

SISTEMA DE VEDAÇÃO EM MADEIRA DE REFLORESTAMENTO: CADEIA PRODUTIVA E APROPRIAÇÃO DE CUSTOS

NAVARRO, A. (1); INO, A. (2)

(1) Arquiteta, Mestre em Arquitetura, pesquisadora do GHab/SAP/EESC/USP – Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 São Carlos – SP. E-mail navarroa@sc.usp.br

(2) Engenheira, professora da EESC/USP, Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 São Carlos – SP. E-mail inoakemi@sc.usp.br

RESUMO

Este trabalho apresenta as etapas produtivas de três tipologias de Sistema de Vedação desenvolvidas para realizar o fechamento de uma unidade habitacional experimental.

As tipologias de vedação desenvolvidas utilizam em sua composição madeira de reflorestamento conjugada com derivado de madeira(chapa de aglomerado) e madeira de reflorestamento conjugada com técnicas de terra crua (terra palha monolítica e terra palha bloco).

Através do desenvolvimento das etapas produtivas – pré-fabricação e montagem em canteiro e da coleta de dados durante a produção, foram: 1) sistematizadas as etapas produtivas para as três alternativas de vedação, com os respectivos procedimentos, materiais, ferramentas, equipamentos e mão de obra necessários para sua produção; 2) apropriados os custos de produção obtendo-se indicativos do desempenho econômico.

ABSTRACT

This work introduces the production steps of three types of insulation systems developed to fulfil the closure of an experimental housing unit.

The types of insulation which were developed use in their composition reforesting wood mixed with derivative from wood (particleboard) and reforesting wood mixed with techniques of raw earth (straw – clay monolithic and straw – clay block).

Throughout the development of the production steps, namely pre-manufacturing, assembling in building site and collection of results during production, the following objectives were accomplished.

1. systematization of the production steps for the three alternative of insulation with their respective production, materials, tools, equipment and labour force which were necessary.
2. Study of costs of production providing indication about economic development.

1. INTRODUÇÃO

Tendo como perspectiva produzir o conhecimento em madeira de reflorestamento e em terra crua para habitação de interesse social, simultaneamente ao desenvolvimento e produção de componentes e sistemas construtivos, constituiu-se o GHab – Grupo de Pesquisa em Habitação, composto por professores, estudantes de graduação e pós-graduação da Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP e da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar.

Neste contexto, para examinar alternativas construtivas, foi proposto a FAPESP, junto ao programa de Apoio a Jovens Pesquisadores em Centros Emergentes, o projeto intitulado: “Habitação Social: Concepção Arquitetônica e Produção de Componentes de Madeira de Reflorestamento e em Terra Crua”, que resultou na construção de duas edificações denominadas Unidade Experimental 001 e Unidade Experimental 002.

As unidades são compostas por sistema estrutural modular com peças curtas de eucalipto serrado e sistema de vedação de madeira: em painéis pré-fabricados compostos por ossatura de pinus, tábua e mata-junta ou “deck horizontal”, lambris de pinus; ou painéis pré-fabricados compostos por ossatura de pinus, tábua e mata-junta, terra palha; vedação da áreas úmidas em painéis parcialmente pré-fabricados em taipa de mão; assoalhos e forros em pinus tratado; portas e janelas em eucalipto serrado.

Nesta trabalho estão apresentados os resultados obtidos – sistematização das etapas produtivas (pré-fabricação e montagem em canteiro) e indicativos de custo para três tipologias de vedação propostas para a Unidade Experimental 002 : Sistema de Vedação Painel Colchão de Ar - lambris de pinus internamente estruturados em ossatura de pinus serrado, ar aprisionado, com revestimento externo em tábua e mata-junta; Sistema de Vedação Painel Terra palha Monolítico – Terra palha monolítica estruturada em ossatura de pinus serrado, com revestimento externo em tábua e mata-junta de pinus; e Sistema de Vedação Terra palha Bloco – Blocos de Terra palha estruturados em ossatura de pinus serrado, com revestimento externo em tábua e mata-junta de pinus.

