

Casa Ecológica para a Amazônia



Marilene e Ruy SáRibeiro Projeto CasaEco: Cartilha da obra da Vila Ecológica

Projeto de cooperação tecnológica no âmbito do Programa
de Tecnologia de Habitação - HABITARE financiado pela
FINEP/FNDCT/VERDE-AMARELO



Equipe Técnica do Projeto CasaEco

- Marilene G. Sá Ribeiro, M.Sc., arquitetura / produtos florestais; *coordenadora*
Ruy A. Sá Ribeiro, Ph.D., engenharia civil / produtos florestais; *representante adm.*
Roland E. Vetter, Dr., biologia florestal
Luiz A. Oliveira, Ph.D., solos e microbiologia
Hillândia B. Cunha, Dr., hidroquímica e hidrologia florestal
Jadir S. Rocha, M.Sc., ciência e tecnologia da madeira
Tereza M.F. Bessa, M.Sc., ciência exata e engenharia
Cynthia L.F. Pontes, Grad., química
Genauro S. Venâncio, técnico eletricista
Luiz R. Oliveira, técnico
Manoel A. L. Santos, técnico
Ray C. R. Nascimento, técnico
Márcia Viana, estagiária, arquitetura / UNINORTE
Mônica S. Freitas, estagiária, arquitetura / UNINORTE
Terence S. Araújo, estagiário, engenharia civil / UFAM
Ulrich E. Schroeder, estagiário, engenharia florestal / Univ. FREIBURG, Alemanha

Identidade Visual, Renderização e Diagramação para Editoração

- Mauricio G. Sá Ribeiro, colaborador, design / UFAM

Sumário

Apresentação	3
Painéis de parede pré-fabricados	5
Tesouras pré-fabricadas	9
Construção da vila ecológica	11

Cartilha da Obra da Vila Ecológica

Ficha Técnica

Obra: Protótipo de Vila Ecológica na Reserva Florestal Adolpho Ducke

Local: Manaus, AM

Início do projeto: 2005

Conclusão da obra: 2007

Área construída: 342,70 m²

Equipe Técnica

Arquitetura: Marilene G. Sá Ribeiro e Ruy A. Sá Ribeiro

Projeto Gráfico: Mauricio G. Sá Ribeiro (colaborador)

Elétrica/Hidráulica/Sanitária: Ruy A. Sá Ribeiro

Captação de águas pluviais: Ruy A. Sá Ribeiro e Marilene G. Sá Ribeiro

Estação de Tratamento Ecológico de Esgoto: J. V. Pires de Almeida

Coordenação: Marilene G. Sá Ribeiro

Gerenciamento: Ruy A. Sá Ribeiro

Manaus, AM
Fevereiro 2008

Apresentação do Projeto CasaEco

Este trabalho apresenta uma alternativa de construção mista voltada para habitações multifamiliares com área de 42,92 m² por unidade, dotadas de captação e utilização de águas pluviais e estação de tratamento ecológico de esgoto. Além dos materiais normalmente utilizados na construção (cimento, areia, barro, madeira e telhas cerâmicas) utiliza-se o bambu como componente de painéis de paredes (revestidos com barro-bambu), concebidos a partir de estudos da engenharia dos materiais. A fim de dar suporte à sustentabilidade de vilas ecológicas e construção de novas habitações, foi definido um plano de cultivo de bambu, em harmonia com a biodiversidade, no Estado do Amazonas.

Foi construída uma Vila Ecológica Protótipo (VilaEco) com oito casas geminadas (conjunto de duas unidades), na sede da Reserva Florestal Adolpho Ducke, km-26 da AM-010, em Manaus.

Apresentação dos Autores

Marilene Gomes de Sá Ribeiro possui graduação em Arquitetura pela Universidade Federal do Pará (1980), mestrado em Forest & Wood Sciences-Wood Engineering-Interior Design - Colorado State University / EUA (1987), especialização em Arquitetura de Paisagismo - Colorado State University (2001). Atualmente é pesquisador III do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Tem experiência nas áreas de Arquitetura, Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Engenharia da Madeira e do Bambu, atuando principalmente nos seguintes temas: madeira, arquitetura, paisagismo, Amazônia, bambu, habitação de baixo impacto ambiental e construção sustentável.

