

**Casa de campo de materiais reutilizados em região de Mata Atlântica no
Vale do Paraíba do Sul, Brasil**

*Country house of reused materials in the Atlantic Forest region in Paraíba do Sul Valley,
Brazil*

*Casa de campo de materiales reutilizados en la región de la Mata Atlántica en el Valle de
Paraíba do Sul, Brasil*

Antonio Carlos Pries Devide

Pesquisador Doutor, APTA/SAA, Brasil.
antonio.devide@sp.gov.br

Cristina Maria de Castro

Pesquisadora Doutora, APTA/SAA, Brasil.
cristina.castro@sp.gov.br

RESUMO

O objetivo com esse estudo foi registrar o processo intuitivo de construção de uma casa rural rústica com materiais reutilizados. A região é recoberta pela Mata Atlântica num cenário de grande beleza no Vale do Paraíba do Sul, Brasil. O processo construtivo iniciado em março/2017 se estendeu por dois anos. Diferentes materiais e sistemas construtivos foram aplicados em momentos de inspiração e expiração. Elementos quentes como madeira, tijolo e terra se misturaram à frieza do metal e do vidro. Nessa experiência, cada trabalhador contribuiu um pouco para criar e adaptar o que foi sendo apresentado de novidade com base nos estudos sobre bioarquitetura. Buscou-se trazer a exuberante natureza que recobre a paisagem para dentro do lar. Os sistemas agroflorestais se uniram à bioarquitetura para aproveitar a riqueza da biodiversidade da Mata Atlântica. Essa experiência serve de subsídio para estudos mais detalhados, considerando o crescente interesse por esse tema em todas as partes do mundo.

PALAVRAS-CHAVE: Bioarquitetura. Permacultura. Parede-pneu. Sistemas agroflorestais.

1. INTRODUÇÃO

Quando buscou-se definir um modelo mais sustentável de produção de alimentos, emergiram as bases da Agroecologia como ciência transdisciplinar que aplica os conceitos e princípios da Ecologia para projetar e gerenciar agroecossistemas (GLIESSMAN, 2018). Esses princípios também foram empregados há muitos séculos na construção de habitações com técnicas intuitivas de bioarquitetura que está sendo resgatada no mundo todo por diversas comunidades chamadas 'alternativas'.

Na Austrália, surgiu a Permacultura, como ciência que integrou os princípios interdisciplinares da ecologia, conservação da energia, paisagismo, renovação urbanística, arquitetura, agricultura e a geografia, para criação de espaços mais equilibrados para a vida (MOLLISSON, HOLMGREN 1973). A figura do bioarquiteto deve se ocupar de reconhecer a função social, de permanecer receptivo à realidade ao redor, de forma criativa para perceber as oportunidades e as conexões com a vida (VAN LENGEN 2004).

A arquitetura rural tornou-se um campo de estudos para promoção da ordenação territorial e o próprio desenvolvimento rural sustentável conectado ao turismo e ciências agrárias cada vez mais ligadas aos estudos sobre o ambiente rural construído com um enfoque transdisciplinar (ARGOLO FERRÃO, 2007).

É necessário buscar uma abordagem acadêmica apropriada que valorize a paisagem rural em relação ao planejamento do uso dos espaços com as construções rurais com ambiência, estimular estudos que viabilizem a difusão do uso de materiais alternativos nos processos construtivos simplificados de fácil acesso, baixo custo, eco-eficientes e de fácil manutenção.

2. OBJETIVOS

O objetivo desse estudo foi registrar o processo intuitivo de construção com materiais reutilizados de uma residência rural rústica em região de Mata Atlântica, no Vale do Paraíba do Sul, Brasil. Esse relato serve de subsídio para estudos mais detalhados sobre bioarquitetura e novas experiências de sistemas construídos em todas as partes do mundo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Os materiais e princípios construtivos são muito variáveis na bioarquitetura ou arquitetura intuitiva, conforme Van Lengen (2004). Na Permacultura se utilizam métodos que incorporam todos os elementos do meio para o planejamento e desenvolvimento do sistema construtivo, eg. considera-se o caminho do sol e a circulação dos ventos na escolha da localização da construção, utilizando-se prioritariamente os recursos locais (MOLLISSON, HOLMGREN 1973). Mas, para Holmgren (2007), há motivos que limitam a expansão do uso de materiais alternativos e da Permacultura:

- A cultura científica, reducionista e hostil aos métodos de pesquisa holística;
- O consumismo, impulsionado por um modelo de progresso equivocado;
- As elites econômicas, políticas e sociais não querem perder a influência no caso da adoção de tecnologias que proporcionem autonomia local.

