

## Gestão de Agroecossistemas e Qualidade das Águas

Rosa T.S. Frighetto <sup>1</sup>

Júlio Ferraz de Queiroz <sup>2</sup>

### Introdução

Ecossistema é a unidade básica funcional da ecologia, formado pela associação das entidades bióticas e o ambiente. São sistemas abertos com fluxos de espécies, materiais e energia e devem ser compreendidos no contexto de suas vizinhanças ou paisagem de entorno. O enfoque nos ecossistemas demandará o uso de metodologias científicas que abrangem todos os níveis de organização biológica, a qual agrega a estrutura, os processos, as funções e as interações entre os organismos e o seu ambiente. Reconhece que o homem e sua diversidade cultural são componentes integrais.

Os ecossistemas podem ser naturais (sem influência humana, com auto-regulação), quase-naturais (com pequena influência humana, capazes de auto-regulação), semi-naturais (fragmentos florestais pequenos, com limitada capacidade de auto-regulação), antropogênicos (agroecossistemas, que dependem de controle e manejo), e tecno-ecossistemas (povoamentos, cidades, sistemas de tráfego, indústria, e sistemas de produção aquícola, que dependem do controle e manejo do homem). Os tecno-ecossistemas são constituídos de: 1. ambiente - que fornece energia e substâncias inorgânicas e orgânicas, 2. componentes autotróficos, ou vegetais, 3. consumidores ou componentes heterotróficos, ou animais, e 4. decompositores ou recicladores, ou componentes saprofiticos, fungos e bactérias em geral, formando-se a cadeia alimentar.

Entende-se por impactos ambientais de natureza antrópica - a ação do homem sobre o ambiente - aqueles efeitos sobre a dinâmica populacional causados pelo uso e ocupação do solo, pela produção agrícola, pelo descarte de rejeitos e dejetos, pelo uso de substâncias tóxicas em atividades normais ou seu derramamento acidental, abrangendo também as ações de proteção e recuperação de áreas específicas.

---

<sup>1</sup> Química, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna (SP). e-mail: rosa@cnpma.embrapa.br

<sup>2</sup> Oceanólogo, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna (SP). e-mail: jqueiroz@cnpma.embrapa.br

A água permeia e dita a dinâmica desses ecossistemas de dois modos: a) a qualidade da água e a sua quantidade determinando as características de um ecossistema, quais sejam, sua diversidade, abundância, regularidade, resiliência e evolução ao clímax, e b) a estrutura e a função dos ecossistemas determinando a qualidade e quantidade da água neles produzida.

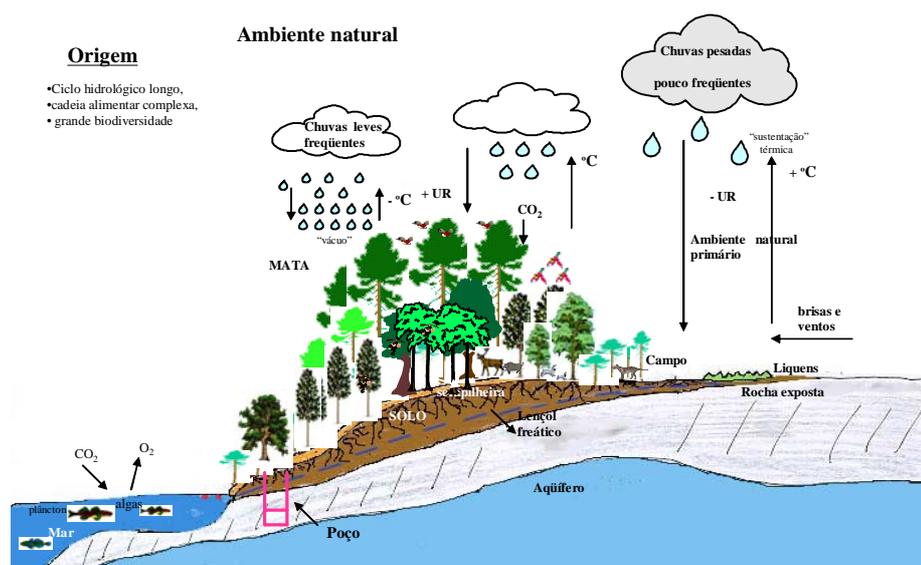
### **Gestão Ambiental em Bacias Hidrográficas**

Tradicionalmente, o regime de licenciamento ambiental de atividades econômicas em todo o mundo é individual, pela atuação do órgão ambiental analisando caso a caso as solicitações. Ou seja, a análise dos impactos ambientais de um determinado empreendimento é feita de forma totalmente independente de outras atividades na mesma região. E mais, o licenciamento ambiental desse empreendimento econômico, via de regra, não depende como também não interfere no resultado dos novos pedidos de licenciamento, uma vez que esses são baseados exclusivamente no Estudo de Impacto Ambiental e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental do caso em pauta.

Em contraposição, a gestão ambiental do uso e manejo dos recursos naturais de uma unidade geográfica, região, microbacia, comunidade, etc. utiliza uma abordagem holística entre potencialidades, limitações e fragilidades dos recursos naturais de um dado ambiente para as diferentes alternativas econômicas concorrentes, quanto a sua sustentabilidade. Ou seja, uma bacia hidrográfica é percebida como uma única unidade de gestão ambiental, em que as atividades econômicas potenciais e reais são analisadas de forma agregada, no seu conjunto e com todas as suas interdependências.

Melhor exemplificando a aplicação desse conceito, os instrumentos básicos para a gestão ambiental, tais como o zoneamento econômico-ecológico, são implementados no sentido de conhecer a potencialidade real dos recursos naturais em termos de riqueza em biodiversidade e outros atributos ambientais que indiquem a necessidade de preservação. Ou ainda, indicadores do potencial de manejo e uso econômico sob diferentes níveis e restrições visando a sustentabilidade. Em resumo, a idéia é alocar cada atividade, seja produtiva ou não (serviços ambientais), de acordo com o seu potencial, e mais, limitado pela capacidade de suporte agregada da unidade de gestão em pauta, considerando-se todas as possíveis atividades alternativas no seu conjunto.

Atualmente, várias experiências internacionais mostram o potencial do zoneamento para fins de gestão ambiental, desde que, além da cartografia que indica as melhores alternativas e os limites e restrições ambientais de adoção voluntária, esse zoneamento seja associado a instrumentos legais e econômicos (benefícios e penalidades monetárias) que levem à indução de uma alocação adequada de novas atividades ou a realocação de atividades já em funcionamento.



