



Cultivo de *Millepora alcicornis* como uma ferramenta para Restauração e Manejo dos Ecossistemas Recifais do Nordeste do Brasil *

Culture of Millepora alcicornis as a tool for restoration and management of reefal ecosystems of Northeast Brazil

Marília D. M. Oliveira ^{1,2}, Zelinda M. A. N. Leão ², Ruy K.P. Kikuchi

RESUMO

Neste trabalho foi avaliado o potencial de cultivo do hidróide calcário *Millepora alcicornis*, importante construtor dos recifes no Brasil, como uma ferramenta para restaurar áreas recifais degradadas no Nordeste do Brasil. Os fragmentos de *M. alcicornis* foram produzidos a partir de cinco colônias coletadas na Baía de Todos os Santos, Salvador, Bahia. Esses fragmentos, medindo cerca de 10cm de altura, foram mantidos em condições de cultivo em sistema de aquário, sob o regime de luz 12 horas no claro/12 horas no escuro e ausência de suplemento alimentar durante 15 semanas. Os parâmetros físico-químicos foram controlados e mantidos em níveis adequados para o crescimento de organismos calcificadores com sistema de filtragem, trocas parciais de água do sistema, e adição de cálcio na água. Os fragmentos foram posicionados numa placa de vidro a 15 cm abaixo da superfície da água do aquário para receberem a mesma quantidade de luz. A extensão lateral (expansão) e o crescimento vertical (extensão vertical dos ramos) dos fragmentos foram avaliados semanalmente, através da comparação de fotografias digitais e as medidas de extensão lateral e do crescimento vertical foram quantificadas a cada cinco semanas. O peso (calcificação esquelética) de cada fragmento foi obtido uma vez por semana através da técnica do buoyant weight. O crescimento esquelético dos fragmentos foi comparado entre cada período de cinco semanas, através do teste de Kruskal-Wallis. Os resultados mostram que 100% dos fragmentos mantiveram-se fixados ao suporte durante as 15 semanas, sem qualquer sinal de estresse. Foi observado um aumento gradativo da extensão lateral em 60% dos fragmentos ao final de 15 semanas, quando 50% dos fragmentos atingiram o dobro dos valores de extensão lateral encontrada no final da quinta semana. Foi observado crescimento vertical de até 7mm em alguns dos ramos dos fragmentos ao final de 15 semanas. Não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as médias

1 autor correspondente: mariliad@ufba.br

2 Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Centro de Pesquisas em Geofísica e Geologia

* Submissão – 14 Setembro 2008; Avaliação – 27 Outubro 2008; Recepção da versão revista – 9 Novembro; Disponibilização on-line: 23 Dezembro 2008

de crescimento esquelético dos fragmentos a cada período de cinco semanas. Isto confirma que a quantidade de carbonato de cálcio incorporada no esqueleto de *M. alcornis* que pode formar a estrutura rígida do recife não foi afetada pelas condições de cultivo dos fragmentos no sistema de aquários, principalmente considerando o confinamento e o posicionamento dos fragmentos em relação à iluminação, bem como a disposição dos fragmentos na placa de vidro. Os fragmentos de *M. alcornis* a partir de 7g podem ser cultivados com um fotoperíodo de 12 horas por dia. O tempo de utilização de lâmpadas tipo HQI pode ser reduzido e não é preciso adicionar suplemento alimentar ao sistema, o que reduz os gastos com a energia e com a alimentação. Os fragmentos de *Millepora* podem ser cultivados sem que haja sinal de estresse. Isto indica que existe grande probabilidade de sucesso ao serem reintroduzidos no ecossistema. A fragmentação ou coleta de fragmentos, cultivo dos fragmentos e reintrodução de *Millepora* é, portanto, uma poderosa ferramenta de manejo e restauração de áreas recifais degradadas na costa Nordeste do Brasil, mas não prescinde de ações que reduzam as causas da degradação ambiental.

Palavras chave: recifes de corais, restauração, *Millepora alcornis*

ABSTRACT

This work evaluates the potential for cultivating the calcareous hydroid *Millepora alcornis*, which is an important reef builder in Brazil, and its use as a tool to restore degraded reef areas in northeast Brazil. Fragments of *M. alcornis* were produced from five colonies collected in Todos os Santos Bay, Salvador, Bahia. These fragments, measuring about 10cm in height, were maintained in an aquarium system in alternating 12 hours light/dark regime periods and in the absence of food supply during 15 weeks. The illumination system was composed of metal halide lamps (HQI) of 150w and color temperature of 10.000k, and two fluorescence tubes (white and blue ones). In aquarium A, fluorescence tubes were 40w and 20.000k and in aquarium B, 15w and 20.000k. The system was controlled by timers, which maintained the fluorescent lights on between 6:00 am and 6:00 pm, and HQI lamps on from 9:00 am to 3:00 pm. Physical-chemical parameters were controlled and maintained at levels appropriate to calcifying organisms with a filtering system, partial water change and addition of calcium to the water. The fragments were put on a glass plate 15cm under water level to receive equal amounts of light. Lateral extension (expansion) and vertical growth (vertical extension of the branches) of the fragments were evaluated weekly, through the comparison of digital photographs and the measurement of lateral extension and vertical growth were quantified every five weeks. The weight (skeletal calcification) of each fragment was obtained once a week using the buoyant weight technique. Skeletal calcification growth values were obtained every five weeks as well. This five weeks growth was calculated as the difference of value obtained in the fifth and first weeks (AC5), the difference of value obtained in the tenth and fifth weeks (AC10) and the difference of value obtained in the fifteenth and tenth weeks (AC15). Each five weeks skeletal growth of the fragments was compared with Kruskal-Wallis test. The results show all fragments remained fixed to the support during the sampling period, without signs of stress. A gradual lateral extension in 60% of the fragments was observed after the fifteen weeks, when 50% of the fragments had doubled the lateral extension measured in the fifth week. A vertical growth of up to 7mm was observed in some branches at the end of the study. There was no significant difference in the skeletal growth of the fragments at each five week period. This confirms that the amount of calcium carbonate incorporated in the skeleton of *Millepora alcornis* that can build the reef framework was not affected by the culture conditions of the fragments in the aquarium system, considering the confinement and the position of the fragments relative to light and their disposal on the glass plate. Fragments of *M. alcornis* heavier than 7 grams can be cultivated with a photoperiod of 12 hours a day. The time use of HQI lamps may be reduced and it is not necessary to supply food to the system, what reduces costs of energy and food. Fragments of *Millepora* can be cultured without signs of stress. This indicates a great probability of success if they were reintroduced in the ecosystem. The success of a restoration program with *Millepora alcornis* will depend on the stabilization of good conditions of water properties. However its branching form prevents accumulation of sediment on its surface and as they live in shallow and high energy environments, turbidity and sedimentation would not be a limiting factor if the restoration program is developed in such places. Using fragmentation or the collection fragments of *Millepora*, and their culture and reintroduction is a powerful tool to management and restoration of degraded reefal areas in Northeast Brazil, and in this aspect, the survival potential of different sizes of their fragments must also be tested. Furthermore, the success of restoration programs demand measures that reduce the causes of environmental degradation.

Keywords: coral reefs, restoration, *Millepora alcornis*

1. INTRODUÇÃO

Recifes de corais são ambientes complexos, constituindo o centro da produtividade e da diversidade de muitos ecossistemas marinhos costeiros. Como importantes agentes geomorfológicos, eles dissipam a energia hidrodinâmica das ondas, e abastecem as praias com areia carbonática, protegendo da erosão grandes áreas da linha de costa tropical (Clark, 1996). Formam um ecossistema natural único com importante valor científico e educacional (Grigg & Dollar 1990, Clark, 1996). Recifes de corais são particularmente importantes por proporcionarem bens (alimentos, objetos) e serviços ecológicos (benefícios recebidos direta ou indiretamente pela população humana) para a população costeira constituindo, muitas vezes, sua principal fonte de renda. Assim, preservar a saúde do recife significa sustentar o seu valor econômico total, o qual é o resultado do valor total dos bens e dos serviços ecológicos que o ecossistema oferece (Cesar, 2000; Spurgeon, 2000). Além disso, corais e organismos calcificantes participam ativamente do ciclo do dióxido de carbono no oceano, pois precipitam exoesqueleto de carbonato de cálcio (Kinzie & Buddermeier, 1996). Os organismos de ambientes recifais participam do ciclo biogeoquímico do carbono da água do mar através de dois processos fisiológicos importantes para o seu desenvolvimento: o metabolismo do carbono orgânico (fotossíntese e respiração) e do inorgânico (precipitação e dissolução de carbonato de cálcio).

No entanto, em muitas partes do mundo a saúde dos recifes de corais está sendo ameaçada em consequência quer de processos naturais e/ou de ações antropogênicas, como a poluição local e a exploração indiscriminada dos seus recursos, trazendo sérias consequências para a pesca, a estabilidade das praias, a biodiversidade marinha e o turismo (Grigg & Dollar, 1990; Cook et al., 1994; Hughes 1994; Garzón-Ferreira et al., 2000). Atualmente, ameaças locais antropogênicas são as causas mais sérias e duradouras da devastação dos recifes de corais. O efeito sinérgico da poluição, esgotos, construção costeira, urbanização, degradação de mangues e florestas e a exploração destrutiva, têm causado múltiplos estresses sobre o recife em um curto espaço de tempo, restando, aos seus organismos construtores

e à sua fauna associada, poucos meios para se adaptar e sobreviver. Ao nível global, o branqueamento de corais (perda ou morte das zooxantelas, algas simbiotes denominadas *Symbiodinium* spp.) tem se destacado como uma das mais fortes ameaças à integridade do ecossistema recifal (Glynn, 1988; Smith & Buddermeier, 1992; Hoegh-Guldberg, 1999).

Apesar do ecossistema recifal ter uma capacidade inerente de adaptação e recuperação a muitos tipos de distúrbios naturais, os impactos humanos podem reduzir, prolongar ou impedir esta recuperação, quando os recifes são atingidos por distúrbios naturais (Clark, 1996; Lindahl, 1998). Em alguns casos, dependendo da intensidade do agente estressor, os recifes de corais não conseguem se recuperar (Franklin et al., 1998).

