

## Bioconstrução na Reserva Biológica do Lago Piratuba: Sustentabilidade e Tecnologias Apropriadas

Patrícia Ribeiro Salgado Pinha<sup>1</sup>, Cecília Heidrich Prompt<sup>2</sup>, Eduardo Marques La Noce<sup>1</sup> & Aldebaro da Silva Amoras<sup>1</sup>

Recebido em 15/10/2014 – Aceito em 11/03/2015

**RESUMO** – A sustentabilidade e a utilização de tecnologias apropriadas são princípios de gestão da Reserva Biológica do Lago Piratuba. Nesse sentido, um dos objetivos estratégicos da unidade de conservação é a consolidação da infraestrutura com base na permacultura e bioconstrução. Desse modo, foi projetada e construída a Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba, na cidade de Cutias/AP, com *design* diferenciado, a fim de estabelecer também uma referência de construção sustentável na região. A edificação foi construída com tecnologias que utilizam a terra como principal matéria prima, tendo em conta a abundância do material, o baixo impacto ambiental devido ao reduzido processamento e a potencialidade de gerar autonomia às pessoas. Dentre as tecnologias de construção com terra, foram utilizadas: fundações de solocimento, paredes de taipa ensacada, fechamentos com painéis de taipa leve e reboco natural. Foi também executada estrutura em madeira, telhado de cavaco, sistema de saneamento ecológico com sanitários secos, fossa de bananeiras e cisterna de ferrocimento para armazenamento da água da chuva. Sendo a primeira edificação no Estado do Amapá a utilizar tais tecnologias, foi contratada consultoria especializada para assessoramento técnico, capacitação da mão de obra e fiscalização da execução. A capacitação incluiu, além dos trabalhadores da construtora contratada, moradores da cidade de Cutias e do interior e entorno da unidade de conservação. A capacitação foi fundamental para o sucesso da experiência, por ter sido um processo recíproco, no qual os participantes compartilharam e ampliaram conhecimentos, bem como tiveram papel importante durante decisões tomadas em obra. Apesar da contratação de uma empresa que nunca havia trabalhado com as técnicas utilizadas, o resultado foi plenamente satisfatório em função do apoio técnico que a consultoria foi capaz de oferecer. Essa construção é um exemplo pioneiro e demonstrou que as edificações podem funcionar como exemplos práticos de sustentabilidade ambiental, de oportunidades de disseminação de tecnologias apropriadas e de desenvolvimento de atividades educativas, sendo uma maneira inovadora de implementação das unidades de conservação.

**Palavras-chave:** bioconstrução; construção com terra; permacultura; sustentabilidade; tecnologias apropriadas.

**ABSTRACT** – Sustainability and the use of appropriate technologies underpin the Piratuba Lake Biological Reserve management. In this sense, one of the strategic objectives of the protected area is the consolidation of the infrastructure based on permaculture and bioconstruction. Thus, the Administrative Office of Piratuba Lake Biological Reserve in Cutias/AP was designed and built with a different design, in order to establish a reference of sustainable constructions in the region. The technology used in the construction uses land as a main raw material, taking into account the abundance of this material, the low environmental impact due the reduced processing and the potential to generate autonomy for people. The technologies used for

### Afiliação

<sup>1</sup> Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, Reserva Biológica do Lago Piratuba, Cutias-AP, 68.973-000, Brasil.

<sup>2</sup> Margem Arquitetura, Florianópolis-SC, 88.060-428, Brasil.

### E-mails

patricia.pinha@icmbio.gov.br, ceciprompt@gmail.com, eduardo.santos@icmbio.gov.br, aldebaro.amoras@icmbio.gov.br,

construction with land were: soilcement foundations, superadobe walls, fiber and soilcement panels and natural plastering. Also, were executed: wooden structure; roof chip; ecological sanitation system with dry toilets; septic tank with banana and ferrocement cistern for rainwater storage. Being the first building in Amapá State to use such technologies, a specialized consultancy company was hired for technical advice, workforce training and execution supervision. The capacitation for this job included the construction company workers itself, residents from Cutias and from the inside and surroundings of the protected area. It was critical for the success of the experience having a reciprocal process in which participants shared and expanded knowledge and had an important role in the decisions taken during the work. Although it was hired a company that had never worked with the specific techniques used the results were indeed satisfying mainly due to the technical support offered by consultancy. This construction is a pioneering example in the region and shows that buildings can serve as practical examples of environmental sustainability, opportunities for dissemination of appropriate technologies and development of educational activities, being an innovative way of implementation of protected areas.

