

A ALTERNATIVA COM ENERGIA ALTERNATIVA



Santarém/Brasil

Pat. Reg. BR9303302-A

SECADOR SOLAR DE MADEIRA

Um Manual de Construção e Operação

elaborado por Roland E. Vetter

Manaus Dezembro 2006

CONTEUDO

Introdução	2
Apresentação	3
Características	4
Funcionamento	6
Construção	7
Planta baixa	8
Lista de material	9
Fornecedores	11
Ferragem	12
Paredes laterais	13
Parede central	19
Instalação elétrica	21
Laje	22
Dutos de ar	23
Outros detalhes	24
Teto falso	25
Coletor solar	26
Confecção das vigas	27
Colocação das vigas	28
Colocação do vidro	30
Operação	33
Empilhamento	33
Controle de secagem	35

INTRODUÇÃO

A secagem da madeira é um processo fundamental para o desenvolvimento da indústria de produtos madeireiros, uma vez que é praticamente impossível se obter produtos de boa qualidade se a madeira utilizada não é seca adequadamente.

No setor madeireiro da região Amazônica, uma das mais graves deficiências observadas encontra-se na parte de secagem da madeira, pois são praticamente desconhecidos os processos racionais e eficientes de eliminação de água da madeira.

O alto custo dos secadores de madeira existentes no mercado têm sido apontado pelos pequenos e médios empresários como fator limitante para a aquisição dos mesmos. Atualmente, cerca de somente 5% das empresas do setor madeireiro possuem secadores para madeira na região de Manaus.

Embora alguns esforços tenham sido realizados para secar-se madeira ao ar livre, as condições climáticas impostas pela região não possibilitam os níveis de umidade exigidos para que a madeira possa destinar-se a exportação ou na fabricação de produtos que exijam beneficiamentos mais refinados, como na fabricação de moveis ou na exportação de portas.

APRESENTAÇÃO

Secadores solares, devido ao seu baixo custo, fácil construção e operação, apresentam-se atualmente como uma boa alternativa para resolver o problema da secagem de madeira na região amazônica que, como o resto do país, é privilegiada em termos de energia solar.

Especialmente para as micro empresas que não dispõem de capital para investir na compra de um secador convencional, essa tecnologia pode ser uma opção imediata.

Em vista disso, o INPA/CPPF elaborou o presente trabalho com o objetivo de fornecer aos empresários da indústria madeireira regional as informações técnicas e práticas necessárias para a construção e operação de um secador solar de pequeno porte.

As recomendações fornecidas nesse trabalho são produto de experiências realizadas com mais de 20 Secadores Solares de Madeira do INPA/CPPF que estão operando na Amazônia brasileira e peruana, em Costa Rica e na Malásia.

Contato via Internet: email: info@secadorsolar.com

homepage: www.secadorsolar.hpg.ig.com.br/index.html

Equipe do INPA:

Roland Ernst Vetter

Antonio do Nascimento Morais

Ray Claise do Nascimento

CARACTERÍSTICAS

Este secador foi dimensionado para secar 5 a 8 metros cúbicos (3.5 a 6.5 toneladas) de madeira serrada. Na construção não pode aumentar aleatoriamente o seu tamanho para secar um volume maior de madeira, por que isso pode comprometer o desempenho.

O componentes principais do Secador Solar de Madeira são a CÂMARA DE SECAGEM, os VENTILADORES, o COLETOR SOLAR e, os DUTOS DE AR e as ABERTURAS DE RENOVAÇÃO DE AR.

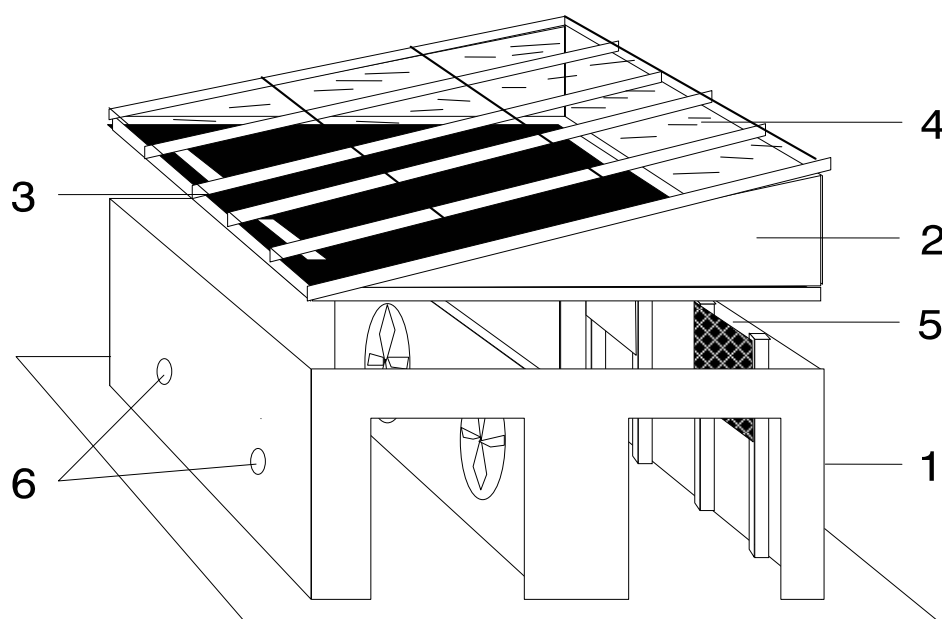
A CÂMARA DE SECAGEM mede por dentro 4.70 m x 4.70 m x 2.20 m. A capacidade dela depende das dimensões das tábuas e da espessura dos separadores. A câmara é dividida em dois compartimentos pela parede central. Dois VENTILADORES axiais com diâmetro das hélices de 100 cm cada são instalados na parede central. Cada ventilador está sendo movido direto através de um motor de 0,5 cv trifásico 6 polos com rotação de 1200 rpm.