O interesse e a necessidade de se restaurarem áreas recifais degradadas tem aumentado sensivelmente diante do grau de destruição dos recifes. Até o ano de 1998 estima-se que foram destruídos cerca de 30% dos recifes de corais do mundo e o declínio dos recifes pode alcançar de 40% a 60% até o ano de 2030, com perda de espécies podendo alcançar de 10 a 30% nos próximos 50 anos caso não sejam tomadas medidas apropriadas para minimizar os possíveis impactos causadores desse declínio (Heeger et al., 1999; Heeger & Sotto, 2000; Wilkinson, 2000, 2002; Lesser, 2004).

Restauração de áreas recifais degradadas é uma tentativa, através da manipulação, de se obter um resultado favorável diante dos fatores que limitam a recuperação natural dos recifes. Contudo, a restauração do ambiente de recifes de corais requer um reconhecimento da condição atual do recife e do valor total dos bens e dos serviços ecológicos que ele oferece, além de reduzir ou eliminar a causa de sua degradação.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de cultivo do hidróide calcário *Millepora alcicornis* Linnaeus, 1758 como uma ferramenta para restaurar áreas recifais degradadas no Nordeste do Brasil.

O hidróide calcário *Millepora alcicornis* é um importante construtor das bordas dos recifes no Brasil. No entanto, trabalhos descritos na literatura relatam que este hidróide vem desaparecendo em diversas regiões de recifes de corais da Bahia, sobretudo devido à comercialização da espécie (Belém

et al., 1986; Mañal, 1986; Pitombo et al. 1988; Leão et al., 1997; Kikuchi, 2000; Leão & Kikuchi, 2000).

O desaparecimento da espécie *Millepora alcicornis* pode, ainda, promover um declínio dos organismos à sua retaguarda, antes protegidos dos efeitos da energia hidrodinâmica do ambiente ocupado por este hidróide calcário. Além disso, eles participam significativamente da edificação dos recifes brasileiros e, conseqüentemente, a sua diminuição pode levar a um decréscimo da taxa de crescimento dos recifes.

2. TÉCNICAS UTILIZADAS PARA RESTAURAÇÃO DE ÁREAS RECIFAIS DEGRADADAS

O desenvolvimento e o aprimoramento de técnicas empregadas na restauração de recifes têm, como regra fundamental, restabelecer áreas danificadas por eventos naturais ou induzidos pelo homem (Precht, 1998). Essas técnicas auxiliam na recuperação do recife, após um dano químico, físico ou biológico, fornecendo alternativas para que a colonização ocorra.

As várias técnicas de restauração de recifes de corais têm sido utilizadas independentemente ou em associação e fornecem condições para acelerar a colonização de modo que: a) a colonização natural ocorra pela retirada ou pela consolidação do sedimento solto, e ainda pela implantação de substrato, através da instalação de recifes artificiais (Clark & Edwards, 1995); e, b) que a colonização seja aprimorada por transplantes de corais em áreas degradadas (Harriot & Fisk, 1988; Bowden-Kerby, 1997; Treeck & Schumacher, 1997).

2.1. Recifes artificiais

Recifes artificiais são qualquer modelo feito com pneus, bambus, blocos de concreto e outros tipos de materiais que instalados no fundo oceânico promovem substrato para os organismos bentônicos. Quando construídos em fundo de areia, eles são uma opção para diminuir a pressão do mergulho em recifes naturais (Orean & Benayahu, 1997) e como incremento para a pesca, como observado na região do Santuário Marinho Nacional no Golfo do México, Texas (Rooker et al., 1997) e em Eilat, Israel (Wilhelmsson et al., 1998). Os recifes artificiais proporcionam benefícios sócioeconômicos, pois

proporcionam grande renda quando o local é utilizado para mergulho e para a pesca comercial. No entanto, o crescimento dos corais é limitado pelo substrato resultando colônias menores e com baixa cobertura de corais quando comparado aos recifes naturais (Wilhelmsson et al., 1998), porém podem apresentar, pelo menos inicialmente, alta cobertura de algas filamentosas, o que favorece a abundância de peixes herbívoros. Podem, ainda, alterar a hidrodinâmica da área levando à captura do plâncton e ao aumento da densidade e da diversidade de peixes.

2.2. Transplante de corais

Transplante de coral é a extração da colônia inteira de um local doador e sua transferência para a área a ser restaurada. As colônias são fixadas ao substrato com cimento epoxy, e podem ser fixadas com a abertura de uma cavidade no substrato, utilizando uma barra de metal, com a instalação de tijolos ou largas estruturas de concreto colocadas sobre o fundo do mar, ou simplesmente deixando que a fixação ocorra naturalmente. Esta última alternativa não se aplica em locais de média a alta energia hidrodinâmica, pois a mortalidade das colônias nesses locais é elevada. Técnicas de transplante de espécies podem ser indicadas para aumentar a cobertura de corais numa determinada área. O coral deve ser coletado em habitat semelhante àquele para o qual será transplantado, especialmente em relação ao grau de energia, turbidez e profundidade da água. Corais de águas claras e agitadas não devem ser colocados em baías abrigadas, como também é comum danos e perdas de corais em ambientes sob ação de ondas (Birkeland et al., 1979; Clark & Edwards, 1995; Edwards & Clark, 1998). Apesar de existir uma variação de sobrevivência de transplantes entre as espécies, na maioria dos casos em que os corais foram transplantados para ambientes comparáveis ao de origem, a taxa de sobrevivência dos transplantes esteve entre 50% e 100% (Harriot & Fisk, 1988).

Embora esta técnica de transplante de colônias de corais tem sido sugerida em certos casos como uma ferramenta na gestão de áreas de recifes de corais impactados, ela tem sido questionada devido ao empobrecimento da área doadora e ao seu alto custo (Guzmán, 1991; Bowden-Kerby, 1997, Orean & Benayahu, 1997; Lindahl, 1998). Em muitos países

onde os recursos são limitados para a conservação e a degradação de seus recifes é evidente, o uso de técnicas de restauração mais acessíveis tem sido sugeridas para ambientes de baixa energia sem usar qualquer tipo de material para a fixação (Bowden-Kerby, 1997).

2.3. Transplante de fragmentos

Nesta técnica, os fragmentos de corais são cortados e instalados nos locais para restauração com ou sem fixação ao substrato. Geralmente os fragmentos são levados para o laboratório em recipientes plásticos para serem cimentados em uma base e depois são transferidos para o recife, mas podem, também, ser cortados e transferidos diretamente para o local a ser restaurado e fixados ao recife.

Harriot & Fisk (1988) não recomendam que fragmentos menores que 10cm sejam usados no transplante devido à alta taxa de mortalidade que ocorre nessa situação. Eles recomendam que o transplante seja feito com fragmentos maiores ou com colônias inteiras. No entanto, Guzmán (1991) transplantou fragmentos menores (4-7cm) do coral *Pocillopora spp* para a restauração dos recifes de Caño, na costa do Pacífico, na Costa Rica. Após três anos a taxa de sobrevivência variou entre 79% e 83%, o que contradiz os resultados encontrados por Harriot & Fisk (1988).

Embora esta técnica apresente vantagens como baixo-custo e rápida execução, podendo ser realizada em grande escala e com pouco treinamento (Harriot & Fisk, 1988; Kaly, 1995; Lindahl, 1998; Yap et al., 1995), a espécie de coral a ser transplantada deve ser selecionada com certos cuidados, pois algumas espécies não são adequadas. Além disso, o local a ser restaurado precisa ter os requisitos básicos para obter altas taxas de sobrevivência dos fragmentos, uma vez que a utilização da técnica de transplante de fragmentos em ambientes de alta energia tem sido apontada, por alguns autores, como a causa da mortalidade dos transplantes, especialmente em estágios mais precoces, quando estes ainda não estão firmemente fixados ao substrato (Harriot & Fisk, 1988; Clark & Edwards, 1995). Assim, os transplantes de fragmentos em ambientes de alta energia deve ser feito apenas quando a recuperação do recife por recrutamento natural é improvável.

2.4. Cultivo de corais

Nesta técnica, os fragmentos de corais são cortados de colônias doadoras, transferidos para o local de cultivo, após serem fixados ao substrato (placas de calcário). Neste caso, eles são fixados nas placas com fios de arame. Os pólipos dos corais são orientados para cima, na posição vertical. Depois de fixados, os fragmentos são transferidos para as unidades de cultivo (estrutura de concreto com área interna de cerca de 1m²) e colocadas no fundo do mar. Após a formação do disco basal secundário (estrutura natural de fixação do coral), os fragmentos são instalados em áreas de recifes degradados para serem restaurados.

Heeger et al. (1999) relatam que o sucesso desta técnica depende primeiramente da estabilidade do substrato, da fixação do fragmento e do tamanho inicial do fragmento. Experimentos realizados em campo mostraram que a taxa de sobrevivência aumenta cerca de 90% utilizando fragmentos a partir de 8cm. Esta técnica tem sido indicada como de custo reduzido, alta taxa de sobreviventes e ainda como alternativa de subsistência para pescadores nas Filipinas (Heeger et al., 1999). Contudo, ela requer treinamento intenso e uma grande infraestrutura (Heeger & Sotto, 2000).

Franklin et al. (1998) realizaram experimentos com cultivo de fragmentos do coral *Acropora nasuda* com 2cm de altura, e os resultados obtidos revelaram que houve um aumento relativo de peso de 3200% em 12 meses. Os autores sugerem que a técnica é apropriada para restauração.

Oren & Benayahu (1997) examinaram o potencial de transplantes de corais em estágio juvenil para acelerar a colonização em recifes artificiais. As larvas foram coletadas com malha de plâncton durante a desova em grandes colônias de corais. Foram levadas para o laboratório e colocadas em placas de petri perfuradas num aquário durante duas semanas, período em que a maioria das plânulas se fixam. As placas de petri com mais de 15 pólipos foram transferidos para os recifes artificiais. A sobrevivência dos recrutas em estágio juvenil indica que esta é uma forma viável de se aumentar o recrutamento no recife.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Cultivo de fragmentos de *Millepora alcicornis* em sistema de aquários

3.1.1. Descrição do sistema de aquários

O sistema utilizado é composto por dois aquários de dimensões diferentes. O maior foi denominado de aquário A, e o menor foi denominado de aquário B, ambos com sistema de iluminação artificial, controlada por interruptores horários (timers). Uma caixa de circulação (sump) contendo carvão, um filtro de areia, bolas plásticas (bio balls) e uma bomba submersa, está colocada sob o aquário B. No aquário A foi instalado o Sistema Jaubert e 70kg de rochas calcárias. Completam a estrutura deste sistema experimental um escumador (skimmer Berlim Classic) acionado por uma bomba submersa de 2.500l/h, um refrigerador ¾ hp (chiller Elgin) com termostato MT 511R, um reservatório de reposição de água instalado sob o aquário A e bombas submersas (uma bomba de 7.000l/h, duas de 2.500l/h, uma de 1.200l/h, quatro de 650l/h, três de 550l/h e uma de 200l/h) para a circulação interna da água nos aquários (Figura 1).