Processo de evolução, diversificação e desenvolvimento dos ecossistemas naturais primários. (Primavesi & Primavesi, 2003 – modificado)

Além disso, as inovações recentes em termos de planejamento e implementação do monitoramento ambiental também apontam para a abordagem de visão integrada de unidades de gestão ambiental, com toda a sua dinâmica e interdependências. E, nesse sentido, tem crescido o uso do conceito de bacias hidrográficas como unidade de gestão. Em termos práticos, programas como de conservação de solos no Brasil, em que as primeiras ações foram iniciadas ainda na década de setenta, têm evoluído da consideração de uma fazenda ou propriedade como unidade de gestão para a abordagem sistêmica do conjunto das fazendas ou propriedades em uma bacia hidrográfica. Acrescentem-se, também, as ações coordenadas compartilhadas, entre os agricultores, na reconstituição de matas ciliares, conservação de nascentes e mesmo na implantação de práticas como terraceamento, cordões de contorno, plantios em nível, etc. Uma abordagem que,

além de facilitar o pensar e o agir coletivo, tem aumentado a efetividade dos programas em busca de resultados ambientais.

Vale lembrar também que essas mudanças vêm acompanhadas de outras inovações em termos de gestão ambiental. É a introdução da abordagem participativa dos setores produtivos que, no passado eram apenas cumpridores das restrições e requisitos ambientais formulados sem a sua interferência e participação, agora passam a exercer papéis pró-ativos, de indução de processos de elaboração da legislação e de sistemas de gestão fundamentalmente participativos. Os resultados dessa participação múltipla de atores envolvidos têm levado a legislações e regulamentos ambientais que, por princípio, nascem totalmente viáveis, desde que levem em consideração tanto as necessidades ambientais quanto a realidade do setor produtivo alvo dessas regulamentações.

Em várias situações, regulamentos ambientais assim construídos são implementados a partir de responsabilidades compartilhadas, principalmente, entre o órgão ambiental e o setor visado. E nesse caso, geralmente, são estabelecidas metas ambientais para o conjunto do setor, atribuindo-se aos próprios participantes do setor o monitoramento participativo, e ao órgão ambiental a fiscalização por amostragem, em que as penalidades valem para todo o setor. Outra inovação que essa abordagem traz é a possibilidade de negociações entre as partes, visando o alcance dos objetivos ambientais percebidos em todas as suas dimensões (ecológicos, econômicos e sociais) com relações de troca socialmente definidas.

Para o caso da carcinicultura, é importante registrar que esta abordagem, ao adotar o conceito de sustentabilidade ambiental ampla, certamente levará a negociações de relações de troca entre os objetivos ecológicos (preservação do ecossistema no estado natural), econômicos (a necessidade de emprego, renda e receitas tributárias) e sociais (proteção, fortalecimento e desenvolvimento integral das comunidades tradicionais), que devem ser definidas de forma participativa.

### **Gestão Ambiental nas Áreas de Proteção Ambiental**

A Mata Atlântica se estende ao longo da costa brasileira entre 30°S (Torres-RS) e 6°S (Rio Grande do Norte). A atividade agropecuária atinge seu ápice no Nordeste, notadamente pela cana-de-açúcar. Ao lado de outras expressões na agricultura empresarial convivem a pecuária extensiva, pouco cuidada, e a

agricultura familiar de manejo intensivo ou não, comprometendo em alguns pontos o pouco que resta desse Bioma.

Os principais desafios ambientais para a região de domínio ecológico da Mata Atlântica são bastante inter-relacionados, porém segmentados em temas determinantes de sucesso, como: 1- orientação para ocupação racional do espaço rural através do instrumento de zoneamento ecológico-econômico, que alia os aspectos ecológicos, econômicos e sociais num único instrumento; 2- necessidade do desenvolvimento de sistemas destinados a otimizar a utilização do espaço rural pela agricultura e pecuária, buscando-se reduzir a pressão sobre os recursos naturais pela redução da necessidade de expansão da fronteira agropecuária; 3- disposição adequada de resíduos sólidos agroindustriais e tratamento de efluentes gerados na produção antes de seu despejo nos rios, estuários, lagos ou mananciais, bem como compostagem de resíduos orgânicos e, por fim; 4- educação ambiental voltada para aumentar a percepção ambiental dos pequenos agricultores e de moradores da própria área, bem como daqueles que exploram o seu entorno.

As Áreas de Proteção Ambiental (APA) pertencem ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) de uso sustentável (LEI No 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000). As APAs têm o propósito de disciplinar a ocupação e promover a proteção dos recursos naturais, assegurar o bem-estar da população residente e incrementar as condições ecológicas locais. A APA da Barra do Rio Mamanguape (14.460 ha) situa-se na mesorregião da zona da mata da Paraíba e o uso de recursos naturais nessas áreas deve assegurar, acima de tudo, a integridade dos atributos que justificaram sua criação. Além de considerar, sobretudo, a ação advinda do entorno dessa área específica que apresenta grande influência sobre o solo, atmosfera e corpos de água, necessitando, pois, um estudo prévio desses atributos antes de implantar qualquer atividade produtiva, agrícola ou não agrícola. Dentre as atividades realizadas na APA destacam-se Usinas de açúcar e álcool, atividade de turismo com destaque para o Centro Nacional de Mamíferos Aquáticos relacionado ao Projeto Peixe-Boi (IBAMA), atividades familiares de subsistência, estabelecimentos de carcinicultura (camarões marinhos), com maior expressão ao longo da costa dos Estados da Bahia até o Piauí.

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba apresenta, na proposta de Instituição do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte (CERH-PB, 2004), como os principais problemas existentes nessa área relativos à

degradação ambiental e comprometimento da qualidade de vida da população residente, o desmatamento da vegetação ciliar, com conseqüente índice elevado de assoreamento dos rios, irrigação sem adequado planejamento e monitoramento e o uso de agrotóxicos. Com relação à demanda pelo uso dos recursos hídricos, apresenta a preocupação essencialmente quanto à qualidade das águas, alertando para a proteção dos mananciais, pelo processo de salinização, principalmente nas áreas com acelerado processo de exploração agrícola utilizando irrigação, além da poluição proveniente das áreas mais densamente habitadas, com resíduos da indústria canvieira, dos hospitais, da disposição do lixo, do esgoto urbano, entre outros.