Diversos materiais estão disponíveis no meio rural, tais como pedras, madeiras, bambus e terra. A madeira é um dos produtos mais tradicionais em construções rurais, porque tem alta resistência em relação ao baixo peso e é mais sustentável devido ao baixo consumo energético para produção. Para se produzir um metro cúbico de madeira se gasta 600 MJ de energia solar, enquanto o concreto supera em 3,2 vezes e o aço em 390 vezes o consumo de energia com base no petróleo, além da relação resistência/densidade superior da madeira (8,33) em comparação ao concreto (0,83) e ao aço (3,21) (CALIL JUNIOR; DIAS, 1997).

O bambu é empregado em projetos estruturais, recomendando-se o corte bem maduro na época fria e com a lua minguante, secagem em pé e sem folhas à sombra ou imersos em água por quatro semanas (VAN LENGEN 2004). Em Paraty/RJ, por causa da elevada umidade do ar e abundância de insetos na região de Mata Atlântica, são adicionados compostos químicos para o tratamento do bambu por imersão (Figura 1A), podendo armazenar à sombra por longo tempo (Figura 1B), para uso em construções protegidas da chuva (Figura 1C) ou exposto à água, porém, tratado com impermeabilizante (seladora, stein ou verniz) (Figura 1D).

Figura 1: Curso Prático de Construção em Bambu na Ecovila Goura Vrindavana, Paraty-RJ



Fonte: Autor, 2019.

A terra é utilizada há milhares de anos na construção de habitações (MOLLISON, HOLMGREN 1973). Com o crescente interesse pela bioarquitetura, a taipa, considerada a técnica construtiva tradicional no meio rural brasileiro, foi tema de capa dos anais do VI Congresso de arquitetura e construção com terra no Brasil (Figura 2A). O superadobe (Figura 2B) é produzido com forma de madeira e terra batida e o adobe (Figura 2C), em formas menores, constituem as principais técnicas da Permacultura. Já os tijolos ecológicos, produzidos por pressão mecânica e

sem a queima (Figura 2D), tornaram-se a principal via econômica na construção civil alternativa. Além disso, a terra também pode ser misturada ao cimento e areia para assentar tijolos, rejuntar espaços e rebocar paredes.

Figura 2: Taipa (A), super adobe (B), adobe (C) e tijolo ecológico comercial (D)



Fonte: Congresso de Arquitetura (A); Sítio Ecológico (B, C); Pinterest (D).

O estudo da arquitetura rural é importante para o desenvolvimento de projetos mais sustentáveis no meio rural, em chácaras, sítios e fazendas e, também, no espaço urbano. No Sítio Ecológico que fica no assentamento de reforma agrária Nova Esperança, na zona periurbana de São José dos Campos-SP, são realizados mutirões populares <<https://youtu.be/tPtfUIZ2pKE>> para o ensino prático da Permacultura que resulta na construção em uma sala de aula para o ensino dos sistemas agroflorestais (SAF).

Neste trabalho, abordamos a construção de um imóvel rural a partir do reuso de materiais adquiridos na região. O objetivo foi produzir uma arquitetura rural integrada à paisagem, capaz de reduzir os danos ambientais dos resíduos produzidos no modelo de consumo vigente.

Esse espaço foi pensado para exercitar a compreensão da natureza, dos ciclos biogeoquímicos, das interações entre plantas, animais e os sistemas cíclicos do clima, oportunizar vivências para que pessoas possam exercitar a paciência de entender a vida de maneira integral. A casa faz parte de um estudo vivenciado pelos construtores que trabalharam na coleta, no preparo dos materiais e nas etapas da construção.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido no Sítio Arco Íris no bairro do Ribeirão Grande, em Pindamonhangaba-SP (22°58'S e 45°27'W). A área rural possui 36.000 m² distribuídos em uma faixa estreita de terras com largura média de 50 m (altitude média de 560 m), entrecortada pelo ribeirão das Borboletas; na margem oposta o terreno é plano e adiante um lançante chega à cota mais elevada (960 m), finalizando com 12 m de largura (Figura 3). A propriedade fica em uma importante área para a conservação da natureza, com uma formação rochosa conhecida por Morro dos Macacos habitada por primatas bugio (*Alouatta*, família Atelidae, subfamília Alouattinaena) na Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da Mantiqueira.

Figura 3: Localização do Sítio Arco Íris na microbacia do Ribeirão das Borboletas, bairro



Fonte: Autor, adaptado de Google Earth (2020).

O clima subtropical úmido (Cwa) apresenta inverno seco com temperatura inferior a 18°C e verão quente com temperatura que supera 22°C, segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluvial média anual de 1.200 mm na maior porção do município (CIIAGRO, 2020), mas, localmente, sabe-se que esse índice é muito mais elevado, com chuvas torrenciais no verão enquanto no inverno as noites são muito frias com geadas frequentes.