2. PROJETO

A Unidade Experimental 002 configura-se espacialmente pela existência de três espaços diferenciados (*blocos*) - dois *blocos servidos* (*bloco norte* e *bloco sul*) que abrigam as funções de estar e dormir intercalados pelo *bloco central* e o *bloco de serviços* que abriga a cozinha no primeiro pavimento e as cabines sanitárias no segundo pavimento. A Figura 1 mostra o projeto desta unidade.

Os Sistemas de Vedação foram desenvolvidos para o fechamento dos *blocos servidos*. O *Bloco Norte* possui o fechamento do 1º e 2º pavimento com o sistema Painel Colchão de Ar. O *Bloco Sul* possui o fechamento do 1º pavimento com o sistema Painel Terra Palha Monolítica; e 2º pavimento com o sistema Painel Terra Palha Bloco.

Nas três alternativas de vedação propostas utilizou-se um componente – tipo, denominado ossatura com dimensões de 240 cm verticalmente e 100 cm horizontalmente. A adoção do módulo horizontal, partiu da medida do vão estrutural (300cm), o qual é fechado por 3 módulos de 100cm.

A composição das paredes da edificação se dá através da combinação de três componentes ossatura formando as fachadas cegas ou pela combinação de dois componentes ossatura intercalados pelo componente esquadria, ou ainda, dois

componentes ossatura mais o componente porta, formando as fachadas com abertura, acrescidas dos acabamentos de canteiro – lambris (painel colchão de ar) ou argamassa (painéis terra palha bloco e monolítico) internamente, tábua e mata-junta externamente.

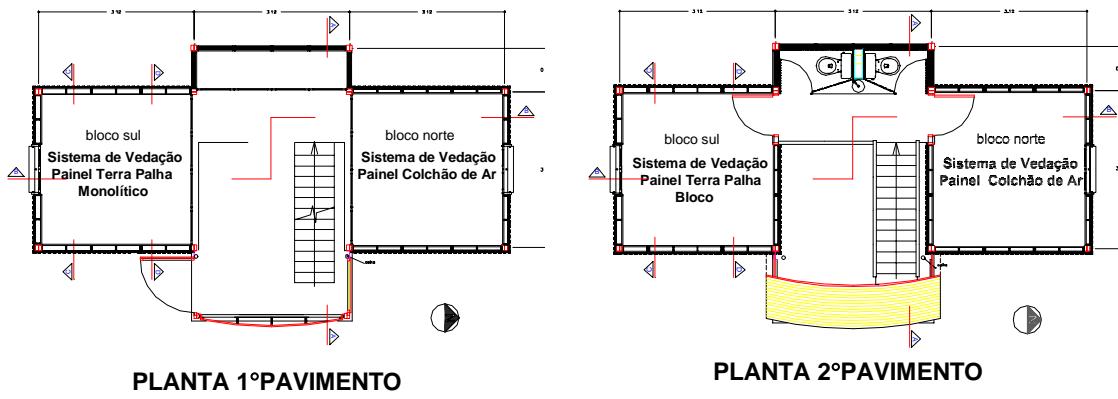


Figura 1 Projeto da Unidade Experimental 002

As três alternativas de sistema de vedação desenvolvidas possuem um desenho diferenciado desde sua ossatura, a composição das camadas e respectivos materiais, a seguir estão descritas cada uma delas.

A. Sistema de Vedação Painel Colchão de Ar é composto pelo componente-ossatura, mais chapa de aglomerado, acrescidos de lambris pelo lado interno e tábua mata-junta pelo lado externo. A ossatura é composta de três montantes ($2,4\text{ cm} \times 7\text{ cm} \times 234,9\text{ cm}$), duas travessas principais ($2,4\text{ cm} \times 7\text{ cm} \times 99,7\text{ cm}$), quatro travessas secundárias ($2,4\text{ cm} \times 7\text{ cm} \times 46,2\text{ cm}$) e quatro diagonais ($2,4\text{ cm} \times 7\text{ cm} \times 87,9\text{ cm}$). As Figura 2 e 3 mostram as camadas que compõem a parede.