**Keywords:** adequate technologies; bioconstruction; construction with earth; permaculture; sustainability.

**RESUMEN** – La sostenibilidad y el uso de tecnologías apropiadas son principios de gestión de la Reserva Biológica del Lago Piratuba. En este sentido, uno de los objetivos estratégicos del área protegida es la consolidación de la infraestructura basada en la permacultura y bioconstrucción. Fue así que se proyectó y construyó la Base Administrativa de la Reserva Biológica del Lago Piratuba, en la ciudad de Cutias/AP, con una arquitectura diferente, que también tiene como finalidad la de establecer una referencia de construcción sustentable en la región. La estructura fue construida con tecnologías que utilizan la tierra como materia prima principal, en vista de la abundancia del material, del bajo impacto ambiental, debido al reducido procesamiento, y del potencial para generar autonomía a las personas. Entre las tecnologías de construcción con tierra se utilizaron: fundaciones de solocemento, paredes de barro embolsado, paneles de fibras y solocemento y acabado natural. También fue construida la estructura y techo en madera, sistema de saneamiento ecológico con baños secos, tanque séptico con plátanos y cisterna de ferrocemento para almacenamiento de agua de lluvia. Por ser la primera estructura en el Estado de Amapá a utilizar tales tecnologías, fue contratado un experto para asesoramiento técnico, capacitación de mano de obra y supervisión de la ejecución. La capacitación incluyó, además de los obreros contratados, residentes de la ciudad de Cutias y del interior y alrededor del área protegida. También fue fundamental para el éxito de la experiencia por haber sido un proceso recíproco, donde los participantes compartieron y ampliaron conocimientos, así como jugaron un papel importante en las decisiones durante la construcción. La contratación de una empresa que nunca había trabajado con las técnicas utilizadas también resultó muy productiva, en razón de la asistencia técnica. Esta construcción es un ejemplo pionero y ha demostrado que las infraestructuras pueden servir como ejemplos prácticos de sostenibilidad, de oportunidades para la difusión de tecnologías apropiadas y de desarrollo de las actividades educativas, siendo una forma innovadora de implementación de áreas protegidas.

**Palabras clave:** bioconstrucción; construcción con tierra; permacultura; sostenibilidad; tecnologías apropiadas.

## Introdução

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza tem dentre seus objetivos: *i.* promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais; e *ii.* promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento (Brasil 2000). Em razão disso, e considerando a missão do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade<sup>1</sup>, bem como os objetivos finalísticos das unidades de conservação, é fundamental que suas edificações, além de atenderem as necessidades para as quais se destinam, também sejam projetadas e construídas com base em critérios éticos e de sustentabilidade.

<sup>1</sup> Proteger o patrimônio natural e promover o desenvolvimento socioambiental

Além disso, é necessário identificar e tratar impactos ambientais negativos em decorrência das edificações, uma vez que as unidades de conservação possuem responsabilidades perante a sociedade e as populações diretamente afetadas pelos seus processos, serviços e produtos.

Por esses motivos, optou-se por adotar a sustentabilidade e a utilização de tecnologias apropriadas como princípios de gestão da Reserva Biológica do Lago Piratuba; e a consolidação da infraestrutura com base nos princípios da permacultura e bioconstrução como um dos objetivos estratégicos da unidade de conservação.

A palavra permacultura foi cunhada por Bill Mollison e David Holmgren em meados dos anos 70 para descrever um sistema integrado de espécies animais e vegetais perenes ou que se perpetuam naturalmente e são úteis aos seres humanos (Mollison & Holmgren 1978).

Além de ser uma contração das palavras permanente e agricultura, trata da cultura permanente, uma vez que as culturas não podem sobreviver sem uma base agrícola sustentável e uma ética do uso da terra. Em primeiro lugar, a permacultura ocupa-se com plantas, animais, edificações e infraestruturas (água, energia, comunicação). No entanto, o mais importante é o estabelecimento dos relacionamentos entre esses elementos no *design* permacultural para a criação de ambientes humanos sustentáveis (Mollison & Slay 1998).

Os princípios da permacultura podem ser divididos em dois tipos: éticos e de *design*.

Os princípios éticos são: 1. Cuidado com o planeta Terra (fundamento ético de qualquer atividade humana); 2. Cuidado com as pessoas e demais espécies que habitam o planeta Terra de modo a estabelecer o respeito intrínseco pela vida; e 3. Partilha dos excedentes de forma a servir ao planeta e às pessoas, pois a abundância só existe quando se faz uma partilha justa dos excedentes (Soares 2007).

Os princípios de *design* estão fortemente associados com o pensamento sistêmico e são relacionados a seguir: 1. Localização relativa (cada elemento é posicionado em relação a outro de forma a auxiliarem-se mutuamente); 2. Cada elemento executa muitas funções; 3. Cada função importante é apoiada por muitos elementos; 4. Planejamento eficiente do uso de energia; 5. Preponderância do uso de recursos biológicos sobre o uso de combustíveis fósseis; 6. Reciclagem local de energias; 7. Utilização e aceleração da sucessão natural de plantas, visando o estabelecimento de sítios e solos favoráveis; 8. Policultura e diversidade de espécies benéficas, objetivando um sistema produtivo e interativo; e 9. Utilização de bordas e padrões naturais para um melhor efeito (Mollison & Slay 1998).

A bioconstrução ou construção natural envolve diversas técnicas da arquitetura vernacular mundial, algumas com centenas de anos de história e experiência, tendo como característica a preferência por materiais do local, reduzindo gastos com fabricação e transporte, e possibilitando a construção de habitações com baixa demanda energética e que oferecem excelente conforto térmico.

Na permacultura, o planejamento e a execução de ocupações humanas sustentáveis são essenciais, o que demonstra a estreita relação com a bioconstrução.

Contudo, a construção civil é uma indústria de elevado impacto ambiental global. Conforme Soares (2007): “*Dos materiais e recursos gastos por ano no mundo, 40% são utilizados pela construção civil, sendo 1/4 da madeira extraída, 2/5 da energia consumida e 1/6 da água potável. Nos últimos 100 anos, o nível de dióxido de carbono na atmosfera aumentou 27%, sendo 1/4 proveniente da queima de combustíveis fósseis para fornecer energia às construções. Todavia, apenas 2 bilhões de pessoas vivem em construções modernas<sup>2</sup>, responsáveis por essa economia global insustentável*”.

<sup>2</sup> Cerca de 50% da população mundial vive em casas de terra, incluindo regiões com climas diversos como China, Austrália, África, Europa e Estados Unidos (Soares 2007).