Para os aquário A (130cm x 60cm x 55cm) e B (60cm x 30cm x 30cm) foi feita uma cobertura vazada, onde foram montados suportes de 30cm de altura. O sistema de iluminação foi instalado nestes suportes composto por refletores para as lâmpadas multivapores metálicos (metal halide - HQI) de 150w 10.000k, e no interior da cobertura vazada duas lâmpadas (uma azul e uma branca) tipo tubo fluorescente de 40w 20.000k no aquário A e de 15w 20.000k no aquário B. Este sistema é controlado por interruptores horários (timers), que mantiveram as lâmpadas tubos fluorescentes acesas entre 6:00 horas e 18:00 horas, e as lâmpadas tipo HQI acionadas das 9:00 horas às 15:00 horas. Desta maneira, o período de iluminação permaneceu sob o regime de luz 12 horas no claro/12 horas no escuro.

As ligações entre os aquários e destes com a caixa de circulação, o refrigerador e o escumador foram feitas com tubos de PVC e mangueiras atóxicas, envolvidas com fita adesiva de cor preta, para impedir a penetração de luz e desse modo inibir a proliferação de algas. Acoplados a essas mangueiras, foram colocados registros que controlaram o fluxo de água no sistema.

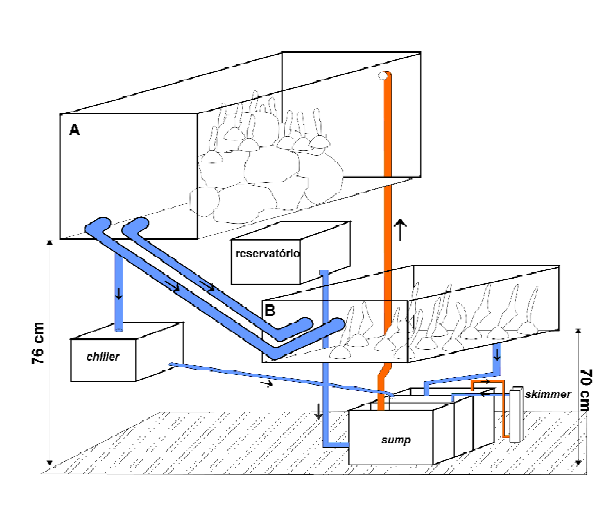


Figura.1. Esquema ilustrativo da estrutura e circulação do sistema experimental. A= aquário maior, B = aquário menor. As tubulações que aparecem em azul representam o fluxo da água por gravidade, e as tubulações em vermelho representam o fluxo da água induzido por bombas. A circulação da água no sistema foi mantida por uma bomba submersa com potência máxima de 7.000 l/h, colocada no sump. Bombas com diferentes valores de potência foram distribuídas nos dois aquários.

Figure 1. Sketch of the structure and of the circulation of experimental system. A= large aquarium, B= small aquarium. The hoses that appear in blue represent water flux by gravity and red hoses represent water flux by pumping. Water circulation of the system was maintained with a pump of power of 7,000 l/h, located in the sump. Pumps with different powers were distributed in the two aquaria.

A circulação da água no sistema foi mantida por uma bomba submersa com potência máxima de 7.000 l/h, colocada no sump (Figura 1), enquanto que a energia/agitação interna nos aquários foi mantida por várias bombas submersas de diferentes potências, distribuídas pelas laterais dos dois aquários, produzindo uma vazão de vinte vezes maior do que o volume da água do aquário por hora, segundo as condições definidas por Delbeek & Sprung (1994) e Bacelar (1997). Na figura 1, que ilustra o sistema de circulação da água, as tubulações que aparecem em azul representam o movimento da água por gravidade, enquanto aquelas tubulações em vermelho

representam o movimento da água induzido por bombas. Os aquários são mantidos em linha de forma a facilitar a circulação da água no sistema.

A temperatura da água do sistema foi mantida através de um aparelho de refrigeração (chiller). O refrigerador foi regulado por um termostato na temperatura desejada, entre 25,5°C e 26°C, e acionado quando a temperatura do sistema experimental alcançava 26°C. Esta variação de temperatura da água está dentro dos limites apontados por Delbeek & Sprung (1994) e Adey & Loveland (1998), entre 24°C e 26°C, como ideal para o desenvolvimento de corais e hidróides calcários em aquários.

3.1.2 Controle dos parâmetros físico-químicos

Antes de dar início ao estudo de cultivo de hidróides calcários, foram realizados testes para determinar a quantidade de cálcio e a frequência com que ele seria adicionado ao sistema e para definir o volume e a frequência das trocas parciais de água para manter os níveis de fosfato, pH, oxigênio dissolvido, alcalinidade, nitrito e nitrato do sistema.

Testes químicos da Red Sea foram realizados, semanalmente, para monitorar os níveis de fosfato (PO₄), pH, oxigênio dissolvido (OD), alcalinidade, nitrito (NO₂-), nitrato (NO₃-) e cálcio (Ca⁺²) da água dos aquários. O controle da salinidade foi realizado diariamente, a qual foi medida com um salinômetro refratômetro, e a densidade da água foi medida em um densímetro. Todos os parâmetros foram mantidos sem oscilações acentuadas, o que foi conseguido através da adição de cálcio na água do reservatório, da reposição de água deionizada evaporada dos aquários, do controle da temperatura e da salinidade, das trocas parciais de água, e dos sistemas de filtragem empregados. Os valores máximos e mínimos desses parâmetros químicos obtidos da água do aquário durante o cultivo dos fragmentos de *M. alcicornis* são mostrados na tabela 1.

O nível de cálcio dissolvido na água do mar, em áreas de recifes de corais, está na faixa de 400 ppm e este é o valor ideal que deve ser empregado em sistemas de aquários sugerido por vários autores (Yates & Carlson 1992; Delbeek & Sprung 1994; Gomes 1997; Adey & Loveland 1998). Assim, o nível de cálcio dissolvido na água do sistema foi mantido na faixa de 400ppm, através da adição de kalkwasser

em pó, marca Coralife, na concentração de 1,5g de cálcio/l. Esta solução contendo íons hidróxido (OH⁻) e íons de cálcio (Ca²⁺) foi colocada na caixa de reposição e introduzida no sistema lentamente, para que não ocorressem alterações na densidade e no pH.

As trocas parciais da água podem ser realizadas

Tabela.1: Valores máximos e mínimos dos parâmetros químicos da água do aquário medidos através de testes químicos, durante o cultivo de *Millepora alcicornis*. PO₄ = fosfato, OD = oxigênio dissolvido, NO₂- = nitrito, NO₃- = nitrato, Ca⁺² = cálcio

Table 1. Maximum and minimum values of aquarium water chemical parameters, measured with chemical tests, during culture of *Millepora alcicornis*. PO₄ = fosfate, OD = dissolved oxygen, NO₂- = nitrite, NO₃- = nitrate, Ca⁺² = calcium

PARÂMETRO	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO
PO ₄ (ppm)	0,2	0,1
pH	8,4	8,2
OD (ppm)	8,0	7,5
Alcalinidade (meq/l)	2,8	2,8
NO ₂ (ppm)	0,0	0,0
NO ₃ (ppm)	<2,5	<2,5
Ca ⁺² (ppm)	400	400

de várias maneiras, desde uma vez por semana, ou uma vez por mês, ou até mesmo de duas a quatro vezes por ano. Teoricamente, depois de atingida a maturidade biológica do aquário, que ocorre quando a produção e o consumo de nutrientes se equalizam, as trocas podem ser menos frequentes e menos volumosas. Entretanto, a frequência das trocas parciais e o volume de água a ser trocado dependem dos organismos que habitam o aquário, do volume total do aquário, do sistema de filtragem escolhido e da qualidade do skimmer. De acordo com Delbeek & Sprung (1994) essas trocas podem substituir de 5% a 25% do volume total da água do aquário.

As trocas parciais, de 15% do volume total da água do sistema de aquários, foram realizadas uma vez por semana. Essas trocas reduzem os compostos nitrogenados e os outros restos orgânicos. Os elementos traços, tais como o bário, o lítio, o cobre, o

zinco, o selênio e o magnésio, que estão presentes na água do mar em quantidades muito baixas (partes por bilhão), foram repostos através dessas trocas parciais. A salinidade indica a quantidade de sais dissolvidos na água do mar, que varia em torno de 34ups a 37ups (Adey & Loveland, 1998). Portanto, a água salina para essas trocas foi preparada utilizando sal sintético, marca Instant Ocean, diluído em água deionizada até alcançar salinidade de 35ups. A densidade da água foi mantida em 1,022kg/m³.

3.1.3. Coleta e preparação dos fragmentos

Cinco colônias do hidróide calcário *M. alcornis*, com tamanhos em torno de 25cm de diâmetro, foram coletados na margem leste da Baía de Todos os Santos, na cidade de Salvador. Essa coleta foi realizada num recife superficial, classificação segundo Nolasco (1987), desenvolvido sobre rochas do embasamento cristalino do Precambriano, a 2m de profundidade. A superfície onde cresciam as colônias é praticamente horizontal. A energia de ondas neste local é mais elevada entre os meses de abril e agosto, quando as avistagens de ondas de E-SE com alturas médias de 1,5m e períodos maiores de 6s variam entre 38% e 49% (Quayle et al., 1978). Os parâmetros físico-químicos da água medidos no local de coleta estão de acordo com os valores encontrados na literatura. As colônias coletadas apresentavam-se saudáveis, sem qualquer sinal de branqueamento e doença.