### **Uso da terra e a Conservação das Águas**

A atual dinâmica do desenvolvimento agropecuário brasileiro enfatiza a inserção produtiva voltada ao mercado, a agregação de valor e a vinculação das atividades rurais com a qualidade do alimento produzido, as práticas de conservação do ambiente e a inclusão das comunidades ao processo de produção. Essas são condições fundamentais para promoção do desenvolvimento sustentável, preponderantemente onde existam demandas para a gestão ambiental do território, como ocorre em áreas de especial interesse ecológico, como Unidades de Conservação e seu entorno (IBAMA/PB, 2003).

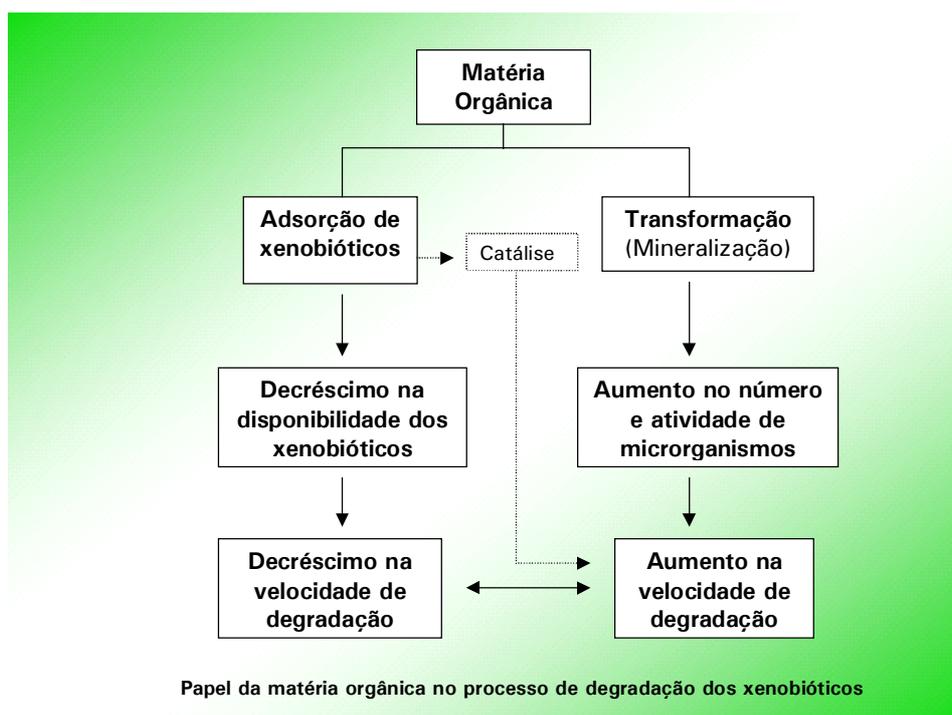
A atividade agrícola é apontada como fonte potencialmente poluidora de mananciais, principalmente, pela sua característica difusa e, portanto, pouco perceptível em decorrência da intensificação dos sistemas de cultivo, com uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes químicos, da mecanização e da irrigação. Soma-se a esse cenário a expansão da agroindústria que, pelas suas particularidades, também consome muita água ao mesmo tempo em que causa poluição dos mananciais, com efluentes oriundos da própria produção, como é o caso da aqüicultura, e da água usada na indústria de transformação, como a lavagem de carcaças, quando gerados pelos frigoríficos, e de resíduos de leite, quando gerados pelos laticínios.



Ponto de coleta mostrando a falta de proteção dos recursos hídricos contra o escoamento superficial.

Além disso, é notório o impacto do avanço das atividades em áreas reservadas às matas ciliares, de proteção de mananciais, ou daquelas destinadas à proteção do solo visando conter processos erosivos, como as de encostas acentuadas, em função da expansão das áreas para exploração da produção agropecuária e pela exaustão dos recursos naturais básicos devido à inadequação de atividades desenvolvidas e do emprego de tecnologias relacionadas.

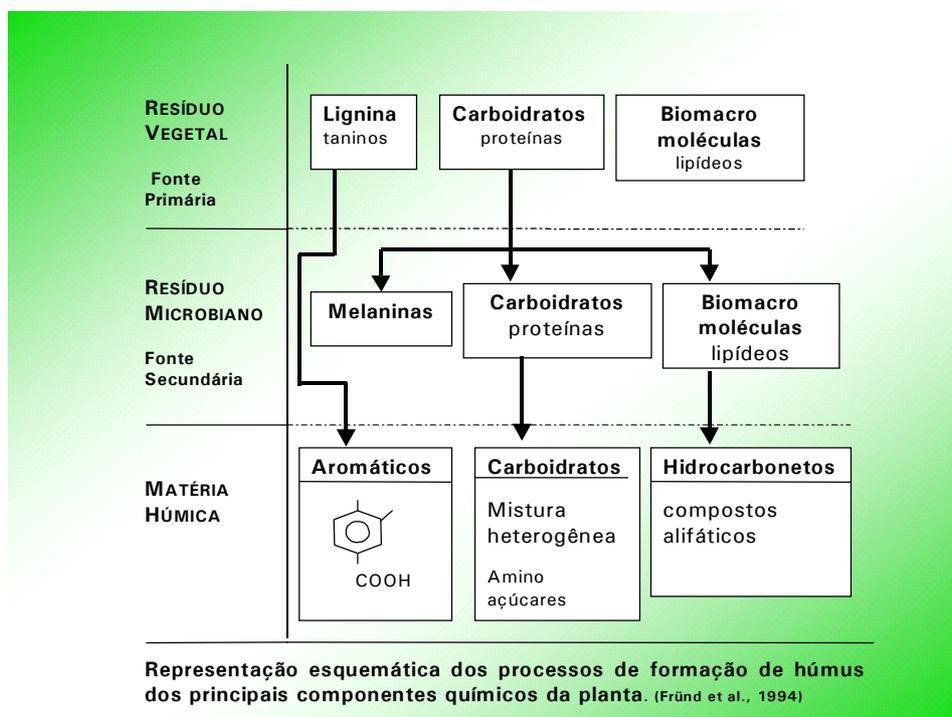
O solo é um dos habitats mais diversificados, contendo as associações mais diversas de organismos vivos, principalmente nos trópicos úmidos. É recomendável que se considere a interação indissociável entre o solo e a planta, o que aumenta o grau de diversidade biológica, incluindo-se nele a diversidade de plantas e seu sistema radicular. Essa diversidade é considerada como base para uma agricultura sustentável, com destaque para os processos de gênese e a estruturação do solo, decomposição ou reciclagem de materiais orgânicos naturais, ciclagem de nutrientes, aumento da água residente e alongamento do ciclo da água, movimentação e degradação (por exemplo, de agroquímicos), proteção e estímulo ao crescimento de plantas, seqüestro de carbono e imobilização de nutrientes, dentre outros.