1. Revestimento interno. Lambris de madeira de pinus tratados com seção de $2,2\text{ cm} \times 12\text{ cm}$, ajustados e fixados no canteiro após a montagem dos painéis;
2. Ossaturas. Elemento estruturador dos painéis composto por peças de madeira de pinus de seção $2,4\text{ cm} \times 7\text{ cm}$, pré-fabricadas em unidade de produção;
3. Chapa de aglomerado (espessura 8 mm). Material interno à parede, cortado e fixado à ossatura durante a pré-fabricação; (*Chapa Seta* – chapa de aglomerado com tanino, apresenta características impermeáveis);
4. Sarrafos para a fixação das tábuas e mata-juntas. Peças de madeira de pinus de seção $2,4\text{ cm} \times 5\text{ cm}$, fixadas na chapa intermediária para a fixação do revestimento externo;
5. Tábuas peças de madeira de pinus de seção $2,2\text{ cm} \times 12\text{ cm}$ tratadas, ajustadas e fixadas no canteiro após a montagem dos painéis;

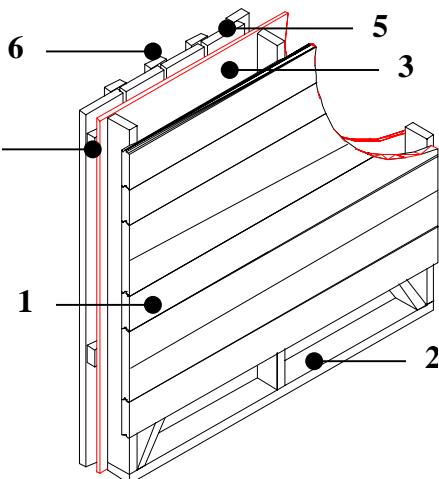


Figura 2 Composição da parede
Sistema de Vedação Painel
Colchão de Ar

6. Mata-juntas peças de madeira de pinus de seção 1,6 cm x 5 cm tratadas, ajustadas e fixadas no canteiro após a montagem dos painéis.

B. Sistema de Vedação Painel Terra Palha Monolítico é composto por componente-ossatura preenchido com terra palha moldada *in loco*, rebocado internamente e externamente em tábua mata-junta. A ossatura é composta de três montantes (2,4 x 10 x 234,9 cm), duas travessas principais (2,4 x 10 x 99,7 cm), oito baguetes (peças verticais 2,4 cm x 2,5 cm x 234,9 cm) e dez travessas internas (2,2 cm x 2 cm x 46,1 cm). As Figuras 4 e 5 mostram as camadas que compõem a parede.

1. Revestimento interno argamassa de areia, solo (40% de argila) e cal executada no canteiro de obras;

2. Ossaturas elemento estruturador dos painéis composto por peças de madeira de pinus de seção 2,4 cm x 10 cm, pré-fabricadas em usina;

3. Terra Palha Monolítica terra palha executada *in loco*, espessura de 10 cm;

4. Sarrafos para a fixação das tábuas e mata-juntas Peças de madeira de pinus de seção 2,4 cm x 5 cm, fixadas na chapa intermediária para a fixação do revestimento externo;

5. Tábuas peças de madeira de pinus de seção 2,2 cm x 12 cm tratadas, ajustadas e fixadas no canteiro após a montagem dos painéis;

6. Mata-juntas peças de madeira de pinus de seção 1,6 cm x 5 cm tratadas, ajustadas e fixadas no canteiro após a montagem dos painéis.

C. Sistema de Vedação Painel Terra Palha Bloco é composto pelo componente-ossatura preenchido com blocos de terra palha pré-fabricados, acrescidos de lambris pelo lado interno e tábua mata-junta pelo lado externo. A ossatura é composta de três montantes (2,4 cm x 10 cm x 234,9 cm), duas travessas principais (2,4 cm x 10 cm x 99,7 cm) e quatro baguetes (peças verticais 2,4 cm x 2,5cm x 234,9 cm). As Figuras 6 e 7 mostram as camadas que compõem a parede.