De cada colônia de *M. alcornis* foram produzidos, utilizando-se alicate, cinco fragmentos medindo cada um aproximadamente 10cm de altura. Para cada fragmento foi confeccionado um substrato artificial (suporte), preparado com tubo de PVC de 20mm de diâmetro e 50mm de comprimento colado a um cap. A extremidade oposta ao cap foi preenchida com cimento comum que depois de seco, foi recoberto por uma camada de silicone, para que não houvesse infiltração de água. Após 24 horas, os fragmentos foram cimentados ao cap com resina epoxi AquaStick. Esses fragmentos foram identificados e pesados antes e depois de fixados no suporte, para obter o peso alcançado pelos fragmentos ao final de cada semana. Dos cinco fragmentos produzidos de cada colônia de *M. alcornis*, dois foram escolhidos aleatoriamente para serem mantidos em cultivo. Não foi adicionado

qualquer tipo de alimento no sistema de aquários durante o cultivo.

Os dez fragmentos de *M. alcornis* foram colocados no aquário A, numa placa de vidro posicionada de forma que eles ficassem a 15cm abaixo da superfície da água (Figura 2) para receberem a mesma quantidade de luz e terem um melhor aproveitamento da potência da luz. Segundo Delbeek & Sprung (1994) em um aquário com iluminação artificial, a potência da luz é reduzida em 41% a 10cm de profundidade, em 51% a 20cm de profundidade, em 63% a 30cm de profundidade e em 69% a 40cm de profundidade.

3.2. Obtenção dos dados

Os fragmentos de *Millepora alcornis* foram transferidos para o aquário B, com uma hora antes de se iniciar cada seção de pesagem e de fotografias, uma vez por semana. As fotografias foram tiradas com base na metodologia descrita por Barnes & Crossland (1980). Em cada exemplar do hidróide foram fixadas, na sua base, duas escalas milimetradas, à frente e atrás do exemplar. A máquina fotográfica foi posicionada sempre em função destas duas escalas, de modo que o plano da película estivesse sempre perpendicular ao plano definido pelas duas escalas. A extensão lateral (expansão) e o crescimento vertical (extensão vertical dos ramos) do hidróide foram avaliados semanalmente, através da comparação de fotografias digitais. Contudo, as medidas de extensão lateral e do crescimento vertical foram quantificados a cada cinco semanas, ou seja, na 5^a, 10^a e 15^a semanas, uma vez que o crescimento dos fragmentos de *M. alcornis* verificado em cada semana nem sempre foi visível.

O peso ou calcificação esquelética de cada fragmento foi calculado através da técnica do buoyant weight descrita por Jokiel et al., (1978). Através desta técnica obteve-se o peso do organismo vivo imerso no líquido. Uma balança eletrônica, com sensibilidade de 0,01g, foi colocada sobre a cobertura vazada do aquário B. Uma haste de inox foi colocada sobre o prato da balança, e a essa haste foi afixado um prato de uma balança analítica onde os fragmentos eram colocados para a pesagem (Figura 3). O crescimento semanal de cada fragmento foi obtido pela diferença do seu peso ao final de cada semana em relação ao seu peso inicial. O crescimento total dos fragmentos

foi obtido pela diferença do seu peso ao final de cada ciclo de cinco semanas em relação ao seu peso inicial do ciclo (AC5, AC10, AC15), onde AC5 representa a diferença dos valores obtidos na quinta e primeira semanas, AC10 representa a diferença dos valores obtidos na décima e quinta semanas e AC15 representa a diferença dos valores obtidos na décima quinta e décima semanas.

O crescimento esquelético dos fragmentos foi comparado entre cada período de cinco semanas, aplicando um teste não paramétrico, o teste de (Kruskal-Wallis apud Zar 1999), tomando como hipótese de nulidade H_0 = não houve diferença no crescimento esquelético dos fragmentos durante as 15 semanas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os fragmentos de *Millepora alcicornis* mantiveram-se fixados ao suporte durante as 15 semanas, sem qualquer sinal de descolamento ou fragilidade. A partir de cinco semanas, 70% dos fragmentos de *M. alcicornis* já apresentavam, em média, cerca de 5mm de extensão lateral (Tabela 2). Foi observado um aumento gradativo da extensão lateral em 60% dos fragmentos ao final de 15 semanas, quando 50% dos fragmentos atingiram o dobro dos valores de extensão lateral encontrada no final da quinta semana (Tabela 2, figura 4). A extensão vertical não foi uniforme em todos os ramos de *M. alcicornis*. Alguns fragmentos apresentaram crescimento vertical (extensão vertical) ao final de 15 semanas de até 7mm

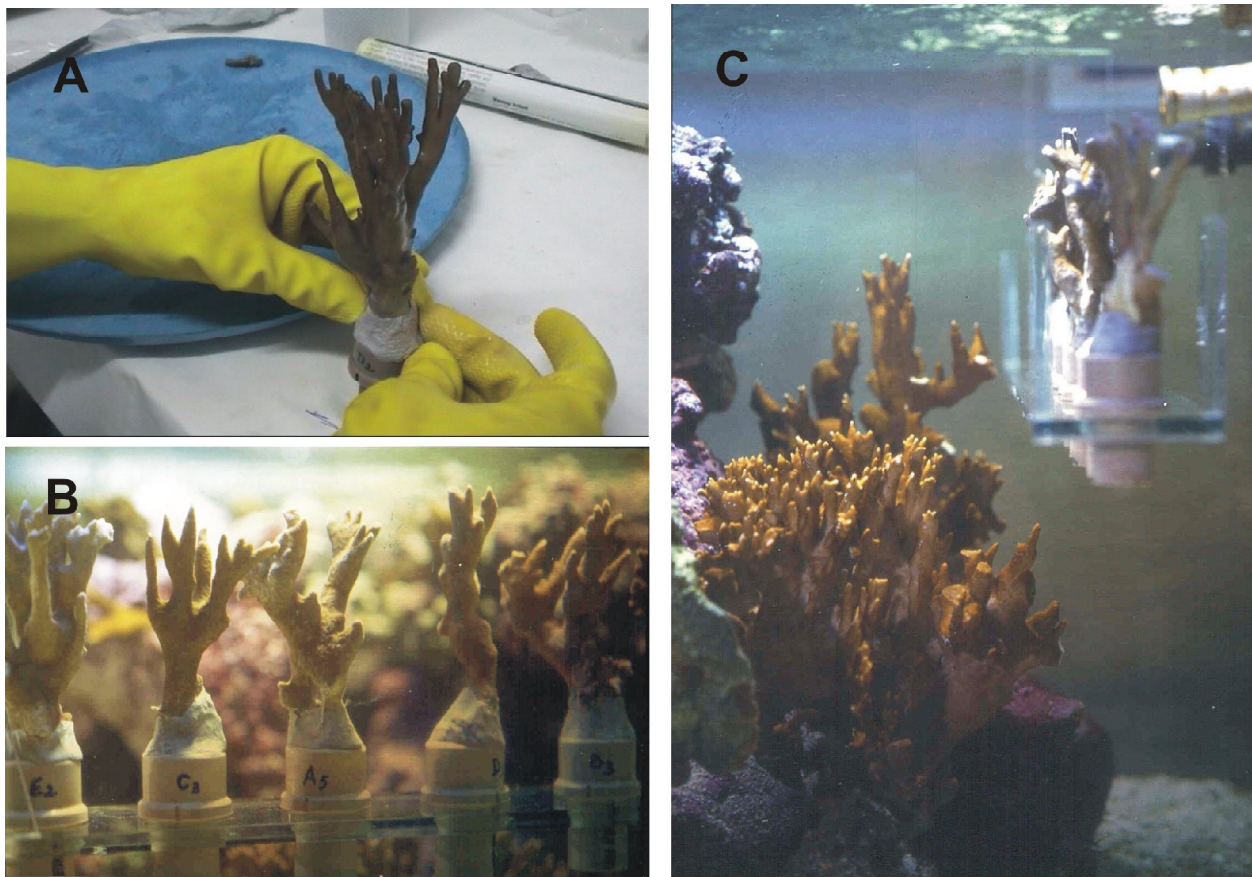


Figura 2. Fotografias ilustrando a fixação de fragmentos de *M. alcicornis* ao suporte (A) e o acondicionamento dos fragmentos na placa de vidro dentro do aquário, vista frontal (B), vista lateral (C).

Figure 2. Photographs illustrating *M. alcicornis* fragments fixing to the base (A) and the deployment of fragments in the glass plate inside the aquarium, front view (B), side view (C).

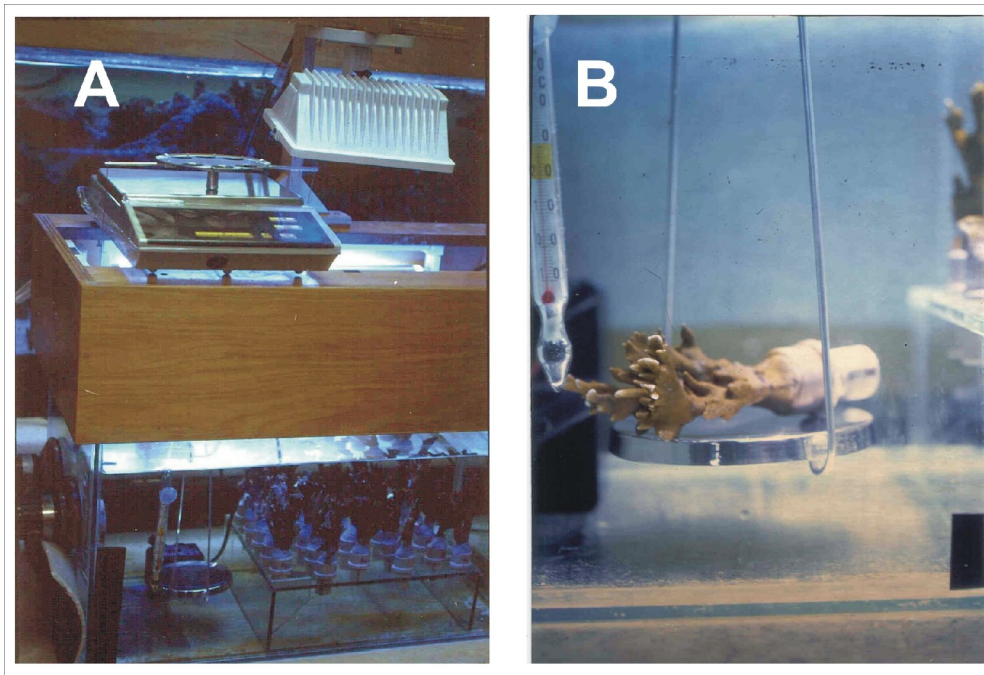


Figura 3. Procedimento de pesagem dos fragmentos de *M. alcornis*. A = posicionamento da balança sobre o aquário B (menor); B = fragmento no ato da pesagem, no interior do aquário B.