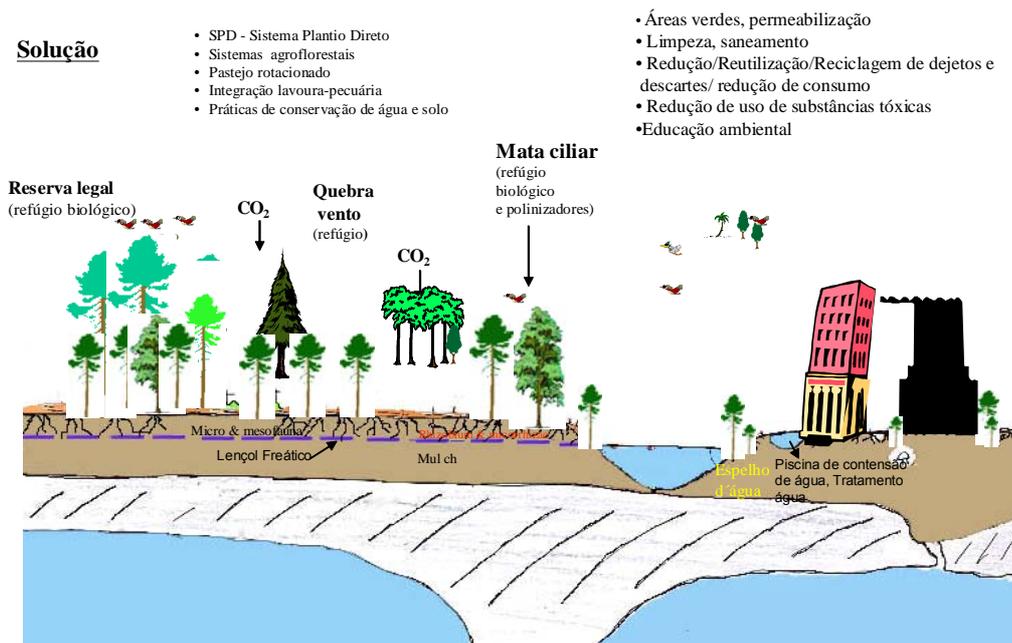
A diversidade é a peça-chave para a sustentabilidade agrícola e pode constituir-se em um bom indicador para a saúde do solo e do agroecossistema, não necessariamente pelo número de indivíduos ou espécies, mas pela razão entre os grupos funcionais ativos e o resultado ou concentração das atividades biológicas. Os sistemas agroflorestais, consorciações, culturas intercalares e associações de culturas são práticas que promovem um desenvolvimento de forma ecológica. São práticas que promovem o enriquecimento da diversidade química e biológica do solo, através da decomposição e humificação de materiais orgânicos, cujas fontes primárias são os restos vegetais e as secundárias são os resíduos de microrganismos.

A interação entre o solo e a planta constitui-se no enfoque mais importante na faixa de preservação permanente dos cursos d'água, denominada de matas ciliares, formada de vegetação nativa ou reconstituída às margens de rios, lagos, nascentes e mananciais em geral, para garantir a qualidade e quantidade das águas. A sua eficiência na redução do assoreamento e contaminação depende da largura dessa faixa e da rugosidade na superfície do terreno, e desempenha um papel importante no controle hidrológico de uma bacia hidrográfica, regulando o fluxo de água superficial e sub-superficial e, assim, do lençol freático, dos sedimentos, nutrientes e

produtos químicos entre as áreas mais altas da bacia e o sistema aquático, atuando como um filtro ou como um “sistema tampão”.



Esse processo envolve o desenvolvimento de um solo mais permeável através da interação solo-planta, permitindo o armazenamento da água residente e, conseqüentemente, um aumento na umidade relativa do ar através da transpiração e evaporação, e uma vazão mais estável das nascentes e dos cursos d'água. Além desses atributos, elas atuam como repositórios da diversidade florística e como áreas de refúgio para a fauna local.



Soluções para a **recuperação de ambientes agrícolas e urbanos**, e sua integração com ambientes naturais, ao nível de bacia hidrográfica (Primavesi & Primavesi, 2003 – modificado)

## Monitoramento da Qualidade das águas

Os parâmetros básicos considerados na avaliação da qualidade das águas são: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade específica, sólidos totais e sólidos totais dissolvidos, alcalinidade total e dureza total, demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_5$ ) e demanda química de oxigênio (DQO), amônia total, nitrato, nitrito, fósforo total, fósforo dissolvido, clorofila-a e indicadores microbiológicos (coliformes totais e coliformes fecais).

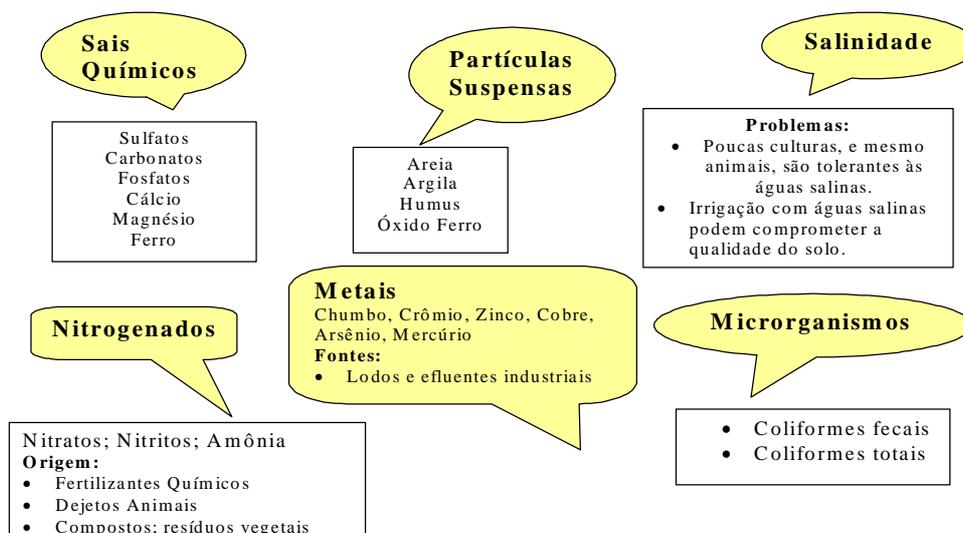
### Temperatura

A temperatura da água afeta diretamente todo e qualquer processo químico (reações químicas) e biológico (crescimento de organismos aquáticos, reprodução de peixes, etc), influenciando assim na qualidade química da água bem como da densidade da população biológica.