1. Revestimento interno (espessura 2,5 cm) argamassa de areia, solo (40% de argila) e cal executada no canteiro de obras; mais a tela metálica sobre os montantes;

2. Ossaturas elemento estruturador dos painéis composto por peças de madeira de pinus de seção 2,4 cm x 7,5 cm, pré-fabricadas em usina;

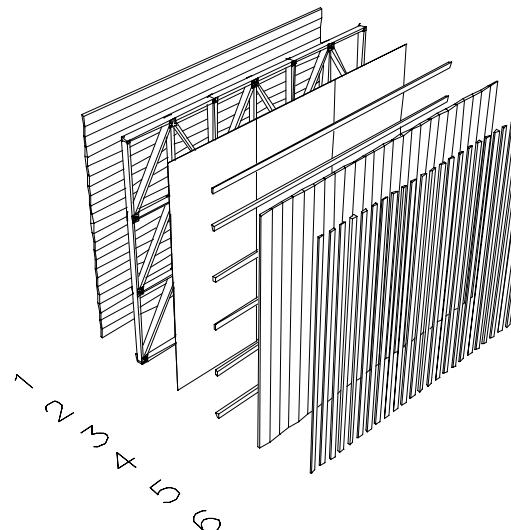


Figura 3 Composição da parede
Sistema de Vedação Painel
Colchão de Ar

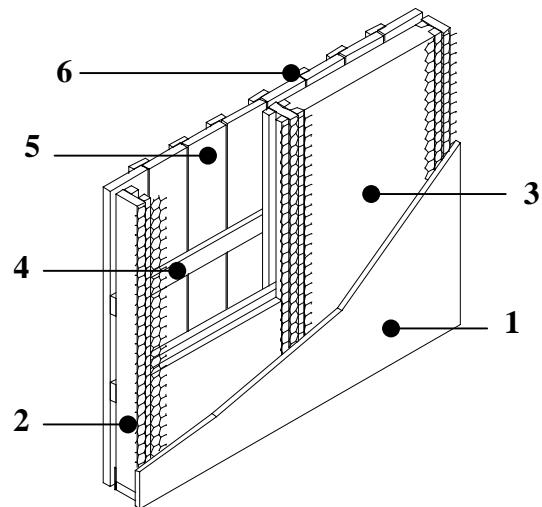


Figura 4 Composição da parede
Sistema de Vedação Painel
Terra palha Monolítico

3. Blocos de Terra Palha blocos de terra palha pré-fabricados, com dimensões 7,5 cm x 30 cm x 45 cm, assentados no canteiro;
4. Sarrafos para a fixação das tábuas e mata-juntas peças de madeira de pinus de seção 2,4 cm x 5 cm, fixadas na chapa intermediária para a fixação do revestimento externo;
5. Tábuas peças de madeira de pinus de seção 2,2 cm x 12 cm tratadas, ajustadas e fixadas no canteiro após a montagem dos painéis;
6. Mata-juntas peças de madeira de pinus de seção 1,6 cm x 5 cm tratadas, ajustadas e fixadas no canteiro após a montagem dos painéis

As ligações das peças que constituem o componente ossatura são feitas por intermédio de chapas com dentes estampados (*Gang Nail*). O restante das ligações do painel colchão de ar é feita com pregos. Nas ossaturas do painel terra palha monolítico e terra palha bloco, somente as ligações entre montantes e travessas são feitas por intermédio de chapas com dentes estampados as demais ligações, tanto das peças que compõem a ossatura quanto das outras peças que compõem os painéis terra palha bloco e monolítico, são feitas com pregos.

3. ETAPAS PRODUTIVAS

Para uma melhor caracterização do processo de produção, bem como, do levantamento dos custos dos sistemas de vedação desenvolvidos, a produção foi dividida em duas grandes etapas, a Pré-fabricação e a Montagem em Canteiro, com as respectivas sub-etapas produtivas.