Na ética da permacultura, é fundamental uma cuidadosa análise do ciclo de vida dos materiais, bem como de sua real necessidade, características de manutenção, tempo de utilidade, possibilidade de reciclagem e substituição por materiais naturais locais. Devem ser priorizados os materiais que aumentam com o uso, que não são afetados pelo uso, e que se degradam quando não utilizados.

A terra é o material de construção mais abundante do planeta. A arquitetura e a construção com terra são também bastante antigas. Há mais de 10 mil anos, o homem já usava barro para construir casas. Por sua versatilidade, a arquitetura com terra foi utilizada em todos os continentes e até hoje existem cidades inteiras construídas com terra (Soares 2007).

Entretanto, a indústria da construção civil no Brasil utiliza quase que exclusivamente estruturas de concreto armado e materiais industrializados, com a suposta justificativa de simplificação. Porém, os materiais naturais costumam ser mais acessíveis e baratos<sup>3</sup> e proporcionam construções de alto padrão de acabamento, durabilidade e conforto, com resultados finais muitas vezes superiores às construções convencionais.

Diante desse contexto, optou-se por implantar a Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba com *design* diferenciado, a fim também de estabelecer uma referência de construção sustentável e de utilização de tecnologias apropriadas para a região.

## Materiais e métodos

O projeto arquitetônico para a edificação da Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba, localizada na cidade de Cutias/AP, foi concebido pelo arquiteto Henrique Plombon Pinheiro de modo a servir como uma referência para as futuras edificações da unidade de conservação e para as construções das populações locais.

A elaboração do projeto e a realização da obra foram financiadas pelo Programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA)<sup>4</sup>. Os recursos foram doados pelo Governo Alemão por meio do Banco de Desenvolvimento da Alemanha (KfW) e executados pelo Fundo Brasileiro para a Biodiversidade que selecionou uma empresa para executar a obra por meio de um processo de concorrência.

### Características da concepção e implantação do projeto

O projeto priorizou a utilização de materiais renováveis, *design* de conforto térmico passivo e ecoeficiência da edificação, promovendo um diferencial em relação aos modelos tradicionais de construção por adotar conceitos e princípios do planejamento de sistemas sustentáveis para uma cultura de permanência.

Além disso, durante a construção, foram respeitados alguns critérios a fim de garantir a sustentabilidade da edificação, tais como: qualidade na execução, de modo a propiciar maior durabilidade; uso de materiais naturais o mais próximo possível do local da construção (do ponto de

<sup>3</sup> Especialmente nas regiões com recursos naturais abundantes.

<sup>4</sup> O ARPA é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente e implementado através de um arranjo inovador, no qual a execução técnica e operacional fica a cargo das instituições públicas responsáveis pela gestão das unidades de conservação (Instituto Chico Mendes e órgãos estaduais de meio ambiente na Amazônia) e a execução financeira é realizada pelo Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio). O programa é resultado também de uma grande parceria que envolve, além do Governo Federal e Governos Estaduais da Amazônia, vários doadores: *Global Environment Facility*/Banco Mundial; Governo da Alemanha/Banco de Desenvolvimento da Alemanha (KfW); Rede WWF/WWF Brasil; e Fundo Amazônia/BNDES. A sociedade civil organizada também integra o arranjo institucional do programa, através da participação em instâncias específicas para o seu monitoramento, controle e gestão (ARPA 2009).

vista geográfico) de modo a reduzir emissões por transporte de materiais; licenciamento ambiental dos materiais extraídos da natureza; utilização de madeira de origem legal em 100% da edificação; máximo reaproveitamento de material; e mínima geração de resíduo (entulho).

A construção foi basicamente concebida com a utilização de madeira e terra, dois materiais naturais abundantes na região e que possibilitam a criação de uma arquitetura adequada para as condições climáticas locais.

O conforto térmico passivo foi projetado com base na adoção de tecnologias que utilizam a terra como principal material construtivo (inércia térmica das paredes), dos princípios da ventilação natural (ventilação cruzada e induzida pelo calor) e da preocupação com a minimização da absorção de calor pelo telhado (isolamento térmico).

A concepção da ecoeficiência da edificação teve como base o uso sustentável de recursos naturais locais de baixo processamento (que, por sua vez, possibilitaram a redução de custos ambientais e financeiros com a fabricação e transporte de materiais); o emprego de ciclos fechados de geração de insumos a partir de resíduos; a utilização de estratégias de uso sustentável da água e tratamento adequado de efluentes; e a adoção de tecnologias construtivas de baixo impacto ambiental e de tecnologias sociais de baixo custo.

Ademais, a geração de entulhos durante a construção foi mínima em razão da adoção da madeira e da terra como principais materiais construtivos.

O projeto previu uma edificação com 308 m<sup>2</sup> de área construída e o programa de necessidades incluiu escritório com lavabo, alojamento com dois dormitórios e suítes, cozinha, sala e depósito de materiais e salão multiuso (Figura 1).

Dentre as tecnologias de construção com terra foram especificadas fundações de solocimento, paredes de taipa ensacada e fechamentos com painéis de serragem e solocimento (taipa leve). Também foi projetada estrutura em madeira, telhado de cavaco<sup>5</sup>, sistema de saneamento com fossa tratada com bananeiras; uso de sanitário seco compostável e cisterna de ferrocimento para armazenamento de água da chuva.



Figura 1 – Projeto arquitetônico da Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba/AP.

<sup>5</sup> Telhas confeccionadas de lascas de madeira.

### **Assessoramento técnico**

Sendo a primeira edificação no Estado do Amapá a utilizar as tecnologias mencionadas, considerou-se necessário acompanhamento técnico para assessoramento, capacitação da mão de obra e fiscalização da execução ao longo das diferentes etapas da construção. Para tanto, foi contratada uma consultoria especializada.