O aumento da temperatura está diretamente relacionado com a absorção da radiação solar nas camadas de água superficial, de modo que, devido à densidade da água diminuir com o aumento da temperatura acima de  $4^{\circ}\text{C}$ , as águas superficiais podem se tornar tão quentes e leves, que elas não irão se misturar com a água mais fria e mais densa situada nas camadas mais profundas. Portanto, as

diferenças de densidade da água em função da absorção da radiação solar são muito importantes para compreender os efeitos da temperatura sobre a disponibilidade de oxigênio dissolvido, e principalmente para otimizar o monitoramento da qualidade da água muito profunda. A temperatura da água também afeta diretamente a sobrevivência e a reprodução das espécies aquáticas, e exerce uma enorme influência sobre grande parte das reações físico-químicas e biológicas.

### PARÂMETROS PARA ANÁLISE DA ÁGUA



Por esta razão certos procedimentos rotineiros de manejo, como a alimentação e a fertilização, devem ser interrompidos ou reduzidos durante o inverno, em decorrência dos efeitos pronunciados da temperatura sobre os processos químicos e biológicos. Por outro lado, a velocidade das reações químicas e biológicas dobra para cada aumento de 10°C. Isso significa que os organismos aquáticos irão consumir praticamente duas vezes mais oxigênio dissolvido a 30°C do que a 20°C, e as reações químicas irão se processar mais rapidamente. Os tratamentos químicos aplicados aos viveiros para controle da acidez do solo e da qualidade da água, também são afetados pela temperatura. Em águas mais quentes, a dissolução dos fertilizantes é afetada, a ação dos herbicidas é mais rápida, a rotenona ou “timbó” (raiz de uma planta da Amazônia utilizada para eliminar predadores) degrada-se mais rapidamente, e as taxas de consumo de oxigênio pela decomposição da matéria orgânica também são maiores.

## **pH**

O pH é um dos parâmetros mais comuns utilizados na análise da qualidade de água e determina a acidez ou alcalinidade do líquido pela medida da concentração de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) a uma dada temperatura. É representado pela equação logarítmica negativa da concentração molar de hidrogênio em uma solução. Água pura é descrita como neutra e apresenta pH igual a 7. A presença de  $CO_2$  dissolvido contribui para um valor de  $pH < 7$ , através da dissociação do ácido carbônico que fornece os íons hidrogênio, fazendo com que haja a diminuição de pH. O valor do pH pode mudar em função da hora do dia em que é medido devido aos diferentes processos bioquímicos que ocorrem na água e, em consequência, pode influir nas atividades dos organismos bentônicos, por exemplo, e interferir no processo de decomposição e ciclagem de nutrientes.

Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, portanto, alterações bruscas do pH da água podem acarretar o desaparecimento dos seres vivos presentes, bem como valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água, além de contribuir para uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio presentes no sistema aquático (por exemplo, nos sedimentos) e dificultar uma futura descontaminação das águas.

## **Oxigênio Dissolvido**

O oxigênio dissolvido é a variável de qualidade de água mais crítica para a manutenção da biodiversidade dos ecossistemas aquáticos. Vários fatores interferem diretamente na concentração de oxigênio dissolvido, entre eles, destacam-se a temperatura, a salinidade e a altitude do local. Um aumento de temperatura de  $15^\circ C$  para  $30^\circ C$  em grandes altitudes, isto é, acima de 1.000 metros, reduz a concentração de oxigênio dissolvido na água de 8,6 mg/L para 6,6 mg/L.

Além disso, o oxigênio dissolvido (OD) é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio. Através da medição do teor de oxigênio dissolvido, podem-se avaliar os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação bioquímica. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática.

### **Turbidez**

A turbidez da água é causada pela presença de material particulado em suspensão, que pode ser material mineral, areia, argila, resíduos orgânicos, e outros tipos de materiais biológicos. Além de causar grande impacto estético e diminuição na penetração de raios solares, o que provoca efeito nos diferentes processos químicos e biológicos, aos materiais em suspensão podem estar associados os metais pesados e componentes da agroquímica. Portanto, é um indicador importante a ser considerado no monitoramento da qualidade da água.

Nos viveiros de aquicultura, freqüentemente, ela varia de 10 a 50 unidades nefelométricas (UNT). Várias substâncias podem causar a turbidez da água, porém, o plâncton e as partículas de solo suspensas são as fontes mais comuns de turbidez. Nos viveiros onde a turbidez é resultante dos organismos planctônicos, ela pode ser considerada como um aspecto desejável, enquanto que a turbidez causada por partículas de argila em suspensão é prejudicial para a maioria dos organismos aquáticos. Mesmo nessa condição as partículas de argila raramente são suficientemente abundantes na água a ponto de prejudicar diretamente os organismos aquáticos. As partículas mais finas que permanecem em suspensão restringem a penetração da luz e limitam o crescimento das plantas. Uma turbidez persistente de argila que restringe a visibilidade da água em 30 cm ou menos pode impedir o desenvolvimento do fitoplâncton.

### **Condutividade Elétrica**

A medida da condutividade elétrica da água expressa a capacidade de conduzir uma corrente elétrica em função da concentração de íons (cátions e ânions) presentes na água, dependente de uma dada temperatura, em unidades de *Siemens/m* e suas subunidades como *mS/cm*,  $\mu\text{S/cm}$ , *dS/m*, etc. A partir da condutividade elétrica pode-se calcular, de forma aproximada, a salinidade total ( $S_t$ ), mediante a expressão:  $S_t \text{ (mg/L)} \approx 0,7\text{CE } (\mu\text{S/cm})$ . A salinidade total da água representa o conteúdo total de sais dissolvidos (em mg/L ou em ppm) e serve para determinar seu grau de mineralização. A sonda de medição fornece resultado na forma de condutividade específica, isto é a leitura já normalizada em função da temperatura da água no local. O valor dos resíduos de sais também depende das características geoquímicas dos materiais geológicos. Alguns constituintes como sódio, cloro, bicarbonato e boro, a certas concentrações, expressam toxicidade específica a culturas sensíveis.