A Tabela 1 apresenta o seu fluxo contendo estas divisões para as três tipologias estudadas

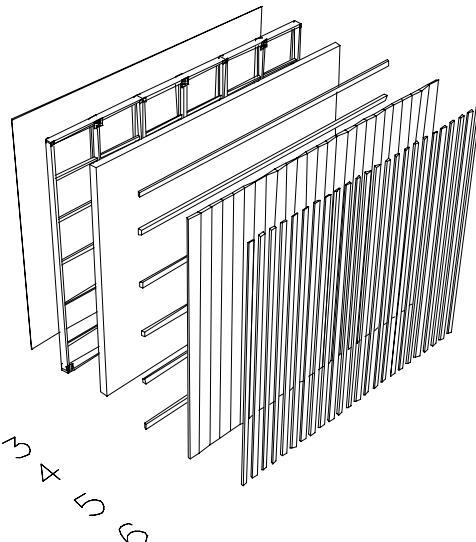


Figura 5 Composição da parede
Sistema de Vedação Painel
Terra palha Monolítico

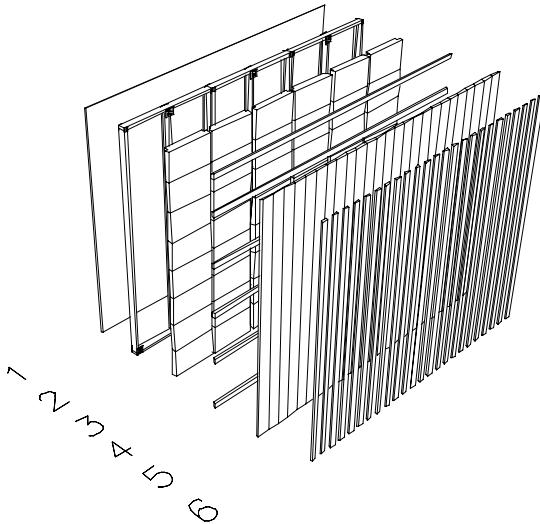
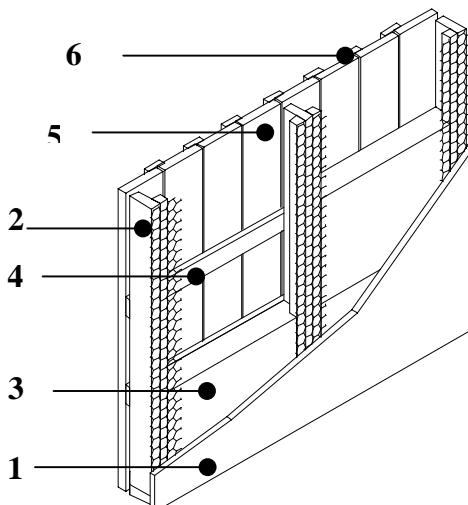


Figura 6 e 7 Composição da parede
Sistema de Vedação Painel
Terra palha Bloco

Tabela 1 Fluxo de Produção dos Sistemas de Vedação Painel Colchão de Ar, Painel Terra palha Monolítico e Painel Terra palha Bloco