O COLETOR SOLAR é de tipo simples achatado usando a laje de concreto da câmara, pintado de preto, como absorvedor. A cobertura do coletor consiste de chapas de vidro de 4mm de espessura e funciona no mesmo tempo como telhado. Uma camada de carvão vegetal é distribuída sobre a laje para aumentar a área de absorção e para provocar turbulências que resultam no melhor desempenho na troca de calor.

Os DUTOS DE AR conduzem o ar entre o coletor solar e a câmara de secagem. Eles são construídos como a parte interna das paredes laterais.

As ABERTURAS DE RENOVAÇÃO DE AR permitem a troca de ar úmido saindo da câmara de secagem por ar mais seco de fora. Em cada das duas paredes laterais tem duas aberturas de 25 cm de diâmetro.

CARACTERÍSTICAS

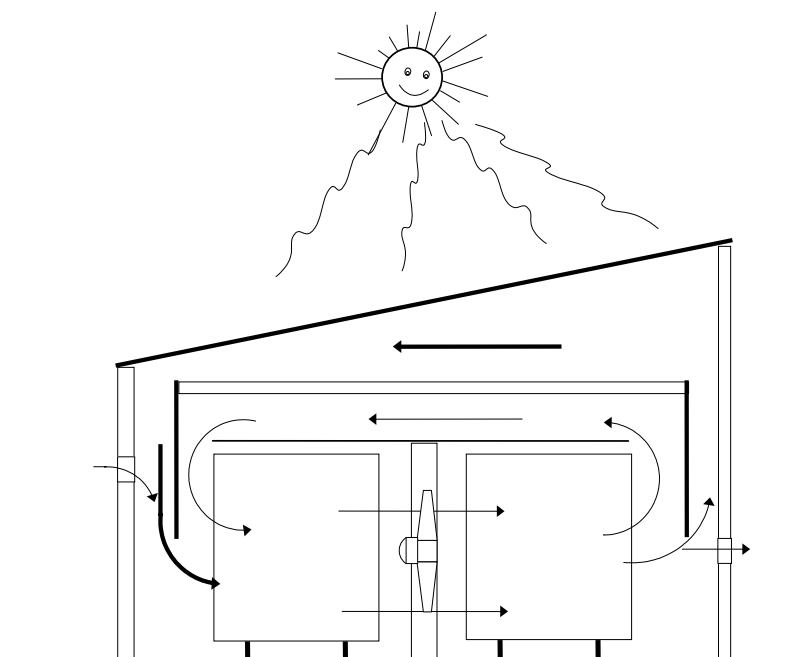


- 1 Câmara de secagem
- 2 Coletor solar
- 3 Absorvedor de calor (carvão vegetal)
- 4 Cobertura de chapas de vidro
- 5 Dutos p/circulação entre coletor e câmara
- 6 Aberturas p/renovação do ar no secador

FUNCIONAMENTO

O Secador Solar de Madeira funciona da seguinte maneira:

Durante o dia, o sol aquece o ar dentro do coletor solar. Este ar quente é forçado pelos ventiladores através das pilhas de madeira retirando assim a umidade. A umidade é conduzida através das aberturas de renovação de ar para fora da câmara de secagem. Durante a noite as aberturas estão fechadas, os ventiladores estão desligados e o calor está sendo mantido dentro da câmara devido ao isolamento dela.