Figure 3. *M. alcornis* fragments weighting procedure. A = weighting device mounted on aquarium B (small); B = fragment being weighed in aquarium B.

em alguns dos seus ramos (Figura 4). Os fragmentos de coloração mais pálida também recuperaram a intensidade de cor, mostrando expansão lateral e crescimento vertical semelhante aos demais fragmentos. Esta coloração inicial mais pálida do fragmento E4, por exemplo, pode ter sido em função do estresse inicial ocorrido durante a fixação do fragmento ao suporte. Isto demonstra o potencial de fixação e de adaptação deste hidróide calcário. Embora nem todos os fragmentos tenham apresentado extensão lateral significativa, todos sobreviveram durante as 15 semanas nas condições de cultivo deste trabalho, sem apresentar qualquer sinal de estresse, como por exemplo, ausência de branqueamento e doenças.

Segundo Muller-Parker & D'Elia (1997) o crescimento de corais e hidróides calcários ramificados que abrigam zooxantelas no seu tecido não apresenta uniformidade devido à distribuição de luz na colônia. Uma colônia pode apresentar zonas sombreadas (superfícies internas) e zonas não sombreadas

(superfícies mais externas), as quais recebem mais luz e, conseqüentemente, podem crescer mais rápido.

Em ambientes de águas rasas, a luz além de ser mais intensa, chega de várias direções devido à refração na superfície da água e reflexão da luz ao atingir o fundo marinho. O campo de luz na água é modificado pelo seu ângulo de incidência, absorção e dispersão em virtude da presença de partículas na água (transparência) e pela própria molécula de água (Falkowski et al., 1990). Desta forma, pode haver sobreposição de zonas que inicialmente não eram sombreadas na colônia devido a modificações na sua forma de crescimento. Assim, as colônias que apresentam um maior número de áreas expostas a luz, crescerão mais. Então, sugere-se que um dos fatores que podem estar contribuindo para esta variação na extensão vertical dos ramos é a distribuição de luz na superfície da colônia.

O crescimento (calcificação esquelética) dos fragmentos de *Millepora alcornis* obtidos através da técnica do buoyant weight variou em cada semana e

Tabela 2. Extensão lateral dos fragmentos de *M. alcornis* cultivados por 15 semanas em sistema de aquários.
 Table 2. Lateral extension of *M. alcornis* fragments, cultivated during fifteen weeks in aquarium systems.

FRAGMENTOS DE <i>Millepora alcornis</i>	5 ^a semana (mm)	10 ^a semana (mm)	15 ^a semana (mm)
A2	-	-	-
A5	7	12	16
B2	-	-	-
B3	6	6	6
C1	7	11	11
C3	6	18	18
D1	3	8	9
D4	-	-	-
E2	5	15	19
E4	5	19	25

apresentou um comportamento oscilatório (Figura 5), ou seja, a quantidade de carbonato de cálcio que é incorporada no esqueleto de *M. alcornis* apresenta ou períodos de aumento e ou redução da incorporação de carbonato, alternadamente. Em muitos corais maciços, períodos em que ocorre uma redução da incorporação de carbonato, produzindo regiões menos densas, vêm acompanhados de maiores extensões verticais do esqueleto (Lough & Barnes, 1992; Scoffin et al., 1992; Lough & Barnes, 1997; Carricart-Ganivet, 2004). Provavelmente, as colônias de *M. alcornis* apresentam uma relação entre a incorporação de carbonato e extensão vertical semelhante aos corais maciços. Então, esta pequena redução do crescimento médio dos fragmentos de *M. alcornis* observada durante as 15 semanas não significa estresse nas condições de cultivo durante este trabalho. Além disso, o resultado do teste de Kruskal-Wallis ($p = 0,125$) aponta que não há diferença significativa ao nível de 5% entre as médias de crescimento esquelético dos fragmentos a cada período de cinco semanas (Figura 6). Isto confirma que a quantidade de carbonato de cálcio incorporada no esqueleto de *M. alcornis* que formará a estrutura

rígida do recife não foi afetada pelas condições de cultivo dos fragmentos no sistema de aquários, principalmente se levados em conta o confinamento e o posicionamento dos fragmentos em relação à iluminação, bem como a disposição dos fragmentos na placa de vidro.

O crescimento acumulado de cada fragmento ao final das 15 semanas, não apresentou relação com o seu peso inicial (g). Isso está ilustrado na figura 7, onde se vê o pequeno valor de $R^2 = 0,0652$, indicando a baixa relação existente entre os parâmetros peso inicial e crescimento acumulado.

No ambiente recifal, a deposição de carbonato de cálcio difere significativamente em relação ao tamanho das colônias. Colônias maiores depositam mais carbonato de cálcio quando comparadas com colônias menores. No entanto, colônias menores apresentam um maior aumento em porcentagem de peso ao longo do tempo (taxas de crescimento relativo maiores) indicando que elas fixam mais carbonato de cálcio (formação de esqueleto) em proporção aos seus tamanhos atuais (Yap et al., 1998; Rinkevich, 2000). Evidências deste fato foram observadas por alguns autores quando investigaram as taxas de crescimento

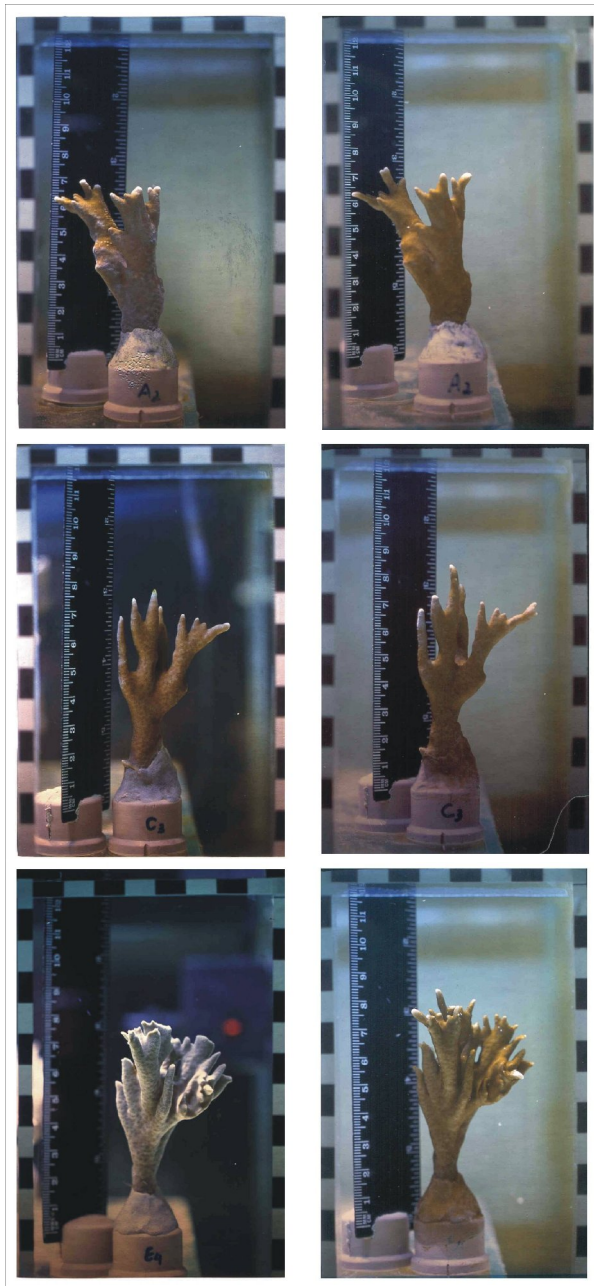


Figura 4. Exemplos de fragmentos de *M. alcicornis* com extensão lateral e crescimento vertical durante o cultivo. Nota-se claramente a expansão lateral estendendo-se pelo suporte nos fragmentos C3 e E4. A extensão vertical dos ramos dos fragmentos A2, C3 e E4 também é visível.

Figure 4. *M. alcicornis* fragments lateral extension and vertical growth during cultivation period. Lateral expansion is evident on fragments C3 and E4 bases. Vertical extension of the branches of fragments A2, C3 and E4 is also visible.

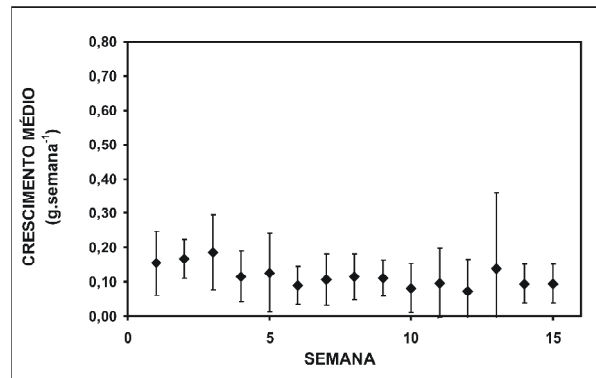


Figura 5. Médias semanais do peso dos dez fragmentos de *Millepora alcicornis* ($X \pm DP$) durante 15 semanas. Nota-se um comportamento oscilatório da calcificação esquelética média dos fragmentos de *Millepora alcicornis* obtidos através da técnica do buoyant weight.

Figure 5. Weekly average of the weight of *Millepora alcicornis* ($X \pm SD$) during 15 weeks. It is notable an oscillatory behavior of mean skeletal calcification of *Millepora alcicornis* fragments, obtained through the buoyant weight technique.

(extensão linear) de transplantes de várias espécies de *Acropora* (Clark & Edwards, 1995; Bowden-Kerby, 1997). Clark & Edwards (1995), por exemplo, verificaram claramente que os fragmentos transplantados (<10cm de diâmetro) alcançaram o tamanho semelhante ao de colônias bem maiores, após três anos de avaliação.