### **Sólidos Totais Suspensos e Sólidos Totais Dissolvidos**

A quantidade de sólidos totais suspensos expressa em mg/L é uma medida da matéria particulada em suspensão. Obviamente, uma parcela da matéria particulada irá precipitar-se. Os sólidos precipitáveis representam a quantidade de matéria particulada que irá precipitar de uma amostra de água sob condições de teste específicas. Os sólidos totais suspensos (STS) podem ser estimados pela pesagem do resíduo retido no filtro de fibra de vidro usado na análise de sólidos totais dissolvidos (SDT). Os sólidos totais suspensos e os sólidos precipitáveis contidos em efluentes de viveiros utilizados pela aquicultura são uma indicação da carga poluente desses efluentes.

Os sólidos em suspensão são os grandes responsáveis pela turbidez da água e também pelas constantes aplicações de calcário agrícola e outros produtos químicos. Os sólidos representam a parcela da amostra de água que não é perdida em função da evaporação, e incluem a matéria orgânica dissolvida, matéria orgânica particulada, substâncias orgânicas dissolvidas exceto gases, dióxido de carbono contido no bicarbonato, e substâncias inorgânicas particuladas.

Esse parâmetro é medido por meio da pesagem da quantidade de material que fica retido pela passagem da água em um filtro fino. Em geral, as concentrações de sólidos suspensos variam de 10 a 50 mg/L, porém, concentrações mais elevadas podem ocorrer em locais com alta turbidez. A concentração de sólidos totais (ST) representa a quantidade de matéria orgânica e inorgânica dissolvida e particulada na água, e é determinada pela evaporação de uma amostra bruta de água e pela pesagem posterior do resíduo, sendo expressa pelo peso do resíduo em mg/L.

### **Alcalinidade Total**

A alcalinidade total se refere à concentração total de bases na água expressa em miligramas por litro de equivalente de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). A alcalinidade total da água é derivada principalmente da dissolução do calcário dos solos, dessa forma a concentração da alcalinidade total é determinada principalmente pelas características do solo. Por exemplo, áreas com solos arenosos freqüentemente apresentam valores de alcalinidade total abaixo de 20 mg/L, enquanto que áreas com solos calcários podem apresentar uma alcalinidade total acima de 100 mg/L.

A localização é outro fator que influencia a alcalinidade, que será maior nas regiões áridas em comparação com áreas mais úmidas. Além disso, a fertilidade

natural das águas aumenta com o aumento da alcalinidade total até pelo menos 150 mg/L. Entretanto, águas com alcalinidade total acima de 20 mg/L já podem produzir em abundância peixes e outros organismos aquáticos, e se a alcalinidade for menor do que 20 mg/L é preciso fazer a calagem dessas águas. Para efeito de legislação ambiental a alcalinidade e a dureza total não são consideradas, entretanto, ambos são parâmetros muito importantes para avaliar a qualidade da água de reservatórios e viveiros utilizados pela aqüicultura.

### **Dureza Total**

A concentração de todos os cátions bivalentes na água é definida como dureza total, e é expressa em miligramas por litro de equivalente de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). O cálcio e o magnésio são os cátions bivalentes dominantes nas águas da maioria dos viveiros e reservatórios. Portanto, como regra geral, a dureza, como a alcalinidade, é derivada da dissolução do calcário.

Na maioria das águas, a dureza e a alcalinidade total são aproximadamente iguais, isso porque, quando o calcário é dissolvido ele produz quantidades iguais de alcalinidade e dureza total. Entretanto, algumas exceções bem interessantes são encontradas. Em regiões áridas os carbonatos tendem a precipitar conforme a salinidade aumenta, e isso faz com que a alcalinidade seja menor do que a dureza. Em águas muito ácidas, a dureza é geralmente maior do que a alcalinidade, porque o bicarbonato é neutralizado pela acidez, porém, os íons que conferem a dureza permanecem. Em algumas áreas costeiras, as águas de poço podem possuir alcalinidade muito maior do que a dureza devido à troca de sódio por cálcio nos aquíferos. As águas de poços desse tipo são conhecidas por serem naturalmente leves. Quando essa água é utilizada para abastecer viveiros a fotossíntese pode causar um aumento do pH.

O intervalo desejável para a dureza total é o mesmo que para a alcalinidade total, portanto, é recomendável que a alcalinidade e a dureza total apresentem valores superiores a 20mg/L  $\text{CaCO}_3$ , para que ocorra um bom desenvolvimento de fitoplâncton, e também para evitar que aconteçam grandes variações de pH durante o dia e a noite.

### **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbias, isto é, avalia a quantidade de oxigênio dissolvido, em mg/L, que será

consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação a 20 °C é freqüentemente usado e referido como DBO<sub>5,20</sub>. Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por efluentes de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Um elevado valor de DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, poder obstruir os filtros de areia utilizadas nas estações de tratamento de água.

### **Demanda Química de Oxigênio (DQO)**

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO, normalmente, são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor e em primeiro lugar, orientando o teste da DBO. A análise da DQO dá uma estimativa completa do grau poluente presente e detecta aquelas substâncias resistentes à degradação biológica. O aumento da concentração da DQO num corpo d'água deve-se, principalmente, a efluentes de origem industrial.

### **Nitrogênio**

Nitrogênio de Nitrato é a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas. Concentrações de nitratos superiores a 5 mg/L demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte de nitrogênio nitrato são dejetos humanos e animais, seguido por fertilizantes químicos nitrogenados, compostos e resíduos vegetais. Os nitratos estimulam o desenvolvimento de plantas, sendo que organismos aquáticos, como algas, florescem na presença destes e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, podem conduzir a um crescimento exagerado, processo denominado de eutrofização.

Nitrogênio Amoniaco (amônia) é uma substância tóxica não persistente e não cumulativa e sua concentração, que normalmente é baixa, não causa dano fisiológico aos seres humanos e animais. Grandes quantidades de amônia podem causar sufocamento de peixes. A concentração total de Nitrogênio é altamente importante considerando-se os aspectos tóxicos do corpo d'água.

Nitrogênio de Nitrito é uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois o nitrito é instável

na presença de oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. O íon nitrito pode ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio. A presença de nitritos em água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica.