Este trabalho registra atividades realizadas entre março/2017 e dezembro/2019 que compreendem o reconhecimento das dinâmicas da paisagem (recursos hídricos, solos, flora e fauna), a elaboração de anteprojeto de imóvel rural com posterior adequação para um sistema construtivo com materiais reutilizáveis, operações de preparo do terreno e construção da moradia, tratamento alternativo de efluentes e interações com a implantação de sistemas agroflorestais ecológicos com ênfase na restauração das matas ciliares.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise do Ambiente

A microbacia do ribeirão das Borboletas apresenta predomínio de relevo forte ondulado a montanhoso. As embocaduras das bacias aéreas (alçapão de umidade) situam-se a Noroeste e a Oeste nas escarpas da Serra da Mantiqueira como seção transversal às correntes de ventos por onde toda a massa de ar que ingressa na bacia tem que passar (Figura 3), locais onde cascatas escorrem na formação rochosa situada a mais de 200 m de altura.

O nível do ribeirão das Borboletas; afluente do Ribeirão Grande que batiza o principal bairro rural de Pindamonhangaba, e deságua no rio Paraíba do Sul, um dos mais importantes da região Sudeste do Brasil; inunda no verão boa parte das terras planas marginais. Coletar os depoimentos dos moradores mais antigos foi importante para que a casa fosse construída mais

acima do terreno e mais distante do curso d'água, devido às repetidas enchentes, conforme alerta Arbo; Schlee (2014). Apesar da abundância na oferta de recursos hídricos quase o ano todo, há escassez de água ao final do inverno.

Para reforçar a recarga do aquífero e perenizar a oferta de água, o ecossistema florestal de encosta deve ser preservado para proteger os solos da erosão, para interceptar os ventos úmidos e redistribuir mais lentamente a água da chuva interceptada em direção ao solo (VALCARCEL, 1987). Além disso a interceptação horizontal de neblina condensa o vapor atmosférico no dossel provocando a chuva oculta, mesmo nos dias sem chuvas (PEREIRA et al. 2016), aumentando a captação de água que é importante para perenizar o balanço hídrico da microbacia (VALCARCEL, 1987).

A cobertura florestal é compreendida por capoeirões em regeneração no terço médio da encosta em transição para floresta secundária e clímax nos contrafortes do Morro dos Macacos, destacando-se os maciços de populações da palmeira juçara (*Euterpe edulis*), espécie estratégica como recurso alimentar para fauna.

A captação de água do imóvel ainda não foi realizada e utilizou-se provisoriamente a água de montante de captação do imóvel vizinho. No lado oposto do ribeirão há um olho d'água num afloramento de rocha na base do Morro dos Macacos. Em termos gerais, a transição do uso do solo de cafeicultura (século XVIII-XIX) para pecuária extensiva e turismo deve favorecer a restauração da cobertura florestal na serra beneficiando a recarga hídrica. Mas, a expansão das ocupações de veraneio na planície pode causar diversos problemas, como vias de acesso em áreas ciliares com o barramento do ribeirão por passagens suspensas que favorecem inundações de moradias, a contaminação dos recursos hídricos por efluentes e por disputa pelo uso da água. O terreno estreito segue o modelo de parcelamento do solo que visa o máximo lucro dentro do que rege a legislação que permite a área mínima acima de 20.000 m².

O solo apresenta características de Cambissolo, embora a classificação não tenha sido feita, considerado aluvião com mica onde predominam agrupamentos grossos, a 0-40 cm de profundidade com matações e blocos de rocha conhecidos popularmente por seixo rolado que podem partir da superfície ou entremeado ao material grosso com fraca agregação. Em geral, os solos nas várzeas dos diferentes rios dessa bacia são ácidos a muito ácidos.

Os ventos fortes vêm no sentido NO-SE que descem dos contrafortes da Serra da Mantiqueira e são gerados do encontro com a formação rochosa ou se somam aos ventos do vale vizinho no bairro das Oliveiras, gerando redemoinhos em direção à garganta da microbacia causando o destelhamento dos imóveis e a queda de árvores.

Casa rural

A moradia de dois pavimentos (Figura 4) foi construída em um platô mais elevado em relação ao ribeirão. O núcleo possui formato quadrado (10 x 10 m), subdividido em três ambientes: dois quartos de 5,0 x 5,0 m nos fundos e um salão frontal (10 x 5 m). O anexo abrange cozinha (8,0 x 3,5 m) e banheiro (2,0 x 3,5 m). O pavimento superior, acessado por escada caracol de sucata metálica, tem as mesmas dimensões do pavimento térreo frontal com um vão central aberto que divide o ambiente em duas áreas.