### **Seleção e contratação da construtora**

A consultoria também assessorou a elaboração do material técnico necessário para o processo de contratação da obra, auxiliou a realização de uma reunião técnica com as construtoras interessadas e apoiou a avaliação das propostas recebidas.

A reunião técnica foi realizada em dois momentos distintos e complementares: primeiro uma visita ao local de construção da edificação para conhecimento do terreno e das questões logísticas e, em seguida, uma reunião em Macapá para apresentação conceitual do projeto e esclarecimentos gerais visando à elaboração das propostas técnico-financeiras das construtoras para o processo de concorrência.

### **Capacitação**

A capacitação envolveu os funcionários da construtora contratada e moradores de Cutias e do interior e entorno da Reserva Biológica do Lago Piratuba (Figura 2).

Para tanto, foi utilizado o princípio da capacitação no trabalho (*on-the-job training*). Ao longo das etapas de construção, os funcionários da construtora contratada participaram de atividades teóricas e práticas sobre bioconstrução, com ênfase nas tecnologias adotadas na edificação.

O processo de capacitação foi iniciado com a análise do solo disponível no local, uma vez que o conhecimento das características do solo é essencial para obtenção da qualidade na construção com terra.

Foi constatada a adequação do solo para as principais tecnologias propostas (solocimento e taipa ensacada) e os funcionários da construtora foram instruídos a respeito das práticas de campo para a seleção de solos. A matéria prima foi retirada das proximidades, a uma distância aproximada de dez quilômetros da obra.

Durante a obra, foram realizadas também duas oficinas de construção natural, cada uma com 3 dias de duração, incluindo atividades teóricas e práticas. A teoria abordou aspectos gerais da Reserva Biológica do Lago Piratuba, conceitos de bioconstrução e permacultura, além do detalhamento das tecnologias empregadas na obra.

Nas atividades práticas, optou-se pelo protagonismo dos funcionários da obra, tendo em conta a experiência adquirida por eles ao longo do processo.

Na primeira oficina, os funcionários da obra foram responsáveis pela visita guiada para explicação e demonstração das diversas tecnologias incorporadas na edificação, assim como pela orientação da execução de uma parede de taipa de mão.

Na segunda oficina, o foco foi saneamento ecológico e foram abordadas as tecnologias do sanitário seco compostável, fossa de bananeiras e cisterna para captação de água da chuva, bem como o tratamento adequado de resíduos sólidos. Além disso, as atividades práticas consistiram na construção de uma cisterna de ferrocimento, no início da construção dos sanitários secos de duas câmaras e na execução de mais paredes de taipa de mão.



Figura 2 – Registro fotográfico do processo de capacitação em bioconstrução, que envolveu os funcionários da empresa contratada e moradores da região da Reserva Biológica do Lago Piratuba.

## Resultados e discussão

A construção foi realizada ao longo de 10 meses e a Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba foi inaugurada no dia 14 de julho de 2011.

### *Modificações no Projeto Arquitetônico*

Ao longo da construção, o projeto sofreu algumas modificações, dentre as quais destacamos: aumento da cobertura, adoção da taipa de mão e do reboco natural, construção de uma cisterna superficial e não subterrânea e alteração dos sistemas de sanitários secos. Essas modificações geraram melhorias à edificação, tornando-a ainda mais adequada ao clima e à realidade local. Como ocorreu um longo período entre a finalização do projeto arquitetônico e a execução da obra, seria fundamental a realização de uma revisão geral da proposta com base nas condições locais atualizadas, mesmo considerando a premissa adotada de criteriosa análise da disponibilidade de recursos, condições climáticas e fatores culturais.

### *Taipa ensacada*

A principal tecnologia adotada para a edificação foi a taipa ensacada, popularmente conhecida como superadobe. Com essa técnica, foram construídas as fundações e as paredes externas do pavimento térreo, correspondendo às áreas do alojamento e do salão multiuso (Figura 3).

A tecnologia do superadobe foi desenvolvida na Califórnia pelo arquiteto iraniano Nadir Khalili (Cal-Earth 2015). Utiliza-se de sacos de polipropileno preenchidos com subsolo do respectivo local e, logo em seguida, compactados. É uma técnica de rápida execução e fácil domínio, com baixo custo por não depender de recursos externos nos principais estágios da construção. As habitações construídas com essa técnica têm a característica de manterem níveis de temperatura e umidade constantes, em razão principalmente da inércia térmica proporcionada pela largura das paredes. As edificações de superadobe reduzem significativamente os custos com refrigeração e aquecimento (Pinheiro *et al* 2008).

Em razão da característica arenosa do solo existente na região deste trabalho, as fundações de solocimento e a taipa ensacada foram executadas sem necessidade de correção. Foi utilizado um traço de dez partes de solo para uma parte de cimento, definido por meio de testes de retração linear realizados em campo.

A capacitação para execução das fundações e da taipa ensacada foi realizada em sincronia com as etapas da obra e foram discutidos aspectos como o traço e o nível de umidade ideal, fundamentais para a obtenção de qualidade.

As paredes de taipa ensacada foram executadas somente com solo local, sendo que a cada cinco fiadas foi feita uma de solocimento. Essa decisão foi tomada no início da execução das paredes, tendo em conta a adequação do solo utilizado, assim como a redução de custos e impactos ambientais. Essa medida implicou em um ajuste no projeto original, o qual previa a adição de cimento em todo o volume das paredes. Toda a terra foi previamente peneirada e foi necessário aumentar o teor de umidade em razão de a execução ter sido realizada no período de estiagem. Os funcionários da construtora passaram a dominar a tecnologia e inovaram com a construção de novas ferramentas para compactação das fiadas de terra.



