

# NOVOS PARADIGMAS PARA A MARICULTURA BRASILEIRA

Edison Barbieri, [edisonbarbieri@yahoo.com.br](mailto:edisonbarbieri@yahoo.com.br),  
pesquisador científico do Instituto de Pesca, [www.pesca.sp.gov.br](http://www.pesca.sp.gov.br),  
Cananéia (São Paulo, Brasil), fevereiro de 2015

CONSIDERANDO a atual situação da Cadeia Produtiva do Pescado, os possíveis cenários para os próximos dez anos e, ainda, as principais e atuais demandas do setor da aquicultura/maricultura, faz-se aqui uma reflexão sobre questões primordiais relativas aos caminhos que deveriam ser trilhados sob novos paradigmas, abraçando oportunidades nas áreas da genômica, bioprospecção, biocomplexidade, biossegurança e nanotecnologia.

Isso se justifica porque, até o momento, não existe no Brasil nenhuma instituição trabalhando sistematicamente nessas áreas como um todo. Existem, sim, alguns grupos atuando pontualmente em algumas das áreas mencionadas.

O intuito aqui não é esgotar o assunto, mas refletir sobre as várias ações que poderiam ser adotadas como estratégia institucional ou mesmo governamental. Assim sendo, as principais linhas estratégicas de pesquisa passíveis de serem adotadas para o setor da aquicultura/maricultura para os próximos dez anos estão indicadas a seguir.

## Maricultura

A biotecnologia tem crescido muito na indústria do mundo todo, sendo dominada principalmente pelos Estados Unidos, onde contribui com bilhões de dólares para a economia do País, por gerar produtos inatingíveis por outros meios. Entretanto, a revolução na biotecnologia continua com maior velocidade e sofisticação nos países desenvolvidos. A Aquicultura, em particular a Maricultura, tem sido praticada desde a antiguidade, mas sua valorização atual foi provocada pela realidade econômica e ambiental e pelo afluxo de novas ciências e tecnologias, especialmente a biotecnologia.

A aplicação da biotecnologia moderna para melhorar a aquicultura é, no momento, mais oportuna para diversos fins, incluindo a produção de alimentos e aditivos, princípios ativos para a indústria farmacêutica, monitoramento da saúde animal e sua manutenção e minimização de resíduos.

Neste contexto, as seguintes sete áreas foram primeiramente identificadas e sugeridas pelo Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Sul do Instituto de Pesca, todas ligadas diretamente à biotecnologia. O Instituto de Pesca é vinculado à Apta (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

## Genômica

A **genômica** é uma linha de pesquisa da biologia molecular que estuda o genoma dos organismos. Em particular, ocupa-se do conhecimento estrutura, conteúdo, função e evolução do genoma. É uma ciência que se baseia principalmente na bioinformática para elaboração e visualização da enorme quantidade de informações que existe no gene.

As principais linhas de estudo dessa ciência para a aquicultura / maricultura são as seguintes:

**Curto prazo (1-3 anos):**

- (a) Recolher, preservar e utilizar o germoplasma de espécies economicamente importantes, para melhorar a eficiência da produção, a qualidade do produto e a resistência a doenças;
- (b) Desenvolver marcadores polimórficos (microsatélites e outros) para espécies economicamente importantes;
- (c) Estabelecer ligação utilizando mapas de locos polimórficos com resolução suficiente para permitir a localização, definição e uso de genes;
- (d) Reunir pesquisadores em equipes.

**Médio prazo (4-7 anos):**

- (a) Elaborar Mapas de Marcadores Moleculares, incluindo *Quantitative Trait Loci* (QTL), e desenvolver técnicas viáveis para a Seleção Assistida por Marcadores Genéticos (MAS);
- (b) Desenvolver fichas de *microarray* para o sequenciamento genético de organismos (ostra, mexilhão, camarão, peixe etc.).

**Longo prazo (8-10 anos mais):**

Desenvolver uma abrangente base de dados que permitam enfocar a aquicultura e complexas questões, englobando toda a sequência do genoma, genômica funcional, proteômica e, estrategicamente, dados ambientais e da aquicultura/maricultura.

**Biocomplexidade**

*Biocomplexidade* refere-se a fenômenos que surgem como resultado de interações dinâmicas que ocorrem dentro de sistemas biológicos, incluindo os seres humanos, e entre estes e o ambiente físico.