Figura 4: Casa rural de materiais reutilizados em Pindamonhangaba, Vale do Paraíba (SP)



Fonte: Lucas Lacaz Ruiz (2018); Autores (2020).

Ocupação

Localizado em um vale cortado pelo ribeirão com vista para a Pedra do Morro dos Macacos (nascer do sol) e a Serra da Mantiqueira (pôr do sol) (Figura 3), a escolha do local para receber a edificação considerou os critérios de maior recuo do ribeirão, reduzido impacto ambiental e baixo custo, maior insolação e vista para o Monumento Natural. Se realizada na margem oposta do ribeirão, a ocupação demandaria o licenciamento ambiental, a construção de uma ponte, o aterro ou a construção da moradia suspensa.

Após o levantamento planialtimétrico com mangueira de nível, a área foi estaqueada e realizado o corte de barranco com trator agrícola na porção distal do terreno em relação ao ribeirão, formando um talude com área de 100 m² para receber a construção. Nova operação com retroescavadeira nivelou o terreno, compactou o material à jusante do barranco e abriu fosso para a instalação de biodigestor de tratamento de efluentes. As rochas e pedras (seixo rolado), abundante no local, foram separadas manualmente e classificadas por tamanho. Uma rocha de maior dimensão foi preservada no platô e posteriormente ficou amostra no interior do imóvel.

Inicialmente, a maquete eletrônica elaborada pela arquiteta Tânia Mara Colin Brazão previa um imóvel de dois pavimentos com ambiente interno vazado e ampla visão com o uso de esquadrias metálicas armazenadas na propriedade da arquiteta que foram cedidas. O projeto final foi influenciado pelo modelo de casa de pneus Earthship de Mike Reynolds, apresentado pelo engenheiro civil Thiago Junqueira que participara do curso do bioarquiteto no Brasil, e pela arquiteta Tânia Brazão que recomendou o uso de estrutura metálica (sucata) em substituição da madeira, dada a abundância desse tipo de material nas empresas de reciclagem.

Sistema construtivo

Na construção, foram utilizados materiais alternativos disponíveis no Vale do Paraíba. A região apresenta casarões antigos em deterioração que resulta na oferta irregular de materiais de demolição (tijolos, portas, janelas, batentes etc.). Ao mesmo tempo, há uma siderurgia forte e a presença de sucatas metálicas à venda por peso em empresas de reciclagem. A solda é o elemento obrigatório no uso desses materiais.

Parede-pneu (*tire-wall*)

A parede-pneus ‘enterrada’ no solo, com a coleta da água da chuva do telhado verde, é uma proposta interessante das casas Earthship Biotecture (VILLALOBOS, 2020), considerando que em regiões tropicais com elevada temperatura e umidade, a ventilação natural não atende à demanda de aclimação quando o ar externo tem uma temperatura acima de 32°C uma vez que o ar quente não proporciona bem estar (LANGNER et al. 2019). Uma parede-pneu pesada, nessas condições ambientais, retarda a penetração da onda de calor e com espessura considerável estabiliza a temperatura média. Isto é, na época fria tende para estabilizar a temperatura interior acima do valor médio diário e na época quente, abaixo deste (OLIVEIRA 2015).

A parede de fundo foi constituída de pneus inservíveis preenchidos com terra batida e seixos, empilhados do maior para o menor tamanho a cada três camadas com quatro modelos de pneus (215 x 15; 205 x 15; 195 x 15; 185 x 15) até formar 12 fileiras com 2,30 m de altura (Figuras 5A e 5B). Utilizou-se meio pneu cortado na amarração lateral, pregado na parede-pneu e cheio com terra batida. Encaixes entre pneus foram preenchidos por cacos de tijolos e massa preparada na medida de dois carrinhos-de-mão de terra de cava, um carrinho de areia grossa e uma lata de 20 litros de cimento CP-III. Posteriormente, retirou-se a terra da parte de trás da parede-pneu formando um corredor de ventilação para facilitar a manutenção do madeiramento do telhado e da própria parede-pneu, para reduzir o risco de infiltração por águas pluviais (Figura 5C) e ampliar o platô frontal com o material extraído, aproveitando-se o seixo em outras partes da obra como o calçamento. O acabamento foi feito sobre tela de galinheiro pregada nos pneus, chapisco com a mesma massa adicionando-se um pouco mais de terra.

Figura 5: Operação de enchimento de parede-pneu, Sítio Arco Íris, Pindamonhangaba/SP



Fonte: modificado de Oliveira (2015) (A); Autores (2018) (B-D).