Ruy Alexandre de Sá Ribeiro possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (1979), especialização em Structural Design in Timber Section - Princes Risborough Laboratory / Inglaterra (1981), mestrado em Civil Engineering - Colorado State University / EUA (1985), mestrado em Wood Engineering Forest and Wood Sciences - Colorado State University (1984), doutorado em Wood Engineering Forest Wood Sciences - Colorado State University (1990), pós-doutorado em Design and Construction of Engineered Tropical Timber Structures for Large Spans - Colorado State University (2001), aperfeiçoamento em Structural Analysis and Design - Colorado State University (2001). Tem experiência nas áreas de Engenharia Civil e Arquitetura (projetos, administração, gerenciamento e fiscalização de obras), Engenharia da Madeira e do Bambu, Produtos Florestais, Processos Construtivos, Habitação de Baixo Impacto Ambiental e Construção Sustentável. Atualmente é pesquisador III do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

Painéis de parede pré-fabricados



Fabricação e armazenagem dos painéis de parede pré-fabricados na Reserva Florestal Adolpho Ducke.

Painéis de Parede Pré-Fabricados

Painéis de parede estruturados em bambu com moldura em madeira são pré-fabricados para posterior transporte e montagem no local da obra. A modulação arquitetônica da VilaEco concebeu 9 (nove) tipos de painéis, conforme ilustrado na Figura 1. A planta de locação dos painéis está ilustrada na Figura 2.

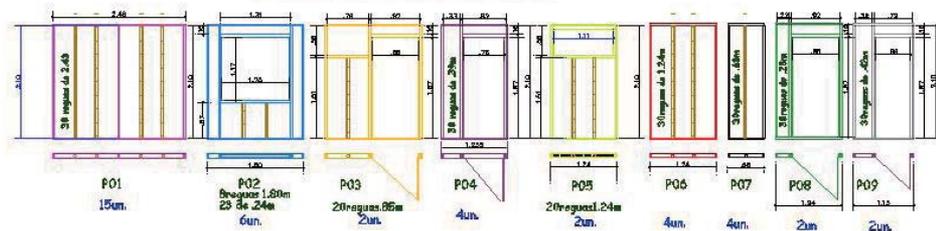


Figura 1. Painéis de parede projetados para o conjunto de 2 casas geminadas da VilaEco.

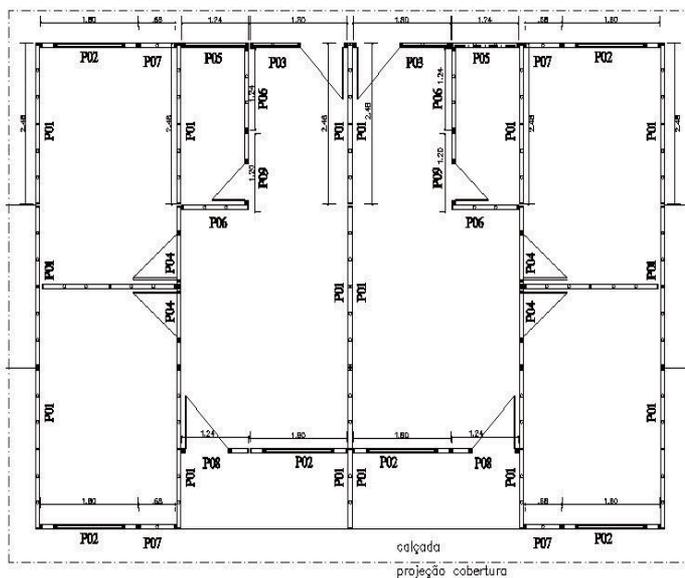


Figura 2. Locação dos painéis projetados para o conjunto de 2 casas geminadas da VilaEco.

A Tabela 1 apresenta a composição de cada um dos nove painéis pré-fabricados. Utilizou-se madeira (originada de área de manejo florestal no Amazonas) de densidade média, serrada e plainada, seca a 18% (teor de umidade de equilíbrio da madeira em Manaus). Foram coletados 320 colmos de 9 m de *Bambusa vulgaris* (abundante em Manaus), com idade média de quatro anos, para a construção dos painéis de paredes e esquadrias de oito casas geminadas. Os colmos foram tratados pelo método de Boucherie Modificado, onde uma solução preservativa é aplicada sob pressão. As ripas de bambu foram tratadas pelo método de imersão em solução preservativa atóxica.