Yap et al., (1998) mostraram que as taxas de crescimento (buoyant weight) de transplantes de nubbins e de colônias com 8cm de diâmetro de *Porites cylindrica* e de *Porites rus* variaram em função do tamanho inicial, ou seja, colônias menores cresceram proporcionalmente mais rápido do que colônias maiores. Clark & Edwards (1995) encontraram tanto relação positiva como negativa entre o tamanho (taxa de extensão radial) e o crescimento de *Acropora* spp, dependendo da espécie estudada. Estudos realizados por Vago et al., (1997) mostraram uma relação positiva entre as taxas de crescimento (buoyant weight) de transplantes do coral *Stylophora pistillata* e seus pesos iniciais, que variaram entre 30g e 60g. No entanto, as taxas de crescimento de transplantes do hidróide calcário *Millepora dichotoma* e do coral *Acropora variabilis*

foram independentes dos tamanhos iniciais de seus fragmentos. O peso inicial de transplantes do hidróide *M. dichotoma* variaram entre 20g e 50g, enquanto os transplantes coral *A. variabilis* variaram em média entre 20g e 25g (Vago et al., 1997). Resultados similares aos de Vago et al. (1997) para o coral *Stylophora pistillata* foram encontrados em experimentos em aquários por Ferrier-Pagès et al. (2000). No presente estudo, os resultados encontrados sobre a relação do crescimento com o peso inicial dos fragmentos de *M. alcornis* assemelham-se aos resultados de Vago et al. (1997) para o hidróide calcário *Millepora dichotoma*, ou seja, fragmentos de *M. alcornis* menores e maiores (cerca de 7g a 15g) depositaram carbonato de cálcio em quantidades similares.

Os fragmentos foram cultivados sem administrar qualquer tipo de alimento ao sistema. Trabalhos descritos na literatura mostram que o zooplâncton não contribui com a maior porção de requisitos calóricos e carbono para os corais hermatípicos, uma vez que grande parte do carbono fotossintético produzido pelas zooxantelas é responsável pela energia necessária para o crescimento dos corais e dos hidróides calcários (Gattuso et al., 1999; Furla et al., 2000). Uma vez que as médias de crescimento esquelético dos fragmentos (calcificação) ao final de cada cinco semanas mantiveram-se constantes, sugere-se que os processos de respiração e de fotossíntese (hidróide calcário/algas) não foram afetados pelo fato de não ter sido adicionado suplemento alimentar ao sistema de cultivo e, conseqüentemente, o processo de calcificação não foi afetado devido à sua estreita ligação com a fotossíntese.

Figura 6. Médias e desvios padrão do crescimento esquelético de *Millepora alcornis* a cada ciclo de cinco semanas. N = número de medidas na amostra. AC5 = diferença dos valores obtidos na quinta e primeira semanas, AC10 = diferença dos valores obtidos na décima e quinta semanas e AC15 = diferença dos valores obtidos na décima quinta e décima semanas.

Figure 6. Averages and standard deviation of *Millepora alcornis* skeletal growth every five weeks. N = number of measurements in the sample. AC5 = difference of value obtained in the fifth and first weeks, AC10 = difference of value obtained in the tenth and fifth weeks and AC15 = difference of value obtained in the fifteenth and tenth weeks.

Figura 7. Diagrama de dispersão e regressão linear simples comparando o crescimento dos fragmentos de *Millepora alcornis* em função do seu peso inicial. Figure 7. Dispersion diagram and simple linear regression comparing *Millepora alcornis* fragments growth as a function of their initial weight.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O equilíbrio ecológico da comunidade recifal pode ser rápido e facilmente quebrado por agentes externos de natureza diversa. Da mesma forma, em aquários, com sistema fechado ou semi-fechado, esse ecossistema necessita de cuidados para que seja mantido sem variações ambientais significativas. Com o aperfeiçoamento dos sistemas de filtragem da água, com mecanismos eficientes para exportar o excesso de nutrientes do sistema, promoveu-se, sob determinadas condições de monitoramento, o cultivo de muitas espécies de corais em aquários (Becker & Mueller, 2001; Abramovitch-Gottlieb et al., 2002). As melhores condições de cultivo para corais e hidróides calcários, identificadas através de estudos experimentais, têm sido relatadas por vários autores (Delbeek & Sprung, 1994; Atkinson et al., 1995; Marubini & Thake, 1999; Borneman & Lowrie, 2001; Becker & Mueller, 2001; Abramovitch-Gottlieb et al., 2002) para potencializar o crescimento e a propagação de corais, a fim de que possam ser utilizados em projetos de restauração, e, assim, minimizar o dano em áreas doadoras de corais e acelerar a recuperação do recife. Estudos realizados por Oliveira (2002) mostraram que a luz potencializou a calcificação de *M. alcicornis* em experimentos *in vitro*. O crescimento máximo ocorreu quando os fragmentos de *M. alcicornis* foram submetidos a um período de iluminação de 13 horas por dia, quando a taxa de calcificação foi três vezes maior do que com de 11 horas de iluminação. O projeto Coral Vivo iniciado em 2004 com o apoio do Fundo Nacional do Meio Ambiente tem desenvolvido estudos para aprimorar a reprodução e o recrutamento de corais brasileiros em cativeiro como uma alternativa para recuperar populações de corais em recifes danificados (Castro et al., 2006).

O cultivo de organismos em aquários permite manter, sob condições controladas e otimizadas, várias espécies de corais e algumas de hidróides calcários, as quais podem fornecer fragmentos de tamanhos reduzidos tornando-os viáveis para serem transplantados (Becker & Mueller, 2001). Porém, o aquário deve ser monitorado diariamente e a manutenção feita com frequência, para que os organismos patogênicos não proliferem no sistema. Estes organismos patogênicos danificam o tecido do coral, levando-o a necrose a partir da segunda semana,

podendo causar sua morte dentro de dois meses, a exemplo do que ocorreu com fragmentos do coral *Acropora cervicornis* mantidos em aquário (Becker & Mueller, 2001).

A viabilidade de fragmentos de *M. alcicornis*, neste trabalho, confirma que os sistemas de iluminação, de filtragem da água e de circulação, bem como o controle dos parâmetros físico-químicos empregados, foram adequados para manter os fragmentos vivos e sem sinal de estresse, durante todo o período. Assim, torna-se viável a sua permanência em aquário por períodos de, no mínimo, 15 semanas, podendo, ainda, serem mantidos vivos por um período mais longo (pelo menos 40 semanas), o que foi observado após este estudo.

Para a escolha do sistema de iluminação, a quantidade e a qualidade de luz a serem utilizadas estão diretamente relacionadas com o tipo de organismos a ser cultivado. Delbeek & Sprung (1994) relatam que para o cultivo de corais, os melhores resultados (crescimento e ausência de estresse) utilizando lâmpadas tubos fluorescentes e HQI foram alcançados quando a duração do dia esteve entre 10 e 12 horas, sendo que as lâmpadas tipo HQI deveriam ficar acesas por um período de 8 a 10 horas por dia. Como exemplo desta relação (luz e espécie), estudos realizados por Reynaud-Vaganay et al. (2001), quando avaliaram a taxa de sobrevivência dos corais *Acropora* sp e *Stylophora pistillata* em aquários expostos a diferentes intensidades de luz (lâmpada tipo HQI 400w), por um fotoperíodo de 12 horas no claro e 12 horas no escuro, durante seis semanas, mostraram que a taxa de sobrevivência de *Stylophora pistillata* foi de 43% sob intensidade de luz mais baixa e 70% quando a intensidade de luz foi mais alta, enquanto que para *Acropora* sp a taxa de sobrevivência foi maior sob condições de intensidade de luz mais baixa (80% de sobrevivência) do que em intensidade de luz mais alta (67% de sobrevivência). No presente estudo, a taxa de sobrevivência ao final de 15 semanas foi de 100 %, mesmo reduzindo-se o tempo em que as lâmpadas tipo HQI ficaram acesas (6 horas por dia).

Fragmentos a partir de 7g do hidróide calcário *Millepora alcicornis* podem ser cultivados com um fotoperíodo de 12 horas por dia. O tempo de utilização das lâmpadas tipo HQI pode ser reduzido e não é preciso adicionar suplemento alimentar ao

sistema, o que reduz os gastos com a energia e com a alimentação. Os fragmentos de *Millepora* podem ser posicionados a 15cm da superfície da água e cultivados nesta situação sem que haja estresse para os fragmentos a serem utilizados na restauração de áreas recifais degradadas, com grande sucesso de sobrevivência no mar.

O primeiro passo para manter a saúde dos recifes é a sua proteção e a eliminação ou a redução dos estressores responsáveis pelo dano. O segundo passo é a sua restauração. A restauração é uma estratégia importante, pois, aparentemente, ecossistemas recifais não se recuperam do estresse antropogênico sem manipulação, devido ao seu efeito duradouro (Pratt, 1994; Precht, 1998) e, também, porque processos de recuperação natural podem levar períodos muito longos, medidos em décadas ou séculos (Rinkevich, 2000). A falta de intervenção traria sérias consequências não apenas para a biodiversidade marinha mas também, reduziria sensivelmente o valor econômico total que os recifes de corais oferecem para a população e, ainda, comprometeria a estabilidade das praias.

Uma gestão criteriosa e métodos para reduzir atividades que danificam os recifes (tais como a poluição, a atividade recreativa desordenada e a pesca) são ações prioritárias para a recuperação desse ecossistema. A prevenção pode ter um custo bem menor do que a utilização de técnicas para a recuperação de áreas recifais degradadas. Educação, formas alternativas de subsistência e métodos de extração de recursos sustentáveis podem ser implementados para reduzir a degradação do recife, que tem aumentado com o avanço desordenado da população costeira e da pressão que esta exerce sobre o meio natural. Quando um recife é danificado, a taxa de recuperação dos corais dependerá do tipo e da extensão do dano, do local do recife em que ocorreu o dano e as espécies afetadas. Ademais, se o dano foi causado por atividades humanas a recuperação dependerá da cessação da causa do dano. Se um recife de coral apresenta sinais avançados de degradação ele tem um potencial para ser submetido à restauração independente do dano ter sido causado por um fenômeno natural ou induzido pelo homem. A questão será qual o protocolo a ser empregado. Os recifes brasileiros mais degradados estão próximos a

idades com grandes populações, devido à exposição freqüente a poluição doméstica e a influência direta das atividades humanas, entre elas a exploração indiscriminada dos organismos recifais. Os corais e os hidróides calcários, por exemplo, foram extraídos dos recifes costeiros ao longo da costa nordeste durante vários anos para a produção de cal (Maida & Ferreira, 2004; Ferreira & Maida, 2006).