A parede-pneu apresenta como vantagens, uma maior estabilização diária da temperatura, a disponibilidade local e o baixo custo financeiro (fornecimento + aplicação), menor que 2,9 vezes o adobe, 4,4 vezes a taipa e 6,1 vezes o tijolo maciço (OLIVEIRA, 2015). Além disso, uma construção ecológica deve levar em conta a necessidade de reduzir o uso de cimento, responsável por cerca de 4,8% das emissões de CO₂ no planeta, contabilizados apenas devido à combustão e ao processo de descarbonatação da matéria-prima, conforme registra Oliveira (2015).

Para dar sustentação a essa parede, em função de não seguir o modelo em curva preconizado pela Earthship Biotecture (VILLALOBOS, 2020), levantou-se três colunas de amarração em concreto armado presas nas laterais da parede-pneu e ao centro (internamente). Uma cinta de amarração em concreto e aço recobriu a última fiada de pneus, sendo escorada com duas mãos-francesas em concreto armado enterradas no barranco (Figura 5D). A escolha

da parede-pneu uniu o isolamento térmico e acústico (KRUIS; HEUN, 2007), necessário por causa da proximidade com a área vizinha e ao interesse dos construtores em reutilizar uma quantidade de pneus utilizados por uma geração familiar. Em relação à toxicidade e risco de incêndio do pneu, quando um pneu é compactado com terra e isolado com uma camada de reboco, representa um risco mínimo para os habitantes devido à inexistência da capacidade de se decompor por causa da baixíssima concentração de oxigênio, baixa temperatura e ausência de contato com agentes oxidantes (OLIVEIRA, 2015). O rendimento médio é de 20 pneus compactados por dia por pessoa.

Fundação

A fundação foi constituída de baldrame sobre fileira de pneus com terra batida, envoltos por lona plástica em um canal de contorno sob a projeção das paredes do imóvel. Por se tratar de aterro a montante de corte de barranco, optou-se por um alicerce sob as colunas. A parte superior do alicerce (sapata) foi feita de pneus cortados, ao centro uma broca com profundidade variável de 2,30 m na frente do aterro, 0,80 m no meio e 0,40 m nos fundos (Figura 6A) foi preenchida com ferragem, concreto e matacões (Figura 5B). Uma chapa de aço com vergalhões curvos (Figura 6C) foi concretada no alicerce (Figura 6D), onde fixou-se com solda as colunas de metal (Figura 6E). A abertura das canaletas, o enchimento dos pneus, a montagem da caixaria do baldrame e a concretagem, demandaram duas pessoas em seis dias de serviço.

Figura 6: Fundação de pneus com terra batida com abertura de alicerce (A), chapas de aço para fixação (B), baldrame, concretagem e estrutura metálica



Fonte: Joelson Apolinário (2017) (A-D); Autores (2017) (E).

Estrutura de metal

As colunas foram soldadas nas chapas de aço presas ao alicerce, sendo as colunas internas frontais com perfil metálico caixa 13 x 11 cm liga 2,25 mm, e vigas H de 13 x 11 cm x 2,25 mm nas demais colunas. O perfil metálico caixa de 11 x 11 cm x 2,25 mm uniu as colunas, soldado na altura do pé direito de 3,0 m do pavimento térreo. O material metálico foi comprado aos poucos, por peso e aos pedaços, em empresas de reciclagem. Um soldador realizou os cortes e emendas na metragem certa de cada peça. Aparas metálicas foram soldadas na projeção das colunas de madeira para reforçar a sustentação da estrutura do mezanino e do telhado. O serviço de solda demandou seis dias.

Piso

Após nivelado, o aterro foi forrado com plástico, treliça e concreto. O acabamento do piso foi com cimento queimado amarelo, ladrilhos hidráulicos em mosaico nas soleiras dos cômodos e na porção central do salão. O piso da cozinha recebeu cimento queimado natural e

no banheiro foram assentadas pequenas pedras roladas selecionadas do próprio local do platô. Duas travessas estruturais 30 x 8 cm x 6,0 m ao centro e duas vigas de 16 cm aparafusadas lateralmente na estrutura metálica sustentam o mezanino, com vigas de 12 cm espaçadas 50 cm recobertas de tábuas de eucalipto de reflorestamento.

Paredes

As paredes foram levantadas com tijolos maciços de demolição preenchendo os vãos da estrutura metálica, utilizando-se massa de terra, areia e cimento, sem frisar o intervalo entre tijolos, com posterior colocação de portas e janelas de demolição.