Etapa de Pré-fabricação			
Tipologia	Sistema de Vedação Painel Colchão de Ar	Sistema de Vedação Painel Terra palha Monolítico	Sistema de Vedação Painel Terra palha Bloco
S u b e t a p a	USINAGEM	USINAGEM	USINAGEM
	CONFECÇÃO DA OSSATURA	CONFECÇÃO DA OSSATURA	CONFECÇÃO DA OSSATURA
	TRATAMENTO	TRATAMENTO	TRATAMENTO
		PRODUÇÃO DE TERRA PALHA	PRODUÇÃO DE TERRA PALHA
			CONFECÇÃO DE BLOCOS
Etapa de Montagem em Canteiro			
Tipologia	Sistema de Vedação Painel Colchão de Ar	Sistema de Vedação Painel Terra palha Monolítico	Sistema de Vedação Painel Terra palha Bloco
S u b e t a p a	FIXAÇÃO DAS OSSATURAS	FIXAÇÃO DAS OSSATURAS	FIXAÇÃO DAS OSSATURAS
		PREENCHIMENTO DAS OSSATURAS COM TERRA PALHA	PREENCHIMENTO DAS OSSATURAS COM BLOCO DE TERRA PALHA
	TRATAMENTO	TRATAMENTO	TRATAMENTO
	USINAGEM DAS PEÇAS DE ACABAMENTO	USINAGEM DAS PEÇAS DE ACABAMENTO	USINAGEM DAS PEÇAS DE ACABAMENTO
	REVESTIMENTO EXTERNO	REVESTIMENTO EXTERNO	REVESTIMENTO EXTERNO
	REVESTIMENTO INTERNO	REVESTIMENTO INTERNO	REVESTIMENTO INTERNO

A partir da sistematização das etapas de produção das três alternativas de sistema de vedação e da coleta de dados no acompanhamento da pré-fabricação e montagem em canteiro foram elaboradas planilhas de quantificação dos insumos e mão-de-obra envolvidos em cada atividade para cada alternativa.

4. APROPRIAÇÃO DE CUSTOS

A metodologia utilizada para esta apropriação de custo se baseia na quantificação dos materiais e mão de obra envolvidos para cada atividade realizada nas etapas produtivas, sendo estas compostas pelas sub-etapas produtivas das tipologias estudadas.

Além do custeamento das três alternativas de vedação foi levantado o custo de parede de alvenaria de bloco cerâmico como parâmetro de referência para comparação. A Tabela 2 apresenta o custo do m^2 para as três tipologias estudadas e para parede de alvenaria.

Tabela 2 Quadro resumo dos custos de material e mão-de-obra envolvidos na produção dos sistemas de vedação

Tipologia	Resumo do Custo Total							
	Sistema de Vedação Painel Colchão de Ar		Sistema de Vedação Painel Terra palha Monolítico		Sistema de Vedação Painel Terra palha Bloco		Alvenaria	
Material	25,56	81,30%	15,36	48,93%	17,03	47,94%	9,00	25,04%
Mão de Obra	5,88	18,70%	16,03	51,07%	18,49	52,06%	26,94	74,96%
Custo total / m² de parede	R\$ 31,44		R\$ 31,39		R\$ 35,52		R\$ 35,94	

O custo por m² para as três tipologias de sistema de vedação estudadas, Painel Colchão de Ar, Painel Terra palha Monolítico e Painel Terra palha Bloco estão na mesma faixa de valor que o de parede de Alvenaria de 10 cm em tijolo cerâmico furado.

Na composição do custo de m² de parede dos Sistemas de Vedação Painel Terra palha Monolítico e Terra palha Bloco os valores de mão-de-obra e material se equilibram, respectivamente 48,93% material, 51,07% m.o e 47,94% material e 52,06% m.o. No custo do Sistema de Vedação Painel Colchão de Ar, o maior valor incide sobre o material (81,30%), este mesmo comportamento pode ser observado, de maneira inversa, para o custo do m² de parede de alvenaria onde o maior valor incide sobre a mão-de-obra (74,96%).

No Sistema de Vedação Painel **Colchão de Ar**, o custo elevado de material é decorrente do volume de madeira utilizado, quase o dobro, comparado com os sistemas de vedação Painel Terra palha Bloco e Terra palha Monolítico, sendo resultado do desenho das ossaturas que possui diagonais e também da utilização de madeira no revestimento interno. Com relação aos Sistemas de Vedação Terra palha **Monolítico** e Terra palha **Bloco**, o custo de material por m² é relativamente baixo, por utilizar volume de madeira reduzido em função do desenho da ossatura e pelo baixo custo dos materiais utilizados no preenchimento das ossaturas (palha e solo) e revestimento interno (argamassa de cal+ solo+areia).