Figura 3 – Registro fotográfico da execução da taipa ensacada (superadobe) durante construção da Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba localizada na cidade de Cutias/AP.

### Taipa leve

A taipa leve foi adotada para as vedações de parte das paredes do escritório e do sanitário externo. Essa técnica utiliza serragem de madeira, terra, areia e cimento, em painéis estruturados com madeira e tela de arame recozido. A opção por essa técnica também levou em consideração a necessidade de construção de outras edificações no interior da unidade de conservação. Os painéis poderiam ser fabricados em Cutias e transportados por meio fluvial até as áreas dos novos projetos. O objetivo foi realizar uma experimentação da tecnologia para definir sua adoção posterior nas demais construções.

Com o intuito de experimentar traços e verificar as etapas de execução dos painéis de serragem e solocimento, foi confeccionado um painel protótipo. No mesmo painel, foram testados quatro traços diferentes, a fim de permitir a comparação e a escolha do traço mais adequado. Assim, o traço mais eficiente foi aquele constituído de uma parte de cimento, doze partes de terra arenosa e dezoito partes de serragem, em razão da resistência aliada à economia (Figura 4).



Figura 4 – Registro fotográfico da execução da taipa leve (painéis de solocimento e serragem de madeira) durante construção da Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba localizada na cidade de Cutias/AP.

### Taipa de mão

A taipa de mão, popularmente conhecida como pau-a-pique, não foi prevista no projeto original. No entanto, foi adotada com o intuito de se fazer uma experiência didática durante a realização da primeira oficina de capacitação. A proposta consistia em permitir aos participantes o manuseio da terra como material construtivo e a execução de alguma técnica. Em razão disso, decidiu-se substituir as paredes internas do lavabo do escritório que seriam de placa cimentícia por paredes de taipa de mão.

A taipa de mão consiste na construção de uma trama de madeira, bambu ou galhos, preenchida manualmente com terra. É uma técnica muito popular, de fácil apropriação, simples, barata e que permite excelente acabamento e adequado conforto térmico.

Posteriormente, outras paredes foram substituídas por essa técnica, como parte das paredes da sala, da cozinha e dos banheiros do alojamento. Essa flexibilidade em relação ao tipo de tecnologia utilizada ao longo da execução da obra é fundamental para edificações bioconstruídas, sendo fator positivo constatado ao longo do processo (Figura 5).