O cultivo de fragmentos de *M. alcicornis*, medindo cerca de 10cm de altura e extensão lateral visível, com o controle dos parâmetros físico-químicos da água, do crescimento de algas, da turbidez da água, os quais prejudicam o recrutamento de organismos hermatípicos, tem grande probabilidade de sucesso ao serem reintroduzidos no ecossistema como uma ferramenta na recuperação de áreas recifais degradadas. Contudo, para o sucesso da restauração, condições bióticas e abióticas da área a ser restaurada devem ser levadas em consideração. Inicialmente deve-se avaliar a qualidade da água. Ela deve apresentar salinidade entre 32ups e 36ups, temperatura variando entre 25°C e 30°C, e água transparente na maior parte do tempo. Essa transparência pode ser medida com disco de Secchi e situar-se, em média, em cerca de 4m. Além disso, é importante a ausência de poluição química.

Em se tratando dos recifes brasileiros, Leão (1982, 1996) e Leão & Ginsburg (1997) relatam que o ambiente recifal está em águas que são turvas na maior parte do ano. No caso dos hidróides calcários, sua forma ramificada evita a acumulação de sedimento sobre sua superfície e isso lhes fornece uma vantagem para suportar ambientes com alta sedimentação. Desse modo, além disso, por normalmente viverem em locais rasos, de maior energia de ondas, a turbidez da água não deve ser um fator limitante para a sobrevivência dos hidróides calcários. Uma análise importante também deve ser feita em relação ao recrutamento natural desses organismos. A fragmentação é um fenômeno comum às *Millepora*. Desta maneira o cultivo de corais e hidróides calcários em sistemas de aquários pode ser feito com a utilização de fragmentos, viabilizando-os para serem utilizados em projetos de restauração. Em se tratando do hidróide *M. alcicornis*, os fragmentos que são quebrados naturalmente pela ação de ondas podem ser cultivados utilizando o protocolo descrito neste trabalho. Nesse aspecto, um

ponto importante a ser avaliado é o potencial de recuperação e sobrevivência de fragmentos menores que 10cm de altura. Este hidróide é um dos elementos importantes na construção das bordas dos recifes e seu uso na restauração das áreas degradadas constituirá um eficiente instrumento para o manejo e a conservação dos recifes de coral, um dos recursos naturais de grande valor na costa tropical do Brasil.

AGRADECIMENTOS

O CNPq proporcionou recursos financeiros para o desenvolvimento da pesquisa e bolsas para os autores.

BIBLIOGRAFIA

- Abramovitch-Gottlieb L., Katoshevski, D. & Vago, R. (2002) - A computerized tank system for studying the effect of temperature on calcification of reef organisms. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 50(2-3):245-252. (doi: 10.1016/S0165-022X(01)00236-6).
- Atkinson, M.J., Calson, B. & Crow G.L. (1995) - Coral growth in high-nutrient, low-pH seawater: A case study of corals cultured at the Aquarium, Honolulu, Hawaii. *Coral Reefs*, 14 (4): 215-223. (doi: 10.1007/BF00334344).
- Adey, W.H. & Loveland, K. (1998) - *Dynamic Aquaria: Building Living Ecosystems*. 2ª ed., 498 p., Academic Press, San Diego, SC, USA. (ISBN-13: 978-0120437924).
- Barcelar, A.J.F. (1997) - *Aquários Marinhos e de Recifes de Coral*. 175 p., Editora Nobel, São Paulo, SP, Brasil. (ISBN: 8521309244).
- Barnes, D.J. & Crossland, C.J. (1980) - Diurnal and seasonal variations in the growth of staghorn coral measured by time-lapse photography. *Limnology and Oceanography*, 25(6):1113-1117. (disponível em http://www.aslo.org/lo/toc/vol_25/issue_6/1113.pdf).
- Belém, M.J.C., Rohlf, C., Pires, D.O., Castro, C.B. & Young, P.S. (1986) - S.O.S. Corais. *Ciência Hoje*, 5:35-42. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Becker L.C. & Mueller E. (2001) - The culture, transplantation and storage of *Montastrea faveolata*, *Acropora cervicornis* and *Acropora palmata*: What we learned so far. *Bull. Mar. Sci.*, 69 (2): 881-886. (disponível em <http://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/2001/00000069/00000002/art00050>).
- Birkeland, C., Randall, R.H. & Grim, G. (1979) - Three methods of coral transplantation for the purpose of re-establishing a coral community in the thermal effluent area of the Tanquisson Power Plant. Univ. of Guam., Technical Report 60, 24p., University of Guam Marine Laboratory, Guam.
- Borneman, E.H. & Lowrie, J. (2001) - Advances in captive husbandry and propagation: an easily utilized reef replenishment means from the private sector? *Bulletin of Marine Science*, 69(2):897-913. (disponível em <http://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/2001/00000069/00000002/art00051>).
- Bowden-Kerby, A. (1997) - Coral transplantation in sheltered habitats using unattached fragments and cultured colonies. In: Lessios H.A. & Macintyre, I.G. (eds.) *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, Vol. 2, p. 2063-2068, University of Panama / Smithsonian Tropical Research Institute, Panama City, Panama.
- Carricart-Ganivet, J.P. (2004) - Sea surface temperature and the growth of the West Atlantic reef-building coral *Montastrea annularis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 302(2):249-260. (doi:10.1016/j.jembe.2003.10.015).
- Castro, C.B.; Pires, D.O.; Segal, B.; Maida, M.; Ferreira, B.P. Rostan, G.; Negrão, F. & Lins-de-Barros, M.M. (2006) - Projeto Coral Vivo. In: Ferreira, B.P. e Maida, M. (eds.), *Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil – Situação atual e perspectivas*, pp. 80-81, MMA, Brasília, DF, Brasil.
- Clark, J. R. (1996) - *Coastal zone management handbook*. 694 p., Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA. (ISBN: 1566700922).
- Clark, S. & Edwards A.J. (1995) - Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldives Islands. *Coral Reefs*, 14(4):201-213. (doi: 10.1007/s003380050017).
- Cesar, H.S.J. (ed.) (2000) - *Collected essays on the economics of coral reefs*. 243p., CORDIO Publ., Kalmar University, Kalmar, Sweden. (ISBN-13: 978-9197395908).
- Cook, C.B., Dodge, R.E. & Smith, S.R. (1994) - Fifty years of impacts on coral reefs in Bermuda. In:

- Ginsburg, R.N. (Compiler), *Proceedings of the Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs : health, hazards and history*, p.160-166, University of Miami, Miami, FL, USA. (ISBN: 0932981798).
- Delbeek, J.C. & Sprung, J. (1994) - *The Reef Aquarium: A Comprehensive Guide to the Identification and Care of Tropical Marine Invertebrates*. 544p., Ricordea Publishing, Miami, FL, USA. (ISBN-13: 978-1883693121).
- Edwards, A.J. & Clark, S. (1998) - Coral transplantation: A useful management tool or misguided meddling? *Marine Pollution Bulletin*, 37(8-12): 474-487. (doi: 10.1016/S0025-326X(99)00145-9).
- Falkowski, P.G., Jokiel, P.L. & Kinzie III, R.A. (1990) - Irradiance and corals. In: Dubinsky, Z. & Goodall, D.W. (eds.), *Ecosystems of World: Coral Reefs*, pp.89-107, Elsevier Science. (ISBN-13: 978-0444873927).
- Franklin, H., Muhando, C. A. & Lindahl, U. (1998) - Coral culturing and temporal recruitment patterns in Zanzibar, Tanzania. *Ambio*, 27(8):651-655.
- Ferreira, B.P. & Maida, M. (eds.) (2004) - *Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil – Situação atual e perspectivas*, 116p., MMA – Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil. (ISBN: 8587166867) (disponível em <http://www.recifescosteiros.org.br/reefcheck/download.php>).
- Ferrier-Pagès, C., Gattuso, J.P., Dallot, S. & Jaubert J. (2000) - Effect of nutrient enrichment on growth and photosynthesis of the zooxanthellate coral *Stylophora pistillata*. *Coral Reefs*, 19(2):103-113. (doi: 10.1007/s003380000078).
- Furla, P., Galgani, I., Durand, I. & Allemand D. (2000) - Sources and mechanisms of inorganic carbon transport for coral calcification and photosynthesis. *Journal of Experimental Biology*, 203(22):3445-3457. (<http://jeb.biologists.org/cgi/reprint/203/22/3369>).
- Garzón- Ferreira, J., Cortés, J., Croquer, A., Guzmán, H., Leão, Z., & Rodríguez-Ramírez A. (2000) - Status of coral reefs in Southern Tropical America: Brazil, Colombia, Costa Rica, Panama and Venezuela. In: Wilkinson, C. (ed.), *Status of Coral Reefs of the World: 2000*, p.331-348, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia. (ISSN 1447-6185). (disponível em <http://www.gcrmn.org/status2000.aspx>).
- Gattuso, J.P., Allemand, D. & Frankignoulle M. (1999) - Photosynthesis and calcification at cellular, organismal and community levels in coral reefs: A review on interactions and control by carbonate chemistry. *American Zoologist*, 39:160-183.
- Glynn, P. W. (1988). El Niño-Southern Oscillation 1982-1983: Nearshore population, community and ecosystem responses. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19: 309-345.
- Gomes S. (1997) - *O Aquário Marinho e as Rochas Vivas*. 2ª edição, 255p., Tropicus Publicidade e Propaganda Ltda, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Grigg, R.W. & Dollar, S.J. (1990) - Natural and anthropogenic disturbance on coral reefs. In: Z. Dubinsky (ed.) *Ecosystems of World Coral Reefs*. pp. 439-452, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo. (ISBN 0-444-87392-9).
- Guzmán, H.M. (1991) - Restoration of Coral Reefs in Pacific Coastal Rica. *Conservation Biology*, 5(2): 189-195. (doi: 10.1111/j.1523-1739.1991.tb00123.)
- Harriot, V.J. & Fisk, D.A. (1988) - Coral transplantation as a reef management option. In: Choat, J.H., Barnes, D., Borowitzka, M.A., Coll, J.C., Davies, P.J., Flood, P., Hatcher, B.G., Hopley, D., Hutchings, P.A., Kinsey, D., Orme, G.R., Pichon, M., Sale, P.F., Sammarco, P., Wallace, C.C., Wilkinson, C., Wolanski E. & Bellwood, O. (eds.) *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium*, 2:375-379, Townsville, Australia. (ISBN-13: 978-0731656066)
- Heeger, T. & Sotto, F. (2000) - *Coral Farming A Tool for Reef Rehabilitation and Community Ecotourism*. 94p., German Ministry of Environment, German Technical Cooperation and the Tropical Ecology Program (GTZ- TÖB), Philippines.
- Heeger, T., Cashman, M. & Sotto, F. (1999) - Coral farming as alternative livelihood, sustainable natural resource management and coral reef rehabilitation. In: *Proceedings Oceanology International 1999 Pacific rim conference*, p. 171-185, Singapore.
- Hoegh-Guldberg, O. (1999) - Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research*, 50(8):839-866. (doi:10.1071/MF99078).