### **Amônia**

A amônia é o principal produto da excreção dos organismos aquáticos, e é resultante do catabolismo das proteínas. O equilíbrio da amônia na água depende do pH, da temperatura e da salinidade. A forma não ionizada da amônia ( $\text{NH}_3$ ) é a mais tóxica para os organismos aquáticos. As membranas branquiais dos peixes são relativamente permeáveis ao  $\text{NH}_3$ , porém, não são permeáveis ao  $\text{NH}_4^+$ , e a forma não ionizada aumenta dez vezes para cada grau de pH. De modo geral, o  $\text{NH}_4^+$  é chamado de amônia ionizada e o  $\text{NH}_3$ , de amônia não ionizada, e a soma de  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ , é chamada de amônia ou amônia total. A amônia excretada pelos organismos aquáticos é oxidada em nitrato pela ação das bactérias quimioautotróficas (*Nitrosomonas* e *Nitrobacter*), que transformam  $\text{NH}_4^+$  em  $\text{NO}_2^-$  e o  $\text{NO}_2^-$  em  $\text{NO}_3^-$ .

O ciclo de nitrogênio é regulado principalmente pela atividade biológica, e a amônia que é liberada na água pela decomposição da matéria orgânica pode ser usada novamente pelas plantas, ou pode ser nitrificada para nitrato pelas bactérias quimioautotróficas. A oxidação da amônia ionizada em nitrito pelas bactérias do gênero *Nitrosomonas* é o primeiro passo da nitrificação, e em seguida, no segundo passo, o nitrito é oxidado em nitrato pelas bactérias do gênero *Nitrobacter*. Essas bactérias usam a energia liberada pela oxidação da amônia e do nitrito para reduzir o dióxido de carbono em carbono orgânico. A nitrificação é um processo muito importante para reduzir a concentração de amônia da água dos viveiros de aquicultura, o que é extremamente positivo, porque a amônia é potencialmente tóxica.

Por outro lado, a nitrificação também pode ter efeitos negativos sobre a qualidade da água, atuando como uma fonte significativa de acidez, porque aumenta a demanda de oxigênio no processo de oxidação da amônia. É importante observar que as reações de nitrificação da amônia (degradação da matéria orgânica) são mais rápidas com pH entre 7 a 8, e temperaturas de 25°C a 35°C. A porcentagem de amônia  $\text{NH}_3$  aumenta com a elevação do pH e da temperatura, e isto significa que durante a tarde, quando a temperatura da água está mais elevada e a fotossíntese mais intensa, ocorre um aumento significativo do pH. Portanto, praticamente 89% do nitrogênio amoniacal será encontrado na forma ionizada  $\text{NH}_4^+$ , que é tóxica em

concentrações que variam de 0,6 a 2,0 ppm, mesmo por curtos períodos de exposição, para a maioria dos organismos aquáticos.

### **Nitrato**

A concentração de nitrato está diretamente relacionada com a quantidade de fitoplâncton, sendo que o fitoplâncton é o maior responsável pela produção de matéria orgânica nos viveiros e lagos de pesca. Portanto, a abundância de fitoplâncton pode ser utilizada como um indicador da quantidade de nitrato disponível de ambientes aquáticos, sendo que as taxas de produtividade primária indicam a quantidade de fitoplâncton existente nesses ambientes, o que em outros termos significa uma estimativa da abundância da quantidade de matéria orgânica fixada pela fotossíntese, e geralmente são expressas em gramas de carbono fixadas por m<sup>2</sup>/dia.

### **Fósforo**

O Fósforo é originado naturalmente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. A origem antropogênica é oriunda dos efluentes domésticos e industriais, detergentes, dejetos animais e fertilizantes fosfatados, esse último se aplicado em proporções acima da capacidade de adsorção do solo. A presença de fósforo nos corpos d'água desencadeia o desenvolvimento de algas ou outras plantas aquáticas indesejáveis, principalmente em reservatórios ou águas paradas, podendo conduzir ao processo de eutrofização.

O fósforo é introduzido nos viveiros de aquicultura através da adição de fertilizantes, cuja finalidade é estimular o crescimento de fitoplâncton e aumentar a abundância de alimento natural, promovendo dessa maneira o aumento da produtividade dos viveiros. Por outro lado, nos viveiros e lagos de pesca de muitos pesque-pagues, onde grandes quantidades de ração são adicionadas, uma parte do fósforo contido na ração não é assimilada pelos peixes e fica disponível provocando um aumento na produção de fitoplâncton. Normalmente, o fitoplâncton é responsável pela absorção de grandes quantidades de fósforo, entretanto, uma quantidade significativa de fósforo fica adsorvida pelos sedimentos do fundo.

Em geral, o fósforo que é inicialmente absorvido pelas microalgas constituintes do fitoplâncton, será eventualmente mineralizado através da oxidação da matéria orgânica e poderá vir a fazer parte dos sedimentos do fundo.

### **Fitoplâncton e Clorofila-a**

O plâncton é formado pela comunidade de plantas e animais diminutos em suspensão, boiando ou nadando debilmente na superfície das águas, sendo que as algas e os animais plânctônicos são convenientemente descritos pelos termos fitoplâncton e zooplâncton, respectivamente. O fitoplâncton é uma parte importante de qualquer ecossistema aquático, e constitui a base da cadeia produtiva dos organismos aquáticos que dependem de alimento natural. O plâncton tem influência direta sobre as concentrações de oxigênio dissolvido, dióxido de carbono, amônia, nitrito, e outras substâncias que afetam o crescimento e a sobrevivência dos peixes e outros organismos.

O fitoplâncton também é extremamente importante na dinâmica do oxigênio dissolvido nos ecossistemas aquáticos, uma vez que o crescimento e a atividade do fitoplâncton aumentam em função da quantidade de nutrientes contidos nos fertilizantes e nos alimentos, ocasionando desse modo grandes variações na concentração de oxigênio entre os períodos diurno e noturno. Os *blooms* de fitoplâncton podem levar a uma redução acentuada e repentina da concentração de oxigênio dissolvido na água, provocando stress e ocasionando grande mortalidade durante a noite, em contraste com a supersaturação de oxigênio da camada de água superficial durante o dia. Em resumo, a qualidade da água é em grande parte determinada pela abundância de fitoplâncton e do balanço entre a fotossíntese e a respiração.

Várias técnicas diferentes podem ser usadas para estimar a abundância de fitoplâncton, mas somente algumas têm sido amplamente utilizadas. As medidas mais comuns para estimar a sua abundância são: clorofila-a, produtividade primária e contagem direta. Outros métodos também podem ser usados como, por exemplo, a análise da matéria orgânica particulada que é indicada para estimar a quantidade de plâncton total, ou através de medições da visibilidade da água com o uso do disco de Secchi.