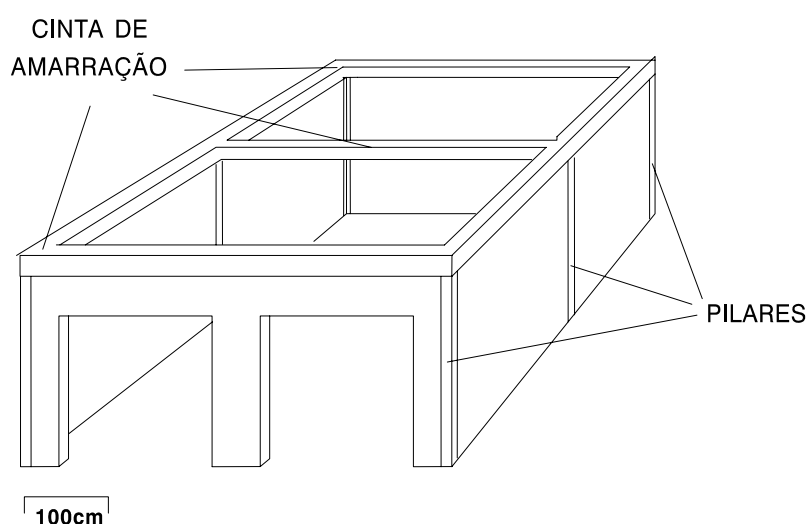


CONSTRUÇÃO

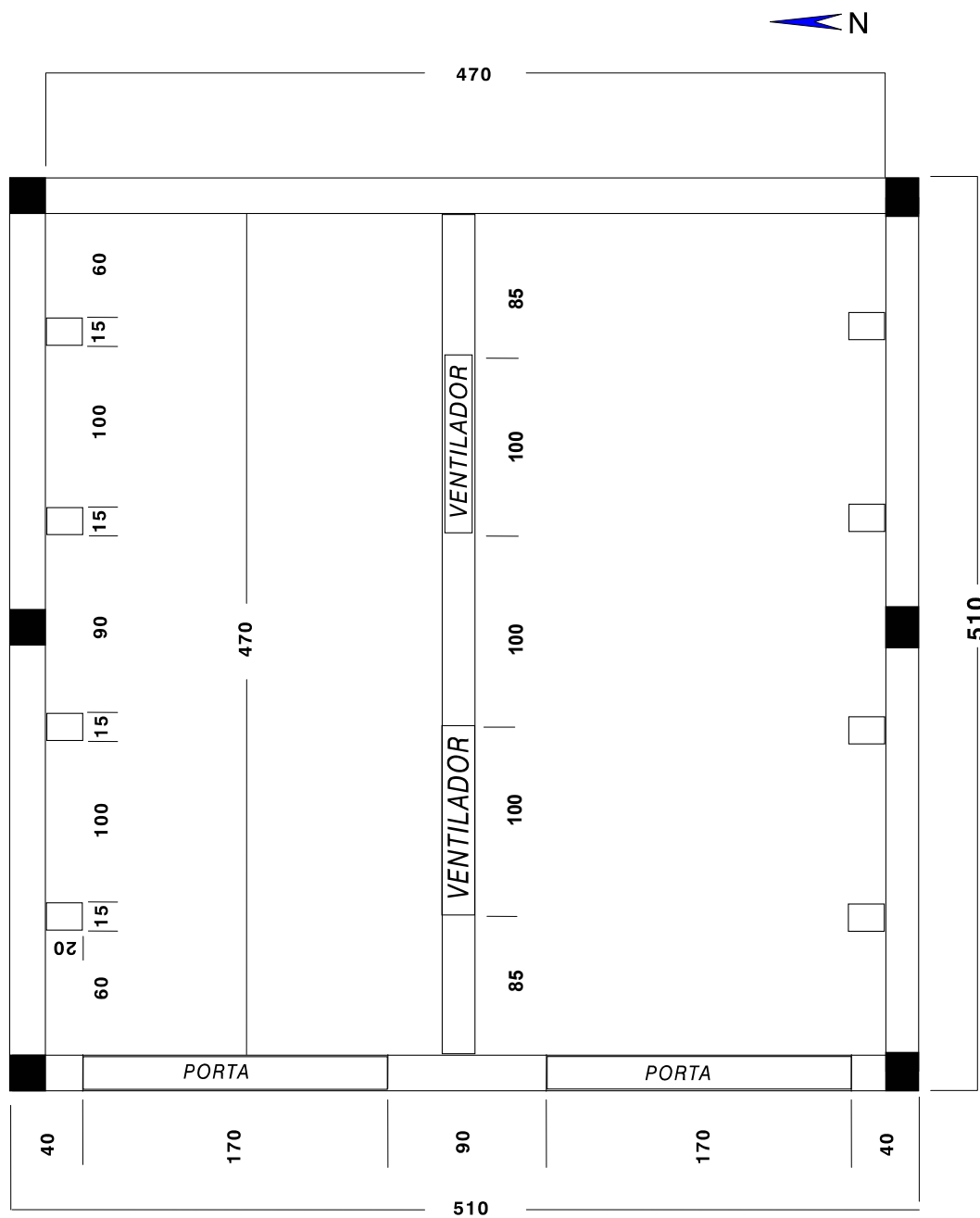
É necessário uma ÁREA de aproximadamente 10m x 10m para a construção. A área deve ser completamente livre. Não poderá ser próximo à árvores ou construções que obstruam os raios solares sobre o teto do secador durante qualquer parte do dia.