Telhado

Inicialmente, projetou-se a construção de telhado verde. Apesar da grande variedade de opções de materiais, esse sistema construtivo demandaria maior investimento em comparação aos materiais de reuso disponíveis, mão de obra especializada e manutenção periódica. Por estar imerso na natureza, diferente de uma ilha de calor no meio urbano que justifica o investimento em uma tecnologia verde (RIGHI et al., 2016), optou-se pelo telhado convencional com o mesmo sentido e inclinação de 32°, que possibilita a coleta de água da chuva e armazenamento em cisterna a ser colocada nos fundos do imóvel. O telhado da cozinha está posicionado para noroeste e possibilita captar o sol da tarde com painéis fotovoltaicos.

A estrutura do telhado foi feita de madeira (possivelmente de jatobá) de uma antiga casa de fazenda demolida na região de Campinas-SP. Duas travessas estruturais 30 x 8 cm x 6,0 m sustentam emendas de três linhas de vigas de 16 cm espaçadas 3,0 m e vigas de 12 cm espaçadas 0,50 m. O forro é cedrinho mesclado (1,50 m de comprimento) instalado sobre as vigas de 12 cm, recoberto com manta aluminizada, ripões de demolição (ipê) e telha de cerâmica natural nova modelo portuguesa. Calhas foram instaladas em todas as águas do telhado para captar a água das chuvas. O beiral é amplo com 1,0 m de largura em todo contorno. O madeiramento de demolição demandou duas semanas para o preparo com lixadeira, retirada de pregos e tratamento com Stein. A estrutura e o recobrimento do telhado demandaram dez dias de dois trabalhadores.

Janelas, portas e basculantes

Nas janelas de abrir, empregou-se madeira (imbuia), com folhas externas de venezianas portuguesas (paletas largas) e folhas internas de vidro; com duas folhas nos quartos e pavimento superior, e três e quatro folhas no salão. Foram 41 folhas de portas e janelas de uma antiga casa de fazenda demolida, adquiridas em uma viagem casual a Pinheiral-RJ. As portas têm origem de demolição, coletadas em caçamba e da antiga sede da fazenda. Na frente da casa, um portal com dormentes recebeu duas portas modelo de baia de cavalo de restos de cumaru. Janelas e portas foram montadas em quadros de peroba de madeira de demolição (batentes adaptados). As portas principais foram colocadas no centro da parede. As portas dos quartos e banheiro foram colocadas recuadas lateralmente para coincidir com as principais aberturas externas a fim de melhorar a entrada de luz natural. A disposição das janelas promove a ventilação cruzada, a luminosidade dos cômodos internos e a visão do Morro dos Macacos e Serra da Mantiqueira.

Figura 7: Simbiose de elementos orgânicos como a madeira e o tijolo se harmonizam com elementos frios como o metal e o vidro trazendo a natureza para dentro de casa



Fonte: Autores (2020).

No pavimento térreo foram colocadas duas esquadrias metálicas (no salão, com basculante e na cozinha, com porta de correr); no mezanino foram soldadas três esquadrias com basculantes, cada uma com 2,20 m x 3,00 m largura, recicladas do próprio local, proporcionando iluminação natural. Na estação fria, ao meio dia, o ângulo da insolação interna varia de 17° e 32° (maior penetração no interior) e, no verão, entre 58° e 69° (menor penetração dos raios solares) (OLIVEIRA, 2015), sendo o vão do mezanino uma área extra de luz natural para o pavimento térreo. O vidro permite o rápido aquecimento interior e impede a dissipação do calor. Neste imóvel, predomina a linearidade e simetria das aberturas retangulares de janelas e porta na fachada para melhorar a circulação do ar. Cada esquadria possui um basculante, vitrôs e janelas foram instalados em todas as paredes, há venezianas e janelas nas tesouras do pavimento superior para uma livre circulação do ar. Acima de cada esquadria foram instalados basculantes móveis que são abertos quando necessário para a saída de fumaça de fogão a lenha e lareira bem como do excesso de ar quente.

Muro de arrimo do platô

Para contenção do platô foram assentados pneus criando muro de arrimo acompanhando a declividade do solo na porção frontal. Com o depósito da terra retirada dos fundos da parede-pneu sobre o muro de arrimo e o avanço do platô por 2,0 m, novo muro de contenção foi erguido no mesmo processo. Ao todo, foram empregados 225 jogos de 4 pneus (900 pneus) na moradia. O revestimento dos pneus da área frontal ainda será realizado com gabião, pedras que sobraram do platô, terra e plantas.