O processo de substituição da seiva em colmos de bambu, utilizando-se pressão, foi efetuado dentro de 24 horas a partir da coleta no campo. Os colmos foram cortados no tamanho definitivo e tratados (dez de cada vez; obedecendo ao limite da planta piloto) com solução preservativa a base de ácido bórico. A preparação da solução preservativa consistiu na dissolução em água do produto na concentração de 5% e 10%. Todas as peças de bambu e madeira foram secas no secador solar do INPA até atingirem o teor de umidade de equilíbrio. A Figura 3 ilustra o Painel-Janela P3 e o processo de grampeamento das ripas de bambu.



Figura 3. Painel-janela. Grampeando ripas de bambu no painel.

Tabela 1. Painéis pré-fabricados e seus componentes.

PAINEL No. / DIM. (cm) [Marcação]	BAMBU				MADEIRA	
	COLMO D=6cm		RIPA L=3,5cm		PEÇA 3 x 7 cm	
	COMP. (cm)	QUANT./ PAINEL	COMP. (cm)	QUANT./ PAINEL	COMP. (cm)	QUANT./ PAINEL
P1 (248 x 216) [B1]	210	4				
[R1]			248	30		
[1]					248	2
[15]					210	3
P2 (180 x 216) [B3]	67	2				
[R2]			180	8		
[R9]			24	23		
[3]					180	2
[4]					131	3
[8]					117	2
[15]					210	4
P3 (180 x 216) [B2]	151	1				
[R4]			85	20		
[2]					187	2
[3]					180	2
[9]					92	2
[12]					79	1
[15]					210	3
P4 (123,5 x 216) [R7]			39	30		
[2]					187	2
[6]					123,5	2
[11]					82	2
[15]					210	3
P5 (124 x 216) [B2]	151	2				
[R3]			124	20		
[5]					124	2
[7]					118	3
[10]					56	2
[15]					210	2
P6 (124 x 216) [B1]	210	2				
[R3]			124	30		
[5]					124	2
[15]					210	2
P7 (68 x 216) [B1]	210	2				
[R5]			68	30		
[13]					68	2
[15]					210	2
P8 (124 x 216) [R8]			28	30		
[2]					187	2
[5]					124	2
[9]					92	2
[15]					210	3
P9 (113 x 216) [R6]			38	30		
[2]					187	2
[14]					72	2
[15]					210	3
[16]					113	2

Tesouras pré-fabricadas



Tesoura pré-fabricada instalada na VilaEco.

Tesouras Pré-Fabricadas para Estrutura da Cobertura

Tesouras estruturais de madeira são pré-fabricadas para posterior instalação na obra. Peças de madeira de densidade média, secas a 18% em secador solar, com seções de 5 x 7,5 cm (para as escoras diagonais) e 5 x 10 cm (para a linha e as pernas) compõem as tesouras da VilaEco. Foram fabricadas 16 tesouras com inclinação de 20° e 7,48 m de comprimento. Para simplificação de transportabilidade e manuseio foram fabricadas meia-tesouras (Figura 4) para serem unidas no local. A montagem das metades de tesouras procede-se com ligações pregadas. Ligando a perna à linha são usados 2 pregos 3 x 10 - 18 x 33 de topo. Ligando as escoras à perna e à linha são usados 2 pregos 3 x 10 - 18 x 33 de topo. Ligando as escoras entre si são usados 2 pregos 2 1/2 x 12 - 16 x 27 na face. As duas metades de cada tesoura são unidas pelas faces da linha e das pernas por duas chapas metálicas perfuradas pregadas com pregos (Figura 5) . As chapas metálicas zincadas foram confeccionadas de refugo de obra.



Figura 4. Meia-tesoura sendo transportada para instalação.



Figura 5. Conexão de duas meia-tesouras com chapa metálica pregada.

Construção da Vila Ecológica



Projeto de Implantação da Vila Ecológica na Reserva Florestal Adolpho Ducke.