As estimativas da abundância de plâncton são usadas, freqüentemente, para avaliar o efeito das práticas de manejo agropecuárias sobre as comunidades de fito e zooplâncton. Os aqüicultores, em particular, raramente efetuam análises laboratoriais sobre a abundância do plâncton, porque esses testes requerem equipamento especial e os resultados são difíceis de serem interpretados na prática. Nesse sentido, é possível medir a concentração de clorofila-a, e utilizá-la como

índice da abundância do fitoplâncton, uma vez que existe uma relação muito próxima entre a concentração de clorofila-a na água e a abundância total de fitoplâncton. Em geral, conforme aumenta a concentração de clorofila-a, a abundância do fitoplâncton também aumenta, sendo que os viveiros de produção intensiva de organismos aquáticos, freqüentemente, possuem concentrações de 50 a 200  $\mu\text{g/L}$ . Para a determinação de clorofila-a, deve-se utilizar um filtro de membrana para reter todo o fitoplâncton existente na amostra de água, e após essa etapa, os pigmentos contidos no fitoplâncton devem ser extraídos com acetona e, em seguida, pode-se determinar a concentração de clorofila-a em um espectrofômetro.

### **Indicadores Microbiológicos**

Para estabelecer a qualidade da água quanto ao aspecto microbiológico, monitora-se a formação de colônias de coliformes fecais e totais utilizando-se um kit bacteriológico para, no primeiro momento, estimar o número de colônias dessas bactérias. Se o resultado apresentar um número alto de colônias de coliformes fecais este é indicativo da presença de fontes de dejetos animais e humanos, recomendando-se providências para eliminação dessas fontes e encaminhamento das amostras de água para análise laboratorial que fornece resultados mais acurados.



Kit para análise de água na detecção de colônias de coliformes fecais e totais

## Considerações Finais

Os desafios ambientais são diversos e para cada tipo de desafio existem diretrizes específicas em função das características peculiares da região e do local onde se inserem. Daí a importância do conhecimento prévio do local, da cultura da comunidade local, do grau de instrução, da exploração, dentre outros.

Portanto, para uma gestão ambiental eficiente dos recursos hídricos é necessário atentar-se aos aspectos **da gestão local** e, principalmente, do **entorno**, integrando-as, por exemplo, através de:

- **Reflorestamento e manejo sustentável da mata ciliar;**

- **Ocupação e uso racional do espaço rural**

**manejo adequado do solo**, com enfoque integrador de conservação do solo, água e ar;

**uso correto de agroquímicos;**

**tratamento de efluentes;**

**construção de fossa séptica adequada;**

- **Reciclagem de lixo**

**Recicláveis** (papel, papelão, vidro, metais, plástico),

**Coleta comum** (rejeitos, não recicláveis),

**Lixo orgânico:** Compostagem;

- **Educação ambiental**, para aumentar a percepção sobre a importância da preservação e evitar o extrativismo predatório.

## Agradecimentos

As equipes da Embrapa Meio Ambiente e do IBAMA/PB agradecem ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro ao projeto “Gestão Ambiental das Atividades Rurais na APA da Barra do Rio Mamanguape (PB)”, que dá suporte aos trabalhos aqui apresentados. Agradecimentos são dirigidos à Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA), que possibilitou acesso ao acervo bibliográfico referente à APA; à Federação das Indústrias do Estado da Paraíba (FIEP), pelo fornecimento de informações sobre as indústrias localizadas na área de estudo; à Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER/PB); ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); ao Centro de Mamíferos Aquáticos, Projeto Peixe-Boi Marinho; à Universidade Federal da Paraíba (UFPB), especialmente ao Núcleo de

Estudos e Pesquisas dos Recursos do Mar (NEPREMAR), pela parceira no curso “Gestão Ambiental e Certificação das Atividades Rurais da APA da Barra do Rio Mamanguape”, realizado na Universidade. Agradecemos aos gestores e administradores locais e à Prefeitura do Município de Rio Tinto, pela atenção. O êxito nas atividades realizadas até o presente momento pela equipe do IBAMA/PB e da Embrapa Meio Ambiente, que resultam na elaboração desse livro, deve-se, sobretudo, à colaboração dos agricultores e produtores rurais da APA, dos presidentes das associações de moradores, pescadores e agricultores, dos representantes dos trabalhadores e dos moradores das comunidades visitadas – Aritingui, Barra de Mamanguape, Cravassu, Curral de Fora, Lagoa de Praia, Pacaré, Praia de Campina, Tanques, Taberaba, Tatupeba, Tavares, Vila Veloso e aos caciques das Aldeias Indígenas: Akajutibiró, Brejinho, Caieira, Camurupim e Jaraguá – que tão calorosamente receberam e colaboraram com o nosso grupo de trabalho na APA da Barra do Rio Mamanguape. A esses todos somos especialmente gratos.

## Referências

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, 2004. p. 25-43.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S.. **Water quality and pond soil analyses for aquaculture**. Auburn: Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, 1992. 183 p.

BOYD, C.E.; QUEIROZ, J. F. Nitrogen, phosphorus loads vary by system – USEPA should consider system variables in setting new effluent rules. **Global Aquaculture Advocate**, St. Louis, v. 4, n. 6, p. 84-86, 2001.

BRUSSAARD, L; JUMA, N.G. Organisms and humus in soils. In: PICCOLO, A. (Ed.). **Humic substances in terrestrial ecosystems**, Amsterdam: Elsevier, 1996. p. 329-359.

CERH-PB. **Proposta de instituição do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte, conforme resolução nº 1, de 31 de agosto de 2003, do Conselho**

**Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba.** João Pessoa, 2004. 88 p. mimeo.

IBAMA/PB. **Plano de Gestão Estratégica para Implantação da APA da Barra do Rio Mamanguape.** João Pessoa: IBAMA/PB, MMA, 2003. mimeo.

RODRIGUES, G.S. Water and ecosystem character. In **Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)**. Water interactions with energy, environment and food & agriculture. Disponível <<http://www.eolss.net>> Acesso em 24 jan. 2005.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do Novo Rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 4, p. 445-451, 2003.

RODRIGUES, G. S., CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P.J.; QUEIROZ, J. F.; FRIGHETTO, R. T. S.; RAMOS FILHO, L. O.; RODRIGUES, I.; BROMBAL, J. C.; TOLEDO, L. G. **Avaliação de impacto ambiental de atividades em estabelecimentos familiares do Novo Rural.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 44 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa 17).