- Hughes, T.P. (1994) - Coral reef degradation: a long-term study of human and natural impacts. In: Ginsburg, R.N. (Compiler), Proceedings of the Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs : health, hazards and history, p.208-213, University of Miami, Miami, FL, USA. (ISBN: 0932981798).
- Jokiel, P.J., Maragos, J. E. & Franzisket L. (1978) - Coral growth: buoyant weight technique. In: Stoddart, D.R. & Johannes, R.E. (eds.), Coral Reefs: Research Methods, p. 529-535, UNESCO, Monographs on oceanographic Methodology, Paris, France.
- Kaly, U.L. (1995) - Experimental test of the effects of methods of attachment (and handling on the rapid transplantation of corals. (†CRC Reef Research Centre Technical Report No. 1, (†28 p., CRC Reef Research Centre Ltd, Townsville, Austrália. (ISBN: 0642227675).
- Kikuchi, R.K.P. (2000) - Evolução dos recifes e das comunidades de corais hermatípicos da plataforma continental norte do estado da Bahia durante o Holoceno. Dissertação de Doutorado, 152p., Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, BA, Brasil.
- Kinzie III, R.A. & Buddermeier, R.W. (1996) - Reefs happen. *Global Change Biology*, 2(6):479-494. (doi: 10.1111/j.1365-2486.1996.tb00062.x)
- Leão, Z.M.A.N. & Kikuchi, R.K.P. (2000) - The Abrolhos reefs of Brazil. In: Seeliger, U. & Kjerfve, B. (eds.) Coastal Marine Ecosystems of Latin America, pp. 83-96, Springer-Verlag, Ecological Studies 144, Berlin Heidelberg New York. (ISBN-13: 978-3540672289).
- Leão, Z.M.A.N., Kikuchi, R.K.P., Maia, M.P. & Lago, R.A.L. (1997) - A catastrophic coral cover decline since 3000 years B.P., Northern Bahia, Brazil. In: Lessios H.A. & Macintyre, I.G. (eds.) Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, Vol. 2:583-588, University of Panama / Smithsonian Tropical Research Institute, Panama City, Panama.
- Lesser, M.P. (2004) - Experimental biology of coral reef ecosystems. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 300(Special Issue):217-252. (doi: 10.1016/j.jembe.2003.12.027).
- Lindahl, U. (1998) - Low-tech rehabilitation of degraded coral reefs through transplantation of staghorn corals. *Ambio*, 27(8):645-650.
- Lough, J.M. & Barnes, D.J. (1992) - Comparisons of skeletal density variations in *Porites* from the central Great Barrier Reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 155(1):1-25. (doi:10.1016/0022-0981(92)90024-5)
- Lough, J.M. & Barnes, D.J. (1997) - Several centuries of variations in skeletal extension, density and calcification in massive *Porites* colonies from the Great Barrier Reef: A proxy for seawater temperature and a background of natural variability against which to identify unnatural change. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 211(1):29-67. (doi: 10.1016/S0022-0981(96)02710-4)
- Maida, M. & Ferreira, B.P. (2004) - Os recifes de Coral Brasileiros. In: ESKINAZI-LEÇA, E., Newman S. & Costa M., *Oceanografia: um cenário tropical*. p.617-240, Editora Bargaço, Recife, PE, Brasil. (ISBN: 8574095826)
- Marubini, F. & Thake, B. (1999) - Bicarbonato addition promotes coral growth. *Limnology and Oceanography*, 44(3):716-720. (disponível em http://www.aslo.org/lo/toc/vol_44/issue_3/0716.pdf)
- Maýal, E. (1986) - Mercado de Corais. S.O.S. corais. *Ciência Hoje*. 5:43. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Muller-Parker, G. & D'Elia, C.F. (1997) - Interactions between corals and their symbiotic algae. In: Birkeland, C. (ed.), *Life and death of coral reefs*, pp:93-103, Chapman & Hall, London, UK. (ISBN: 0412035413)
- Nolasco M.C. (1988) - Construções carbonáticas da costa norte do Estado da Bahia (Salvador a Subaúma). Dissertação de Mestrado, 143p., Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil.
- Oliveira, M.D.M. (2002) - Avaliação do efeito da luz na calcificação do esqueleto do hidróide calcário *Millepora alcicornis* Linnaeus, 1758, em experimentos in vitro. Dissertação de Mestrado, 93p., Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil.
- Oren, U., & Benayahu, Y. (1997) - Transplantation of juvenile corals: a new approach for enhancing colonization of artificial reefs. *Marine Biology*, 127(3):499-505. (doi: 10.1007/s002270050038).
- Pitombo, F., Ratto, C.C. & Belém M.J.C., (1988) -

- Species diversity and zonation pattern of hermatypic corals at two fringing reefs Abrolhos archipelago, Brazil. Proc. of the 6th International Sym, 2: 817-820, Townsville, Austrália.
- Pratt, J.R. (1994) - Artificial habitats and ecosystem restoration: Managing for the future. *Bulletin of Marine Science*, 55(2-3): 268-275.
- Precht, W.F. (1998) - The Art and Science of Reef Restoration. *Geotimes*, 43:16-20.
- Rinkevich, B. (2000) - Steps towards the evaluation of coral reef restoration by using small branch fragments. *Marine Biology*, 136(5): 807-812. (doi: 10.1007/s002270000293).
- Reynaud-Vaganay, S., Juillet-Leclerc, A., Jaubert, J., & Gattuso, J.P. (2001) - Effect of light on skeletal delta ¹³C and delta ¹⁸O, and interaction with photosynthesis, respiration and calcification in two zooxanthellate scleractinian corals. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 175(1-4):393-404. (doi: 10.1016/S0031-0182(01)00382-0).
- Rinkevich, B. (2000) - Steps towards the evaluation of coral reef restoration by using small branch fragments. *Marine Biology*, 136(5):807-812. (doi: 10.1007/s002270000293).
- Rooker, J.R., Dooker, Q.R., Pattengill, C.V. & Holth, G.J. (1997) - Fish assemblages on artificial and natural reefs in the Flower Garden Banks National Marine Sanctuary, U.S.A. *Coral Reefs*, 16(2):83-92. (doi: 10.1007/s003380050062).
- Scoffin, T.P., Tudhope, A.W., Brown, B.E., Chansang, H. & Cheeney, R.F. (1992) - Patterns and possible environmental controls of skeletogenesis of *Porites lutea*, South Thailand. *Coral Reefs*, 11(1):1-11. (doi: 10.1007/BF00291929).
- Smith, S.V. & Buddermeier R.W. (1992) - Global change and coral reef ecosystems. *Annual Review of Ecological Systems*, 23:89-118.
- Spurgeon, J.P.G. (2000) - Economics of coral reef restoration. In: Cesar, H.S.J. (ed.), *Collected essays on the Economics of Coral Reefs*. p. 125-136, CORDIO Publ., Kalmar University, Kalmar, Sweden. (ISBN-13: 978-9197395908).
- Treeck, P.V. & Schuhmacher, H. (1997) - Initial survival of coral nubbins transplanted by a new coral transplantation technology - Options for reef rehabilitation. *Marine Ecology-Progress Series*, 150:287-292. (disponível em <http://www.int-res.com/articles/meps/150/m150p287.pdf>)
- Quayle, R.G., Elms J.D., Fulbright, D.C., Chen, A.W.Y., Hawkins, J.S., Manns, D.J. & Pellett, J.L. (1978) - US Navy Marine Climatic Atlas of the World, Volume IV - South Atlantic Ocean, 325 p., Naval Weather Service, Washington, DC, USA. (ISBN: B001D7EJS8).
- Vago, R., Dubinsky, Z., Genin, A., Ben-Zion, M. & Kizner, Z. (1997) - Growth rates of three corals in the Red Sea. *Limnology and Oceanography*, 42(8):1814-1819. (disponível em http://www.aslo.org/lo/toc/vol_42/issue_8/1814.pdf).
- Wilkinson, C. (ed.) (2000) - Status of Coral Reefs of the World: 2000, 363 p., Global Coral Reef Monitoring Network Report, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Austrália. (ISSN 1447-6185). (disponível em <http://www.gcrmn.org/status2000.aspx>).
- Wilkinson, C. (ed.) (2002) - Status of Coral Reefs of the World: 2002, Global Coral Reef Monitoring Network Report, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Austrália. (ISSN: 1447-6185) (disponível em <http://www.gcrmn.org/status2002.aspx>).
- Wilhemsson, D., Öhman M.C., Ståhl H. & Shlesinger Y. (1998) - Artificial reefs and dive tourism in Eilat, Israel, *Ambio*, 27(8):764-766.
- Yap H.T., Alvarez R.M., Custodio H.M. & Dizon R.M. (1998) - Physiological and ecological aspects of coral transplantation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 229(1):69-84. (doi: 10.1016/S0022-0981(98)00041-0).
- Yap, H.T., Montebon, A.R.F., von Oertzen, J.A. & Dizon, R.M. (1995) - Experimental manipulations of a solitary coral (*Fungia*, Scleractinia) with emphasis of the effects of light. *Bulletin of Marine Science*, 56(1):319-329, Lawrence, KA, USA.
- Yates, R. & Carlson, B. (1992) - Corals in aquariums: How to use selective collecting and innovative husbandry to promote reef conservation. *Proceedings of 7th International Coral Reef Symposium*, 2:1091-1095, Guam.
- Zar J.H. (1999) - *Biostatistical analysis*. 4ª edição, 931p., Prentice Hall, Inc., New Jersey, NJ, USA. (ISBN:0-13-081542-X).