.

- corume, é o produto resultante da fermentação da urina de animais criados na pecuária e recolhida pelo aquícultor, com a finalidade de adubação de viveiros de cultivo de peixes. Este material possui uma elevada quantidade de nutrientes em solução, sendo rico em nitrogênio e potássio, mas pobre em fósforo. O DNOCS realizou experimentos de cultivos de peixes com urina de bezerreiros, com resultados satisfatórios. Uma das vantagens desse adubo é que pode ser facilmente transportado em carros-pipas ou em barris e ser distribuído, por aspersão, diretamente no viveiro. Na fazenda Uirapuru, em Fortaleza, CE, bem próxima ao

estádio Castelão, por muito tempo foi utilizado esse adubo na fertilização de viveiros de criação de peixes.

2.2.2 Calagem

Por calagem se entende a aplicação de cal extinta (cal virgem) no viveiro, com a finalidade de correção do pH do solo ou da água.

A aplicação de cal (CaO) pode ser feita de acordo com a seguinte tabela, por hectare de viveiro, valor de pH e natureza do solo, segundo Godoy:

Quantidade de cal (CaO) em t/ha			
pH do fundo	fundo argiloso	fundo pouco argiloso	fundo arenoso
5,5 a 5,9	3,0	1,8	1,0
6,0 a 6,4	2,0	1,0	0,5
6,5 a 6,9	1,0	0,6	0,2
7,0 a 7,5	0,5	0,3	0,1

A permanência do pH entre 6,5 a 8,0 é condição essencial para o desenvolvimento da cadeia alimentar e, conseqüentemente, melhoria da produtividade natural do ambiente aquático. Além disso, a calagem provoca a suspensão, estimula o ciclo de nutrientes e fornece o cálcio necessário para a estrutura dos organismos aquáticos, principalmente para a formação do esqueleto dos peixes. Além de aumentar as reservas alcalinas da água, a calagem tem também uma ação na desinfecção dos viveiros e na eliminação de peixes e larvas de insetos nocivos ao cultivo. A cal viva é de aplicação perigosa e deve ser utilizada com muito cuidado. Os operários devem proteger as partes do corpo, evitando contatos diretos com a pele e os olhos, e tendo o cuidado de não espalhar a cal contra o vento. Quando a calagem é feita diretamente no viveiro seco, ou seja, no solo, não se deve enchê-lo com água, pelo menos até 10 dias depois de feita a calagem.

Diante dos aspectos aqui representados sobre os métodos de aumento da produtividade natural dos ambientes aquáticos, se torna fácil evidenciar que isto depende, primordialmente, da interdependência existente entre a ÁGUA, a FERTILIZAÇÃO e os PEIXES.