Em relação ao custo de mão-de-obra, o Sistema de Vedação Painel Colchão de Ar, apresenta valores reduzidos em comparação com o sistema convencional. Sua produção é significativamente mais rápida, pelo fato de que as dimensões utilizadas agilizam a execução do fechamento do vão da parede.

O custo de mão-de-obra para os Sistemas de Vedação Terra palha Monolítico e Terra palha Bloco apresenta valores elevados em comparação com o Sistema de Vedação Painel Colchão de Ar. Apesar da modulação utilizada agilizar a execução do fechamento do vão de parede como no caso do Painel Colchão de Ar, a produção de terra palha e confecção de blocos demandou uma grande quantidade de homens-hora onerando assim o custo final. Mesmo assim comparando com o custo de mão-de-obra de parede de alvenaria apresenta valores inferiores, que poderiam ser ainda menores se introduzir a mecanização na produção de terra palha (essência, mistura e bloco).

O custo do material para os sistemas de vedação Painel Terra palha Monolítico e Terra palha Bloco é praticamente o dobro se comprados com o de alvenaria e quase três vezes maior para o Sistema Painel Colchão de Ar. Algumas considerações poderiam ser comentadas: os materiais empregados em parede de alvenaria contam com um mercado

bem estabelecido com indústria difundida com equipamentos e infra-estrutura próprios e adequados que permitem uma produção em série, com custo enxuto; a espessura de parede de alvenaria utilizada na apropriação do custo é de 10 cm, enquanto que para os Sistemas de Vedaçāo Painel Colchão de Ar, Painel Terra palha Monolítico e Terra palha Bloco é de 14,6 cm e 17,1 cm respectivamente, o que provavelmente se reflete no seu desempenho termo-acústico a favor dos sistemas estudados; o consumo energético na produção dos materiais convencionais para vedação é significativamente maior. Segundo Kronka (1998), para uma construção convencional que utiliza materiais como bloco, cimento e ferro é 8 vezes maior que para uma construção que utiliza madeira conjugada com outros materiais para vedação.

5. CONSIDERAÇĀES FINAIS

A sistematização das etapas de produção e os indicativos de custo obtidos para as tipologias de vedação estudadas são informações que permitem a análise comparativa em relação a outras experiências construtivas, alguns aspectos podem ser comentados aqui em relação ao sistema de vedação:

Segundo MASCARÓ (1998), as paredes ou planos verticais, na composição de custos de uma edificação chegam representar 45% do custo total de uma edificação, dependendo de tipo de materiais, componentes e sistemas construtivos empregados na construção, o que indica uma significativa participação deste sub-sistema na composição de custo de uma casa, assim variando o custo final por m² de uma edificação;

A introdução de materiais e técnicas construtivas, como a madeira de reflorestamento e a terra crua, na produção de vedação podem se apresentar como alternativas econômicas, além de serem mais adequadas do ponto de vista ambiental em relação aos materiais convencionais que despendem maior consumo de energia para sua produção.

As alternativas estudadas apresentam viabilidade econômica e técnica como proposta para uso em habitação social, necessitando para tanto de um planejamento e gerenciamento da cadeia de produção que considerem as condições locais de disponibilidade de materiais, e da infra-estrutura com equipamentos adequados e lay-out otimizado, não havendo a necessidade de uma mão de obra tão especializada, com pequeno treinamento terá uma equipe compatível com a necessidade produtiva. Os resultados apresentados aqui neste trabalho abrem perspectiva para a utilização de materiais como madeira e terra palha como solução alternativa para construção de habitação, com qualidade e custo compatível atendendo também a redução de uso excessivo de energia durante o processo de produção dos materiais de construção.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KRONKA, R. C. Impacto e consumo energético embutido em materiais de construção – técnicas construtivas. Dissertação (Mestrado) Instituto de Eletrotécnica e Energia, USP. São Paulo, 1998.

MASCARÓ, J. L. O custo das decisões arquitetônicas. Sagra Luzzatto. Porto Alegre,. 1998.