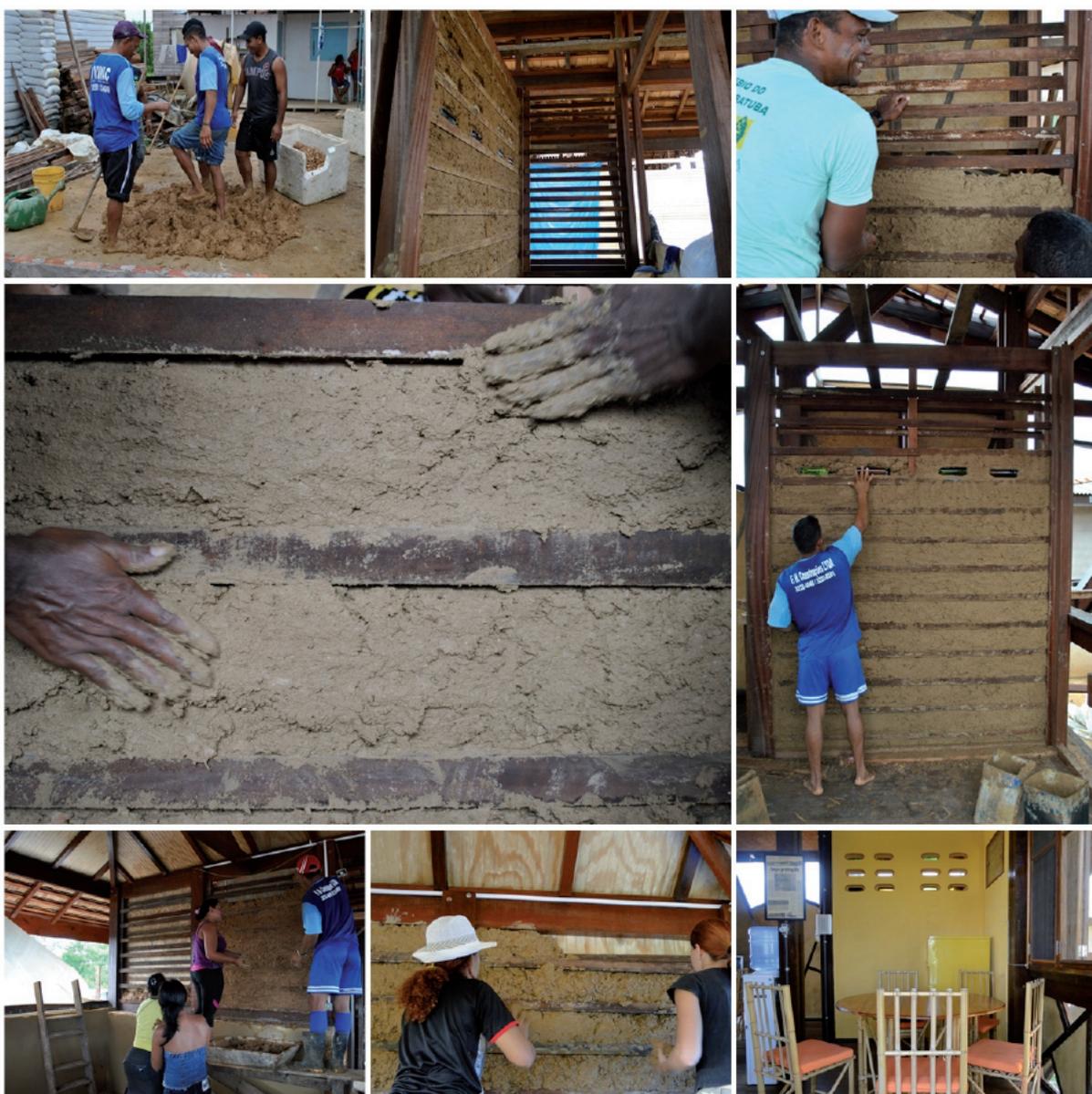


Figura 5 – Registro fotográfico da execução da taipa de mão (pau-a-pique) durante construção da Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba localizada na cidade de Cutias/AP.

### **Saneamento ecológico**

Os sanitários secos foram adaptados durante a execução da obra a fim de configurarem uma solução mais acessível à realidade local. Em substituição ao sistema *Enviro Loo*<sup>6</sup>, foi proposta a utilização de dois modelos diferentes: um deles de duas câmaras e o outro com a utilização de um tonel de plástico.

Nos sanitários secos, o uso da água é totalmente dispensável, bem como a ligação à rede de esgoto. Os dejetos são armazenados em estruturas isoladas do contato com o solo ou água e são decompostos naturalmente, de modo que o produto final pode ser utilizado como adubo. Para tanto, a cada vez que o sanitário é utilizado é necessário adicionar algum material orgânico seco rico em carbono, tais como serragem de madeira, folhas secas, casca de arroz, aparas de grama, entre outros. No caso dos sanitários de câmaras, são utilizadas chapas metálicas pintadas de preto com o objetivo de promover o aquecimento e a ventilação natural de modo a favorecer o processo de compostagem e a eliminação de odores desagradáveis por meio de uma chaminé.

O sanitário seco compostável é uma tecnologia social que consegue fechar o ciclo de nutrientes, transformando dejetos que seriam poluentes em insumos seguros para outros processos (Figura 6).

Para o tratamento das águas cinzas (chuveiros, pias e tanques) foi adotado o sistema da fossa de bananeiras, conhecido também por zona de raízes, no qual a água utilizada é depositada em uma câmara subterrânea e isolada, onde acontece a digestão das partículas sólidas por bactérias e a água é drenada pelas bananeiras (Pinheiro *et al* 2008) (Figura 7).

Foi construída também uma cisterna de ferrocimento com capacidade para armazenar 22 mil litros de água da chuva. A construção da cisterna foi acompanhada de um processo de capacitação de mão de obra que consistiu em atividades teóricas e práticas para a compreensão da importância do cuidado com a água e de estratégias de saneamento ecológico (Figura 7).

O ferrocimento é uma técnica que utiliza argamassa de cimento e areia, armada em uma trama de vergalhões finos coberta por tela de galinheiro. É muito apropriada para construção de reservatórios de água, pois permite a construção de grandes estruturas com pouco material. Com paredes de apenas 3 cm pode-se armazenar grandes volumes de água. É uma técnica artesanal que gera autonomia às pessoas.

### **Reboco natural e acabamentos**

O reboco natural foi adotado durante o processo de construção, não tendo sido previsto originalmente em projeto. A fim de manter a regulação da umidade do ar através das paredes de terra, optou-se por utilizar a cal como estabilizante no reboco ao invés de cimento. Foram realizados vários testes para definição do traço mais apropriado, sendo definida a utilização de uma parte de cal para cinco partes de terra local (arenosa). A maior dificuldade em relação ao reboco foi que sua execução coincidiu com o início da estação chuvosa, o que dificultou a cura do mesmo, resultando em atraso no prazo de execução da obra (Figura 8).

Além do reboco natural, as paredes de taipa de mão e taipa ensacada foram pintadas com tintas naturais a base de argila. Parte da tinta utilizada foi fabricada no canteiro de obras pelos funcionários da construtora e da equipe da Reserva Biológica do Lago Piratuba.

<sup>6</sup> O *Enviro Loo* é um sanitário seco que funciona sem água ou produtos químicos, inventado pelo Dr. Brian La Trobe. Desde 1993, é fabricado na África do Sul e tem sido utilizado em muitos países do mundo (Enviro Loo 2014).



Figura 6 – Registro fotográfico dos sanitários secos (de duas câmaras e com utilização de tonel plástico) e chuveiro e pia do módulo externo do sanitário da Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba localizada na cidade de Cutias/AP.



Figura 7 – Registro fotográfico da construção da cisterna de ferrocimento e fossa com utilização de bananeiras durante construção da Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba localizada na cidade de Cutias/AP.



Figura 8 – Registro fotográfico da execução de reboco natural nas paredes de taipa ensacada e taipa de mão durante construção da Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba localizada na cidade de Cutias/AP.

### **Adequação das tecnologias utilizadas à realidade local**

Durante a execução da obra, foi avaliada a adequação das tecnologias utilizadas. Para tanto, além do assessoramento técnico da consultoria contratada, foram consideradas as percepções dos funcionários da construtora devido ao conhecimento local e à experiência na construção civil.