Construção da Vila Ecológica Protótipo

As etapas de construção da VilaEco são as seguintes:

1. Locação
2. Fundações
 - 2.1 Escavação de valas
 - 2.2 Assentamento de blocos-canaleta
 - 2.3 Instalação de chumbadores
 - 2.4 Assentamento de ferragem e instalações embutidas
 - 2.5 Concretagem de enchimento dos blocos-canaletas
 - 2.6 Assentamento dos blocos estruturais
 - 2.7 Concretagem de enchimento do furo com o chumbador
 - 2.8 Assentamento dos blocos-base das paredes
3. Impermeabilização das fundações
4. Reaterro das valas e aterro do piso
5. Contrapiso em concreto nivelado
6. Instalação dos painéis de parede
7. Travejamento e cintamento dos painéis
8. Cobertura
 - 8.1 Instalação das tesouras
 - 8.2 Instalação de terças das extremidades
 - 8.3 Instalação de frechal, terça e cumeeira
 - 8.4 Instalação de caibros e ripas
 - 8.5 Assentamento das telhas e dos capotes
9. ETEE
10. Instalações embutidas (hidráulica, elétrica) nos painéis
11. Alimentação de água fria
12. Enchimento das paredes com barro-bambu / barro-serragem
13. Envelopamento dos pilares de madeira com tela de estuco
14. Chapisco nas paredes
15. Emboço nas paredes
16. Forro das varandas em PVC de refugo de obra
17. Revestimento cerâmico nas paredes do banheiro e cozinha
18. Piso cerâmico no banheiro
19. Esquadrias
 - 19.1 Assentamento de aduelas
 - 19.2 Assentamento de portas e janelas
20. Pintura
 - 20.1 Pintura das paredes
 - 20.2 Pintura das portas e janelas
21. Instalação de cabeaço elétrica, tomadas e luminárias
22. Instalação de louças e metais sanitários
23. Captação e utilização de águas pluviais

1. Locação

O local escolhido para implantação da VilaEco, composta de dois blocos com quatro casas cada, deve estar limpo para que se inicie a locação da obra. Inicia-se a locação da obra com a cravação de piquetes alinhados nos quatro cantos de cada bloco e nos encontros de paredes, observando-se nível e esquadro (Figura 6). Produz-se, então, gabaritos com marcação de eixo de fundações e paredes e nivelamento das fundações (Figura 7).



Figura 6. Locação L-S, L-N.



Figura 7. Locação N-S.

2. Fundações

Fundações diretas tipo baldrame apresentaram o menor custo para o tipo de solo local.

2.1 Escavação de valas

Valas de fundação de 30 x 40 cm são escavadas para receber o baldrame (Figura 8).



Figura 8. Escavação de vala.

2.2 Assentamento de blocos-canaletas

A confecção do baldrame inicia-se com o assentamento de blocos-canaletas de concreto de 19 x 19 x 39 cm com argamassa (Figura 9).



Figura 9. Assentamento de blocos-canaletas no baldrame.

2.3 Instalação de chumbadores

Chumbadores em haste roscável com diâmetro de 10 mm e comprimento de 80 cm são instalados nos pontos definidos em projeto (Figura 10).



Figura 10. Instalação de chumbadores.

2.4 Assentamento de ferragem e instalações embutidas

Com base nas especificações de projeto, são marcadas e instaladas as saídas de esgoto e as entradas de água e elétrica. São assentados ao longo da canaleta ferragem de reforço da fundação.

2.5 Concretagem de enchimento dos blocos-canaletas

Enchimento dos blocos-canaletas com concreto.

2.6 Assentamento dos blocos estruturais

Blocos estruturais de concreto de 19 x 19 x 39 cm são assentes com argamassa sobre os blocos-canaletas (Figura 11).



Figura 11. Blocos estruturais no baldrame.

2.7 Concretagem de enchimento do furo com o chumbador

Enchimento em concreto dos furos que contém os chumbadores (Figura 12).



Figura 12. Concretagem do chumbador.

2.8 Assentamento dos blocos-base das paredes

Blocos-base de concreto 9 x 19 x 39 cm são assentes com argamassa (Figura 13).



Figura 13. Assentamento de blocos de vedação.

3. Impermeabilização das fundações

A fundação é totalmente impermeabilizada até a base dos painéis de parede (Figura 14), para prevenir contra a umidade ascendente do solo.