A aquicultura/maricultura, como tal, é representante da biocomplexidade, pela miríade de interações que envolvem os animais aquáticos, suas variadas fases da vida, copopulações de organismos (tanto sinérgicos quanto antagônicos), alimentação, ambiente e sistemas de produção.

**Curto prazo:**

- (a) Preparar avaliações científicas sobre o estado da arte da biocomplexidade brasileira, economicamente importantes para as principais espécies objeto da aquicultura;
- (b) Estabelecer uma base estadual/nacional de informações relativas aos recursos aquáticos, contendo dados básicos sobre desenvolvimento de sistemas comerciais, para os quais a biocomplexidade é especialmente importante;
- (c) Desenvolver e aplicar instrumentos adequados para medir, monitorar e controlar a biocomplexidade;
- (d) Decifrar os componentes críticos do sistema: organismo cultivado, comunidade e suas interações.

**Médio prazo:**

- (a) Aplicar conceitos da biocomplexidade para controlar organismos patogênicos e oportunistas;
- (b) Desenvolver e aplicar modernas e sensíveis tecnologias, em especial aquelas relativas à nanotecnologia.

**Longo prazo:**

Desenvolver modelos para compreender e controlar biocomplexos no sistema de aquicultura de grande escala de produção.

**Tecnologia para a produção de espécies marinhas**

Tecnologia para a produção de espécies aquáticas é definida como a aplicação de técnicas para regular a reprodução, desenvolvimento, crescimento e maturação de espécies para fins da aquicultura.

**Curto prazo:**

(a) Desenvolver alternativas para alimentação, com base em proteínas de peixes marinhos;

(b) Estudar a utilização de organismos geneticamente manipulados para produzir vacinas orais;

(c) Colaborar no controle de doenças, fornecendo subsídios ao desenvolvimento de vacinas e de novas técnicas diagnósticas em nível de DNA para a detecção de patógenos;

(d) Desenvolver reprodutores de espécies economicamente importantes isentos de patógenos específicos (*Specific Pathogen Free-SPF broodstock*).

**Médio prazo:**

(a) Aperfeiçoar e desenvolver tecnologia de contenção biológica;

(b) Desenvolver métodos mais eficazes para desova de espécies desejáveis;

(c) Desenvolver métodos de biocontrole eficazes na prevenção de doenças e reforço no fortalecimento do sistema imunológico.

**Longo prazo:**

Estabelecer um banco de dados sobre reprodução, desenvolvimento, crescimento e maturação de espécies de interesse para a aquicultura/maricultura.

**Biossegurança**

*Biossegurança* abrange questões que vão do âmbito mundial, nacional, bacias, instalações e reservatórios ao nível do organismo.

Na escala de instalação, biossegurança consiste principalmente em produzir espécies aquáticas em ambiente bem controlado, que permita evitar a introdução ou propagação de organismos indesejáveis, assim como prevenir a fuga dos organismos de volta ao meio ambiente natural.

**Curto prazo:**

(a) Aumentar o investimento na investigação multidisciplinar, com o foco no sistema de produção com biossegurança, exploração e gestão;

(b) Prosseguir no desenvolvimento de reprodutores isentos de patógenos específicos (*Specific Pathogen Free-SPF broodstock*), com vista a investigação e produção comercial;

(c) Desenvolver soluções rentáveis e diagnósticos viáveis para a detecção e, especificamente, monitorização de vários patógenos;

(d) Continuar a desenvolver modelos de avaliação dos riscos (biossegurança, segurança alimentar) e avaliar potenciais resultados aceitáveis com hipóteses testáveis.

**Médio prazo:**

(a) Desenvolver espécies geneticamente melhoradas (mais resistentes a doenças e com crescimento mais rápido);

(b) Desenvolver novos diagnósticos para patógenos existentes e para novas ameaças.

**Longo prazo:**

Criar cooperativa e sistema internacional de certificação e, finalmente, rastrear o movimento de produtos aquáticos, organismos, populações, linhagens e agentes patogênicos.

**Questões sociais**

Bem sucedida, a comercialização da biotecnologia na aquicultura dependerá da confiança da sociedade e da sua ampla gama de interesses. Para resolver questões que o setor da aquicultura necessita, será necessária investigação científica sólida, se não crítica. Questões passíveis de investigação incluem: segurança dos organismos geneticamente modificados (OGMs), como alimentos e rações; segurança do ambiente dos OGMs; regulação e supervisão política; os direitos de propriedade intelectual; a bioética; e a aceitação do consumidor.