A taipa leve se mostrou adequada pelos seguintes motivos: uso da madeira, matéria prima renovável largamente usada na arquitetura tradicional da região; simplicidade construtiva; utilização de materiais de fácil acesso, incluindo a serragem que consiste em rejeito de marcenarias; e baixo impacto ambiental. Em relação à execução, foi mencionado pelos funcionários da construtora o peso elevado e a dificuldade de instalação dos painéis nos locais definitivos. Os trabalhadores consideraram que seria mais eficiente se a massa fosse assentada com os painéis de madeira já posicionados no local definitivo, com o uso de formas verticais. Tal proposição foi utilizada nas paredes do módulo externo do sanitário seco, com um resultado de alta qualidade.

A maior vantagem das paredes de taipa ensacada foi o baixo impacto ambiental, devido à utilização predominante de terra crua. Entretanto, foi necessário um grande volume de terra, tendo em vista a largura das paredes. Por outro lado, a grande espessura funciona com um elemento de alta inércia térmica, dificultando a transferência de calor nos recintos.

As paredes de taipa de mão apresentaram-se igualmente adequadas à realidade, considerando-se os seguintes aspectos: destreza da mão de obra regional no trabalho com a madeira; disponibilidade de serragem sem custos no comércio local; e rapidez na execução. Parte dos funcionários da construtora mencionaram que a execução da edificação teria sido mais fácil e rápida com a adoção de todas as paredes de taipa de mão. Cabe ressaltar que após a oficina prática de taipa de mão, outras paredes foram substituídas por esta tecnologia.

As tecnologias de saneamento ecológico também apresentam-se adequadas à realidade local pelos seguintes motivos: sistemas de fácil execução e apropriação popular; utilização de materiais facilmente encontrados no comércio local; adequação cultural, com ênfase no sanitário seco que pode substituir aqueles utilizados pelas populações ribeirinhas; baixo custo; e necessidade urgente de se construir sistemas para acesso à água de qualidade e tratamento de esgoto doméstico na região.

### **Processo de capacitação**

A capacitação foi fundamental para o sucesso da experiência por ter sido um processo recíproco, no qual os trabalhadores compartilharam e ampliaram conhecimentos e tiveram papel importante durante decisões tomadas em obra. Considera-se também que a capacitação de mão de obra previamente experiente em construção gera grande potencial criativo no canteiro de obras, tendo em vista o conhecimento anterior dos trabalhadores (Prompt & Pinha 2011).

A valorização desses conhecimentos prévios e o incentivo em um ambiente de liberdade estimulou a criatividade e enriqueceu o processo construtivo por meio da evolução das tecnologias implementadas.

Assim, ao longo das etapas de capacitação de mão de obra foram propostas adequações pelos trabalhadores, as quais acabaram por intervir positivamente no resultado final.

O envolvimento dos moradores de Cutias e do interior e entorno da Reserva Biológica do Lago Piratuba foi também especialmente interessante e produtivo, uma vez que além da capacitação em tecnologias sociais apropriadas, os participantes passaram a se identificar mais com a unidade de conservação à medida que ajudavam a construir as paredes da edificação.

É importante destacar também que a execução das paredes de taipa de mão durante a segunda oficina foi conduzida pelos participantes da primeira oficina, demonstrando o elevado poder de apropriação dessas técnicas construtivas. Entende-se este processo como muito positivo, gerando autonomia e capacidade de transmitir tecnologias e multiplicar conhecimentos.

## Metodologia do trabalho

Boa parte da obra foi realizada durante o período das chuvas, o que provocou uma significativa limitação ao andamento dos trabalhos, especialmente para a execução das técnicas construtivas com terra. Dessa forma, é importante que a implementação de projetos como esse seja realizada no período de estiagem, a fim de reduzir o tempo de execução e os custos envolvidos.

Na concepção metodológica adotada para construção da edificação é importante destacar o processo de capacitação - fundamental para que construções com essas características sejam executadas com a qualidade necessária. Além disso, o diálogo entre as partes envolvidas foi positivo e a qualidade da relação primordial para o bom andamento do processo. A metodologia empregada tem elevado potencial de replicação, considerando sempre o fato de que as condições locais serão necessariamente distintas. Dessa forma, o primeiro passo para o sucesso de projetos similares é o conhecimento preliminar e profundo da realidade local.

Apesar da contratação de uma empresa que nunca havia trabalhado especificamente com as técnicas utilizadas, a estratégia foi viável e bastante produtiva, em função do assessoramento técnico e da capacitação da mão de obra realizados pela consultoria contratada.

Desse modo, outros prédios públicos (e não somente as instalações das unidades de conservação) poderiam ser construídos, inclusive de acordo com os procedimentos usuais de licitação pública, com base nos critérios da permacultura e da bioconstrução.

## Considerações finais

A indústria da construção civil (além de altamente impactante) dita padrões e processos construtivos e diminuiu a autonomia das pessoas e a diversidade das soluções construtivas adaptadas a cada realidade. Além do mais, não leva em consideração a capacidade de renovação e o ciclo de vida dos materiais.

Em um país como o Brasil, onde as diferenças climáticas são grandes e a disponibilidade de materiais construtivos (naturais ou industrializados) muito diferente, a padronização das construções é extraordinariamente inadequada.

Nesse sentido, é fundamental a reflexão a respeito de preconceitos sobre a bioconstrução, especialmente aqueles relacionados com a durabilidade, conforto e replicação, e sobre determinados valores associados à construção, como conceitos estéticos. As construções sustentáveis podem ser muito confortáveis, eficientes, não tóxicas, duráveis e também de elevado padrão estético.

Exemplos de arquitetura contemporânea construída com tecnologias que utilizam a terra como principal matéria prima vêm se multiplicando no Brasil. Em diversas realidades brasileiras, a terra é considerada matéria prima adequada para a construção, em razão da abundância do material, de seu baixo impacto ambiental devido ao reduzido processamento e da potencialidade de gerar autonomia às pessoas.

A Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba é um exemplo bem sucedido do uso de tecnologias sustentáveis para a construção e o resultado final foi plenamente satisfatório. Obteve-se alta qualidade em todas as etapas da obra, refletida nos acabamentos (Figura 9).

Atribui-se esta qualidade ao empenho de todas as partes participantes do processo (equipe da Reserva Biológica do Lago Piratuba, consultoria contratada, empresa selecionada e mão de obra envolvida) e considera-se vantajoso o trabalho de capacitação e de sensibilização nas temáticas da construção sustentável para todos os públicos envolvidos.

A iniciativa proporcionou resultados positivos tanto na estrutura edificada quanto no envolvimento e capacitação dos funcionários da construtora e da população da região.

A execução da obra por meio de uma construtora convencional que se dispôs a apreender tecnologias sustentáveis é inovadora e certamente abrirá caminho para que novas experiências sejam mais bem aceitas a partir desta.

Além de sua função na gestão rotineira da unidade de conservação, a própria construção deverá ser utilizada para o desenvolvimento de atividades de visitação educacional, em função dos princípios construtivos adotados e do perfil de unidade demonstrativa.

Após mais de 3 anos da inauguração, a construção apresenta elevada solidez e pequenas manutenções e adequações estão sendo conduzidas. A proposta é realizar manutenções periódicas a fim de evitar a necessidade de grandes reformas futuras. Aos poucos, estão sendo implementados paisagismo produtivo e melhorias no que se refere ao conforto térmico.



Figura 9 – Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba localizada na cidade de Cutias/AP.

Além do mais, essa construção é um exemplo pioneiro, por ser a primeira edificação com tais características no Amapá e nas unidades de conservação federais e, também, por unir uma ação governamental e o trabalho de uma empresa privada que se apropriou das tecnologias propostas.

Todavia, ainda existem muitos desafios para implantação de edificações com base nos princípios da permacultura e bioconstrução. Dentre os quais, destacam-se: preconceito e desconhecimento das técnicas de construção com terra crua e tecnologias sociais; busca por padronização de instalações para as unidades de conservação, desconsiderado as possibilidades de utilização de materiais renováveis e regionais, a eficiência energética, o conforto térmico, e o respeito e valorização da cultura local; inexistência de critérios éticos para a construção e manutenção de infraestruturas nas unidades de conservação; falta de identificação e tratamento de impactos ambientais diretos ou indiretos aos ecossistemas em decorrência das instalações das unidades de conservação; e falta da adoção da sustentabilidade e tecnologias apropriadas como princípio de gestão das unidades de conservação.

Essa prática de gestão da Reserva Biológica do Lago Piratuba demonstrou que as edificações das unidades de conservação podem funcionar como exemplos práticos de sustentabilidade ambiental, de oportunidades de disseminação de tecnologias apropriadas e de desenvolvimento de atividades educativas, sendo uma maneira inovadora de implementação ao integrar a realização de várias atividades por meio do processo construtivo e de utilização da infraestrutura.

Além de usufruir de uma instalação construída com princípios éticos, a implantação da Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba contribuiu para o alcance de seus objetivos estratégicos e da visão de futuro da unidade de conservação, bem como para alavancar outras estratégias de gestão de alto impacto.

## Agradecimentos

Ao Francisco Fernando Livino, pelo apoio técnico fundamental para aprovação do projeto arquitetônico e complementares;

Ao Governo da Alemanha/Banco de Desenvolvimento da Alemanha (KfW) pela doação dos recursos financeiros para execução da obra da Base Administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba, por meio do Programa Áreas Protegidas da Amazônia;

À empresa F. N. Construções pela coragem de inovar e pela parceria na execução da construção;

A todas as pessoas que participaram das oficinas de capacitação realizadas durante a execução da obra; e

Aos servidores e colaboradores terceirizados da Reserva Biológica do Lago Piratuba que se envolveram em momentos distintos ao longo da realização dessa iniciativa.

## Referências bibliográficas

Brasil. 2000. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm)> (Acesso em 02/08/2014).

Cal-Earth. California Institute Earth Art and Architecture. **About Nader Khalili**. California Institute Earth Art and Architecture. <<http://calearth.org/about/about-nader-khalili.html>>. (Acesso em 19/02/2015).

Enviro Loo. 2014. **Enviro Loo**. <http://www.enviro-loo.com/>> (Acesso em 02/08/2014).



Ministério do Meio Ambiente. Secretaria Executiva. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 2009. **Programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA - Fase II): Documento de Programa do Governo Brasileiro.** Versão para consulta pública. MMA/SECEX/SBF. 80p.

Mollison, B. & Holmgren, D. 1978. **Permaculture One: a perennial agriculture for human settlements.** Transworld. 130p.

Mollison, B. & Slay, R.M. 1998. **Introdução à permacultura.** MA/SDR/PNFC. 204p.

Pinheiro, H.P.; Soares, A. & Prato, T. 2008. **Memorial descritivo para construção e consolidação de unidades de conservação: base de apoio e monitoramento de Cutias/AP, Reserva Biológica do Lago Piratuba.** 10p.

Prompt, C.H. & Pinha, P.R.S. 2011. **Base administrativa da Reserva Biológica do Lago Piratuba: edificação com critérios de sustentabilidade no Estado do Amapá.** In: Anuario de Investigación del 11º Seminario Iberoamericano de Construcción com Tierra. FADU. México. CD-ROM.

Soares, A. 2007. **Soluções sustentáveis: construção natural.** Mais Calango Editora. 64p.