Figura 14. Impermeabilização da fundação.

4. Reaterro das valas e aterro do piso

O reaterro das valas de fundação e o aterro do piso são executados com o solo escavado devidamente compactado (Figura 15).



Figura 15. Aterro do piso.

5. Contrapiso em concreto nivelado

Lançamento de concreto para nivelamento do contrapiso (Figura 16).



Figura 16. Contrapiso concretado.

6. Instalação dos painéis de parede

Painéis pré-fabricados de bambu são instalados sobre as bases de parede e fixados com chumbadores (Figura 17), obedecendo as especificações de projeto.



Figura 17. Painéis de parede instalados.

7. Travejamento e cintamento dos painéis

Os painéis de parede recebem travejamento e cintamento (Figura 18), antes de iniciar-se a cobertura, promovendo rigidez necessária ao sistema e prevenindo qualquer deslocamento lateral.



Figura 18. Travejamento e cintamento dos painéis.

8. Cobertura

A cobertura compõe-se de estrutura de madeira (com elementos de tesouras, terças, frechal, cumeeira, caibros e ripas) e telhas cerâmicas, abundantes na região.

8.1 Instalação das tesouras

As tesouras pré-fabricadas são instaladas sobre os painéis de parede (Figura 19), de acordo com as especificações de projeto.



Figura 19. Instalação das tesouras.

8.2 Instalação de terças das extremidades

As terças das extremidades são instaladas conforme ilustrado na Figura 20.



Figura 20. Terças das extremidades L-O instaladas.

8.3 Instalação de frechal, terça e cumeeira

Frechal, terças e cumeeiras são instalados conforme detalhado na Figura 21 (topo).

8.4 Instalação de caibros e ripas

Caibros e ripas são instalados conforme ilustrado na Figura 21.



Figura 21. Caibros e ripas instalados.

8.5 Assentamento das telhas e dos capotes

As telhas cerâmicas tipo portuguesa são assentadas sobre a estrutura de madeira e os capotes cerâmicos são assentados com argamassa na cumeeira e nos espigões (Figura 22).



Figura 22. Telhas e capotes assentados.

9. ETEE

A Estação de Tratamento Ecológico de Esgoto (ETEE) é desenvolvida como um sistema de tratamento de efluentes domésticos, com aproveitamento de condições naturais de nutrientes e de energia tais como, gravidade (potencial), solar e bio-química, com a sequência de decomposição microbiológica pela repetida transição de condições físico-químicas e absorção de nutrientes por microorganismos e plantas semi-aquáticas. Materiais e processos construtivos da ETEE são apresentados nas Figuras 23 a 31.



Figura 23. Materiais empregados na construção da ETEE.

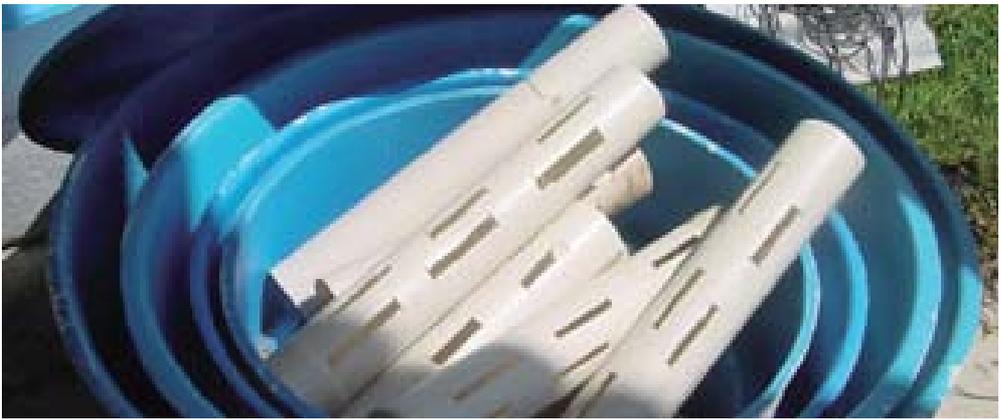


Figura 24. Materiais empregados na construção das ETEEs.