**Curto prazo:**

(a) Garantir apoio suficiente para a adequada alocação de OGMs, por necessidades éticas e jurídicas, assim como por as questões sociais relativas à comercialização de biotecnologia da aquicultura;

(b) Avaliar e aplicar os princípios estabelecidos para libertação de micro-organismos e espécies animais aquáticas no ambiente;

(c) Avaliar a liberação de espécies de peixes nativos e não-OGMs de tanques-rede, a fim de não causar possíveis impactos às populações naturais e ao ambiente.

**Médio prazo:**

(a) Apoiar a investigação e o desenvolvimento de alimentos geneticamente modificados, como fibra, produtos que beneficiam os consumidores;

(b) Apoiar a utilização internacional dos produtos derivados da biotecnologia;

(c) Conceber novos métodos de avaliação e monitorização dos efeitos dos novos sistemas de produção no ambiente.

**Longo prazo:**

(a) Promover uma abordagem adaptada à fiscalização do uso da biotecnologia na aquicultura;

(b) Realizar estudos no sentido de sintetizar os conhecimentos sobre os benefícios, riscos, regulação e experiência relevante, referentes ao uso de biotecnologia, com vista ao desenvolvimento ou revisão de supervisão política.

**Infraestrutura**

As áreas de atuação do Instituto de Pesca que necessitam de maior atenção são: colaboração com outros Institutos e Universidades; apoio aos recursos humanos, formação de pesquisadores e, principalmente, contratação de pesquisadores especializados nas áreas vitais mencionadas anteriormente.

**Curto prazo:**

(a) Auxílio no incremento das pesquisas, no provimento de maiores recursos financeiros e na garantia de laboratórios bem estruturados;

(b) Contratação de pesquisadores para as diversas áreas de estudo mencionadas.

**Médio prazo:**

O Instituto de Pesca tornar-se referência estadual e nacional em biotecnologia para a aquicultura.

## **Longo prazo**

O Instituto de Pesca tornar-se referência internacional em biotecnologia para a aquicultura.

## **Bioprospecção**

O objetivo principal da *Bioprospecção* é a busca de recursos genéticos e bioquímicos para fins comerciais. Assim, a bioprospecção pode ser definida como o método, ou forma, de localizar, avaliar e explorar sistemática e legalmente a diversidade de vida existente em determinado local, tendo como objetivo principal a busca de recursos genéticos e bioquímicos para fabricação de produtos naturais. Como é de conhecimento mundial, o Brasil é considerado o país de maior diversidade de vida do planeta, o que o torna alvo de cobiça e infindáveis discussões sobre a forma de utilização econômica dessa diversidade.

A importância da biodiversidade foi compreendida há poucos anos, com o desenvolvimento da biotecnologia, começando-se a observar que quanto mais diversidade de vida possui um país, mais produtos e das mais variadas categorias poderia desenvolver, principalmente em termos farmacológicos.

O descobrimento do real potencial da enorme biodiversidade brasileira, a grande extensão territorial do país, a falta de recursos para fiscalizar o território e a escassez de recursos naturais no restante do mundo, aliados à falta de conscientização da sociedade sobre a importância científico-econômica da biodiversidade, estão facilitando o comércio ilegal, isto é, a pirataria, da biodiversidade brasileira.

De acordo com especialistas, cerca de 25% dos medicamentos existentes foram elaborados com ingredientes ativos extraídos de plantas, devendo ser registrada a relação de 119 substâncias químicas usadas regularmente na medicina em todo o mundo, segundo FARNSWORTH, N. (Testando plantas para novos remédios. In *Biodiversidade*. Editado e org. por E.O.Wilson. Ed. Nova Fronteira, p.107. 1977), o que mostra a importância do uso da variedade da flora. Na agricultura, a biotecnologia tem se destacado cada vez mais, conseguindo excelentes sucessos tanto na reprodução de plantas quanto na melhoria de produção animal, com importantíssima colaboração de genes de plantas e animais. Mas ainda é muito incipiente a exploração de princípios ativos do ambiente marinho no Brasil.