Tratamento biológico de efluentes

Os efluentes foram separados em água do vaso sanitário e demais águas. A primeira é tratada em biodigestor autolimpante enterrado no solo com capacidade de 1300 litros. A segunda, passa por duas bombonas de 200 litros hermeticamente fechadas e respiro para saída do biogás, recheadas de anéis de bambu da espécie *Bambusa tuldoides*. Tonetti et al. (2011) registram uma remoção de matéria orgânica média de $81,4 \pm 6,4\%$ em termos de COD, $76 \pm 12\%$ em relação à DQO e $71 \pm 15\%$ em termos de DBO por meio do biofilme de microrganismos que se forma no bambu. Este efluente segue para contêiner de 1000 litros estruturado na forma de wetland com plantas tolerantes ao encharcamento que removem o excesso de fósforo e nitrogênio (REIS et al., 2018). A água tratada segue por meio de cano corrugado envolto por manta bidim, infiltrando no solo em área de cultivo de bananeiras, inhame, taioba e plantas ornamentais.

Sistemas Agroflorestais - SAF

Os SAF são sistemas complexos que empregam diversidade de componentes vegetais e, por vezes, animais, em arranjos que se assemelham à dinâmica de uma floresta (GLIESSMAN, 2018). Esses sistemas foram introduzidos para integrar a moradia na paisagem e melhorar os atributos ambientais da planície fluvial, recoberta, principalmente, por lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*) e capim lágrima-de-nossa-senhora (*Coix lacryma-jobi*). O lírio é uma macrófita aquática invasora, possivelmente introduzida no Brasil por meio dos navios negreiros, assim como o capim exótico. Plantas invasoras ocasionam efeitos negativos sobre a biodiversidade (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018).

Em um mutirão organizado pela Rede Agroflorestal do Vale do Paraíba foi implantado um SAF com foco em fruticultura de espécies nativas, com ênfase na palmeira juçara, cambuci (*Campomanesia phaea*) dentre outras, intercaladas com diversidade de bananeiras, arbustos (mamona e guandu) e arbóreas (guapuruvú, embaúba, eritrina, ingá e outras) plantadas para o manejo de poda. Realizou-se a destoca do lírio e do capim e o acúmulo da matéria orgânica nas entre linhas de plantio, posicionadas no sentido Leste-Oeste. Dentre as culturas alimentícias, foram escolhidas espécies que toleram o encharcamento do solo e o moderado sombreamento (taioba, inhame, açafraão e araruta) (REDE AGROFLORESTAL DO VALE DO PARAÍBA, 2018). A exploração sustentável da juçara, com foco na extração da polpa dos frutos, é um trabalho pioneiro na região e serve de estímulo ao cultivo dessa espécie por populações locais para inserir esses atores na restauração ecológica com fins produtivos.

Dois eventos marcam os desequilíbrios naturais que modificaram as dinâmicas da paisagem. Após a primeira limpeza de manutenção, com a capina seletiva da rebrota do capim, ocorreu o ataque de javali, javaporco (*Sus scrofa*) durante a noite. Todas as culturas anuais foram consumidas além dos danos às bananeiras. Após esse evento, os animais passaram a ocupar toda a área de mata ciliar em regeneração e se alimentaram das plantas do filtro biológico. Esses mamíferos exóticos com hábito fuçador são onívoros, consomem todo tipo de matéria orgânica vegetal e animal, e causam impacto negativo bastante significativo sobre o meio ambiente e produção agropecuária (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018). É necessário promover o controle de populações de javalis a fim de garantir a qualidade de vida das populações rurais.

Outro indicativo de desequilíbrio ambiental foi a redução da população de macaco bugio com o ressurgimento da febre amarela, com registros de primatas mortos e possível redução da população, pois a vocalização dos bandos que habitavam o Morro dos Macacos se tornou rara até o presente momento. Integrar a moradia nessa paisagem demanda respeito às leis de proteção ambiental e o engajamento em projeto de educação popular ao qual se destina o espaço do Sítio Arco Íris.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bioarquitetura é uma área ampla que envolve um conjunto de técnicas sustentáveis da permacultura e busca a gestão integrada em microbacias, das matas naturais e recursos hídricos, dos seres vivos, dos campos cultivados e pastagens (ARGOLO FERRÃO, 2007) para promover o desenvolvimento sustentável.

Construir uma casa rural com materiais reutilizados demanda paciência do construtor e criatividade para adaptar o projeto à oferta irregular dos materiais.

Há diversidade de materiais disponíveis nas empresas de reciclagem no corredor Rio-São Paulo. Neste projeto, os metais se destacaram pela oferta e facilidade no manuseio. O uso de pneus na construção de paredes e muros de arrimo reduziu o custo no material, mas demandou força física para compactar a terra em seu interior e requer cuidados extras no revestimento para evitar a exposição ao ar, o contato com produtos corrosivos e risco de incêndio.