O sistema de tratamento de esgoto da VilaEco é composto de três ETEEs. Duas ETEEs são usadas para tratar os efluentes de quatro casas do Bloco-1 da Vila (Figuras 25-27). A terceira ETEE, em maior dimensão (Figuras 28-31), é utilizada para tratar os efluentes de outras quatro casas do Bloco-2 da Vila.



Figura 25. Construção da ETEE1.



Figura 26. Construção da ETEE1.



Figura 27. ETEE1 construída.



Figura 28. Construção da ETEE3.



Figura 29. Filtro da ETEE3.



Figura 30. Inspeção na saída da casa para a entrada da ETEE3.



Figura 31. Filtro de raiz, inspeção de saída e vala de infiltração da ETEE3.

10. Instalações embutidas (hidráulica, elétrica) nos painéis

Tubulações hidráulicas (água fria, água da chuva) e de esgoto, e eletrodutos em PVC rígido, são embutidos nos painéis de parede, de acordo com especificações de projeto, conforme ilustrado na Figura 32.



Figura 32. Instalações elétrica e hidráulica embutidas nos painéis.

11. Alimentação de água fria

Alimentação de água fria, oriunda de poço existente, e de água da chuva é executada em tubos de PVC soldáveis, enterrados no solo, conforme projeto.

12. Enchimento das paredes com *barro-bambu*

Uma mistura de *barro-bambu* é utilizada para enchimento dos painéis de parede. Essa mistura é obtida pela junção de solo com alto teor de argila (oriundo das escavações da obra) e partícula de bambu. A mistura *barro-bambu* produz um material de enchimento mais leve e mais estável do que apenas o solo argiloso abundante na região. A parede tipo *Bajareque Modificado* ou *Taipa Modificada* é completada conforme ilustrado nas Figuras 33-35.



Figura 33. Enchimento das paredes do Bloco-1 com *barro-bambu*.



Figura 34. Enchimento das paredes dos Blocos 1 e 2 com *barro-bambu*.



Figura 35. Enchimento das paredes do Bloco-2 com *barro-bambu*.

13. Envolvamento dos pilares de madeira com tela de estuco

Todos os pilares de madeira, componentes dos painéis, são envelopados com tela de estuco para receber o revestimento de argamassa (chapisco e emboço).

14. Chapisco nas paredes

Chapisco 1:3 é aplicado nas paredes externas e internas, após a cura do enchimento barro-bambu (Figuras 36-37).



Figura 36. Chapisco nas paredes do Bloco-1.



Figura 37. Chapisco nas paredes da *Janela da Verdade* na casa-4 e na sala da casa-8, Bloco-2.

15. Emboço nas paredes

Emboço 1:6 tipo massa única, desempenado, é aplicado nas paredes externas e internas dos Blocos 1 e 2 da Vila (Figuras 38 e 39).



Figura 38. Emboço em paredes no Bloco-1.



Figura 39. Emboço na parede da *Janela da Verdade* na casa-4.

16. Forro da varanda em PVC de refugo de obra

Forro de PVC, oriundo de refugo de construção, é instalado nas varandas (Figura 40).



Figura 40. Forro em PVC de refugo de obra.

17. Revestimento cerâmico nas paredes do banheiro e cozinha

Revestimento cerâmico é aplicado nas paredes das áreas molhadas dos banheiros e cozinhas (Figura 41).



Figura 41. Revestimento cerâmico e textura em paredes do banheiro.

18. Piso cerâmico no banheiro

Piso cerâmico e rodapé cerâmico alto são assentados nos banheiros (Figura 42).

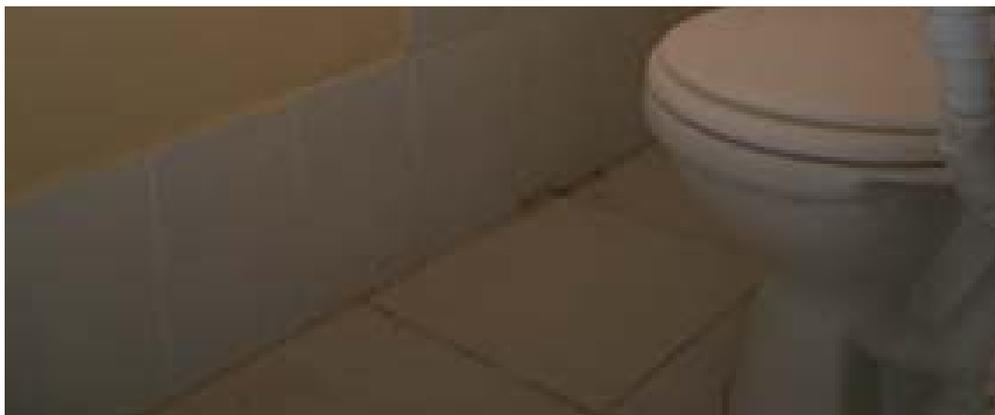


Figura 42. Piso cerâmico no banheiro.