Por sua vez, a crescente demanda por produtos químicos e fármacos aumentou o interesse sobre a biodiversidade existente nas áreas silvestres pouco ou ainda não exploradas, como, por exemplo, os ecossistemas marinhos. Entretanto, no Brasil ainda há uma enorme carência de estudos de bioprospecção, a despeito da grande possibilidade de prospecção de princípios ativos no ambiente marinho. Um exemplo é a **halicondrina B**, composto anticâncer originário da esponja marinha *Lissodendoryx*.

O Brasil não pode deixar de explorar seus biomas marinhos. O país já se encontra bem atrás de outros na exploração da biodiversidade dos oceanos. Em países da Oceania, da Ásia, da Europa e da América do Norte, as atividades de pesquisa desenvolvidas em seus sistemas costeiros são muito mais intensas que as praticadas no Brasil nesses mesmos tipos de sistema. Por esse motivo, urge que se crie um laboratório interinstitucional para estudar sistematicamente os princípios ativos existentes no ecossistema marinho paulista.

As condições adversas presentes nos oceanos, como as variações de temperatura, que vão de valores negativos até 350°C, e de pressão, que vão uma e

mil atmosferas, fazem dos mares ambiente propício para a formação de metabólitos secundários, extremamente complexos e sem paralelo nos ambientes terrestres, que poderão ser utilizados para o bem estar da sociedade.

Substâncias que combatem fungos, bactérias e inflamações são alguns exemplos de produtos que vieram do mar e que justificam a intensificação das pesquisas marinhas no País, as quais ainda são incipientes e pontuais. Por esta razão, a FAPESP organizou o *Workshop sobre Biodiversidade Marinha: Avanços recentes em bioprospecção, biogeografia e filogeografia*, realizado nos dias 9 e 10 de setembro de 2011 em sua sede, apontando a necessidade de se concentrarem esforços em projetos que visem a bioprospecção nos ecossistemas marinhos.

A bioprospecção deve considerar vários objetivos: conservar a biodiversidade, promover o manejo sustentável dos organismos para a fabricação de produtos naturais e, é claro, encarar a biodiversidade como um valioso recurso econômico para o país.

### **Vantagens da bioprospecção**

Apesar de o processo de bioprospecção ser relativamente novo, pode-se desde já destacar algumas de suas vantagens, que seriam: propiciar conhecimento da biodiversidade e seu potencial; fornecer substâncias importantes ao homem; favorecer o crescimento econômico; ser fator promotor de empregos; proporcionar fundo para a conservação; gerar impostos; melhorar o nível científico do país e, conseqüentemente, a qualidade de vida do Estado com a utilização correta dos recursos naturais.

### **Curto prazo:**

(a) Montar um laboratório no Instituto de Pesca com uma equipe multidisciplinar para identificar em ambientes aquáticos, principalmente em águas salgadas, organismos que produzam algum composto de interesse biotecnológico ou para as indústrias química, farmacêutica e de cosméticos.

(b) Identificar no ambiente marinho um composto interessante para diferentes usos ou um polímero que possa tornar-se plástico biodegradável, de interesse para a indústria química, ou um bioativo que possa ser útil à indústria farmacêutica para produção de cosméticos e medicamentos para o homem ou outros animais e, com isso, gerar *royalties* para o País.

(c) Reunir pesquisadores em equipes.

### **Médio prazo:**

(a) Desenvolver processos de bioprospecção;

(b) Gerar patentes.

### **Longo prazo:**

Desenvolver uma abrangente base de dados que permitam enfocar a aquicultura/maricultura em complexas questões que englobem toda a bioprospecção.

Dentro desse quadro traçado, os principais projetos prioritários, que deveriam ser desenvolvidos para atender a tais linhas de pesquisa nos próximos dez anos, seriam:

- Recolher, preservar e utilizar o germoplasma de espécies economicamente importantes para melhorar a eficiência da produção, a qualidade do produto e a resistência dos organismos cultivados a doenças;

- Desenvolver potentes marcadores polimórficos (microssatélites e outros) para espécies economicamente importantes;

- Realizar bioprospecção de princípios ativos marinhos;

- Promover o melhoramento genético das espécies marinhas cultiváveis;
- Desenvolver vacinas para controle de doenças;
- Identificar novas técnicas diagnósticas em nível de DNA para a detecção de patógenos.

\*\*\*

*Revisão do texto:* Márcia Navarro Cipólli, [navarro98@gmail.com](mailto:navarro98@gmail.com)