O estudo do ambiente demonstra que a região é muito rica em biodiversidade, mas passa por transformações socioeconômicas que podem gerar danos ambientais, quer seja pela competição por recursos hídricos, quer seja pela ocupação de áreas ciliares. Problemas relativos às espécies invasoras (plantas e animais) são típicos de áreas perturbadas pela mão humana e requer intervenções conscientes para restabelecer os níveis de equilíbrio biológico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGOLLO FERRÃO, André Munhoz de. Arquitetura Rural e o espaço não-urbano. **Labor & Engenho**, Campinas [Brasil], v.1, n.1, p.89-112, 2007. Disponível em: www.conpadre.org.

BARBO, Lenora; SCHLEE, Andrey. A Arquitetura rural na área de influência do atual Distrito Federal. In: PEIXOTO, Elane Ribeiro; DERNTL, Maria Fernanda; PALAZZO, Pedro Paulo; TREVISAN, Ricardo (Orgs.) Tempos e escalas da cidade e do urbanismo: **Anais... Seminário de História da Cidade e do Urbanismo**, 13ed., 2014. Brasília, DF: Universidade Brasília- Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2014.

BRAZÃO, Tânia Mara Colin. **Maquete eletrônica de casa de campo**. Taubaté, SP. 2017. Maquete eletrônica 3D)

CALIL JUNIOR, Carlito; DIAS, Antonio Alves. Utilização da Madeira em Construções Rurais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 1: 71-77, 1997.

CIIAGRO – 2020. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/>

GLIESSMAN, Stephen. Defining Agroecology. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 42, n. 6, p. 599-600, 2018.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE. **1º Relatório Grupo Técnico sobre Espécies Exóticas com Potencial de Invasão**. Resolução Conjunta SMA/SAA/SS 01, de 15/10/2012, 2013. 53p.

HOLMGREN, David. **Os Fundamentos da Permacultura**. Trad. Piergili, A. Van P., Freitas, A.R. Grupo Timbó, 2007. 26p.

KRUIS, Nathanael J.; HEUN, Mtthew K. Analysis of the performance of Eathship housing in various global climates. **Proceedings of ES2007 Energy Sustainability**, Long Beach, California, 27-30, 2007.

LANGNER, Marcelo; SACTH, Helenice Maria; SOARES, Thais Aline. The Usage of Ground-Coupled Heat Exchangers in Subtropical Climates. **CLIMA 2019 Congress**, E3S Web of Conferences, v. 111: 06022, 6p., 2019.

MOLLISON Bill, HOLMGREN David. **Permacultura Um**. Uma Agricultura Permanente nas Comunidades em Geral. Trad. Lima, N P. Ed. Ground: São Paulo (SP), 1981. 147p.

OLIVEIRA, F. C. L. **Parede-Pneu: Uma Técnica Construtiva para a Arquitetura Solar Passiva em Portugal (Projeto para uma Pousada da Juventude em Salreu)**. Dissertação de Mestrado Integrado em Arqutitectura apresentada ao Departamento de Arquitectura da FCTUC em Julho de 2015. 237p.

PEREIRA, Carlos Rodrigues; VALCARCEL, Ricardo; BARBOSA, Rafael Silva. Quantificação da chuva oculta na Serra do Mar, Estado do Rio de Janeiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1061-1073, 2016.

REDE AGROFLORESTAL DO VALE DO PARAÍBA. **Sítio no Ribeirão Grande, Pindamonhangaba – SP**. 20/12/2018. Disponível em: <http://redeagroflorestalvaledoparaiba.blogspot.com/2019/04/>

REIS, Daniela Cunha *et al.* **Manual de iniciação em bioconstrução**. Ubatuba: IPEMA – Instituto de Ecovilas e Permacultura da Mata Atlântica, 2018. 35p.

RIGHI, Débora Pedroso; KÖHLER, Lucas Guilherme; LIMA, Rogério Cattelan Antochaves de; SANTOS NETO, Almir Barros da S.; MOHAMAD, Gihad. Cobertura Verde: Um Uso Sustentável na Construção Civil. **MIX Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 29-36, 2016.

TONETTI, Adriano Luiz et al. Avaliação da partida e operação de filtros anaeróbios tendo bambu como material de recheio. **Eng Sanit Ambient**, v.16, n.1: 11-17, 2011.

VALCARCEL, Ricardo (coord.). **Diagnóstico Conservacionista do Sistema Light-Cedae**. UFRRJ - Seropédica, RJ. 1987. 264p.

VAN LENGEN, Johan. **Manual do Arquiteto Descalço**. Livraria do Arquiteto: 2004. 359p.

VILLALOBOS, Gabriela. Earthship Architecture in Punta Cana. **Journal of Undergraduate Research**, v. 21, n. 2, 2020.