19. Esquadrias

As esquadrias das portas são em madeira e as esquadrias das janelas são em madeira e bambu.

19.1 Assentamento de aduelas

As aduelas de madeira são assentadas em todos os vãos de portas e janelas.

19.2 Assentamento de portas e janelas

Portas de madeira são assentadas em todas as casas da VilaEco. Todas as portas externas foram recuperadas de refugos de obras de reforma. As portas das salas são todas em madeira almofadada e as das cozinhas são em madeira lisa com esquadro de arremate (Figura 43). Janelas de *ripas de bambu* são instaladas na sala, quartos e cozinha (Figura 44).



Figura 43. Portas da sala, cozinha e dormitório em madeira.

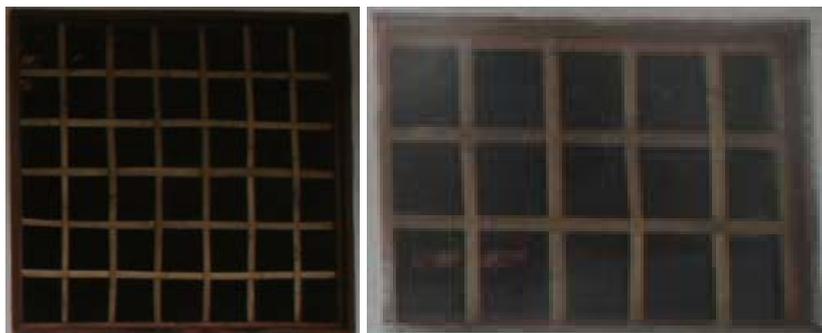


Figura 44. Janelas da sala/dormitórios e cozinha em bambu.

Janela basculante de madeira-bambu é instalada no banheiro (Figura 45). A madeira foi recuperada de refugo de obra de reforma.



Figura 45. Janela do banheiro em bambu e madeira.

20. Pintura

20.1 Pintura das paredes

Tinta à base de resíduo industrial (cal hidratada de carbureto) é utilizada na pintura das paredes internas e externas (Figura 46).



Figura 46. Pintura em paredes no Bloco-1.

20.2 Pintura das portas e janelas

Pintura com tintas de baixo teor de componentes orgânicos voláteis (COV) é aplicada nas portas e janelas (Figura 47).



Figura 47. Pintura de porta e janela no Bloco-2.

21. Instalação de cabeção elétrica, tomadas e luminárias

Cabeção elétrica, tomadas, interruptores e luminárias são instalados na VilaEco (Figura 48).



Figura 48. Instalação de luminária na sala/cozinha.

22. Instalação de louças e metais sanitários

Louças e metais sanitários são instalados na cozinha (pia) e no banheiro (lavatório, bacia sanitária e chuveiro) (Figuras 49 e 50).



Figura 49. Lavatório e vaso sanitário.



Figura 50. Chuveiro.

23. Captação e utilização de águas pluviais

Sistema de drenagem da água da chuva é instalado para captar, filtrar, e armazenar a água para ser utilizada nas descargas sanitárias, irrigação de jardim, lavagem de roupa, lavagem de carro e de piso (Figuras 51-53).



Figura 51. Calha de captação de águas pluviais.



Figura 52. Filtro da primeira chuva e primeiro reservatório de 1000 L.



Figura 53. Segundo reservatório de 5000 L.

Uma vista aérea da VilaEco é apresentada na Figura 54.



Figura 54. Vista aérea da VilaEco.



vila ecológica



vila ecológica

Marilene e Ruy Sá Ribeiro
mlene3@hotmail.com ruy_saribeiro@yahoo.com
Manaus, AM