A FUNDAÇÃO é de concreto. Deve ter uma profundidade mínima de 50cm por 30cm de largura. A base deve suportar 12 toneladas. A fundação do meio é a base para a parede central. Seis bases, 40cm x 40cm cada, devem ser preparados para os pilares de concreto reforçado.

A CÂMARA DE SECAGEM, basicamente, é construído como uma casa comum pequena de alvenaria fortificada através de seis pilares de concreto (15cm x 20cm x 180cm) e uma cinta de amarração (15cm x 20cm) no topo das paredes. A altura total das paredes, incluindo a cinta de amarração, é de 220 cm. As paredes tem uma espessura de 15 cm a 20 cm (dependendo dos tijolos usados) e devem ser construídos com tijolos de seis ou oito furos de produção local.



PLANTA BAIXA



CONSTRUÇÃO BÁSICA

Fundação

A quantidade do material para a construção da fundação depende muito da área onde o secador será construído (tipo de solo, inclinação, acesso, etc.). Deve ficar nas seguintes margens:

1. pedra em bloco	2-5 m ³
2. seixo	2-5 m ³
3. areia	2-5 m ³
4. cimento	300-1200 kg

Alvenaria

5. seixo	3 m ³
6. areia	3 m ³
7. tijolos (20 x 20 x 10 cm)	2000 unidades
8. cimento	1200 kg

FERRO (para pilares e cintas)

9. 5/16" diametro (200 m)	85 kg
10. 3/16" diametro (200 m)	35 kg
11. arame	2 kg

Laje

Dependo do tipo de construção (convencional ou pré-moldada)

12. Precisa-se material para 30 m² com **10 cm de espessura**
(tem que ser re-forçada com ferro !)

Outros

13. hidro-asfalto	20 galões (80 litros)
(marca SINTECO ou FRIOASFALTO)	
14. chapa de isopor (40 mm)	8 m ²
15. chapa compensado (4 mm)	35 m ²
16. tubo de PVC (diam. 25 cm)	1 m
17. Ripões p/porta e teto falso	50 m
18. peças p/montar as portas, pregos, parafusos, cola branca, etc.	

LISTA DE MATERIAL 2

CONSTRUÇÃO DO TELHADO

Madeira (SECA !)

1. tábuas (p/viga confeccionada) 550 x 10 x 2.5 cm	12
2. ripões (p/viga confeccionada) 550 x 5 x 5 cm	6
3. vigas 550 x 10 x 8 cm	5
4. perna mancás 60 x 10 x 10 cm	2
5. tábuas (p/prender o vidro) 550 x 10 x 2.5cm	6

Vidro

6. chapas (4 mm) 120 x 97 cm	25
(pedir MATAR (lichar) OS CANTOS !)	

Outros

7. chapas de alumínio liso 600x20 cm largura	6
8. borracha em faixas 20 x 5.5mm	90 m
9. parafusos 6" x 1/4"	60
10. porcas 1/4"	100
11. arruelas	100
12. carvão vegetal (aproximadamente)	400 kg

Mais material elétrico (veja p.21)

Mais material para trilhos e carrinhos (caso desejados)

FORNECEDORES

VENTILADORES

em Manaus: Casa das Correias 2121-1500

Loja da Borracha 2126-8000 ca R\$ 1000 (maio 05)

Fora de Manaus:

Big Dutchman, Depto. de vendas

vanderleia@bigdutchman.com.br

Fone (054) 2101 5913

Homepage: www.bigdutchman.com.br

modelo: Big Climax vent. 3 pás trifas.60Hz - 05002388

quantidade: 2

diâmetro da hélice: 960 mm c/3 pás

medidas da caixa 104cm x 99cm x 54cm (altura x largura x espessura)

motor: 0.5 CV 6 polos trifásico

rotação: 1200 rpm

vazão: 300 m³/min

pressão total: 21 mmca

Prazo de entrega aprox. 20 dias

Preço/unidade CIF Caxias do Sul - RS (mai 2006): R\$ 300.00 (sem frete)



MEDIDOR ELÉTRICO para umidade da madeira

Digisystem Indústria de Sistemas Eletrônicos Ltda.

Rua Arion Niepce da Silva, 29

CEP 80610-310 – Curitiba-Paraná

Tel./Fax: (0xx41) 345-6169 ou 345-7790

digisystem@digisystemeletro.com.br

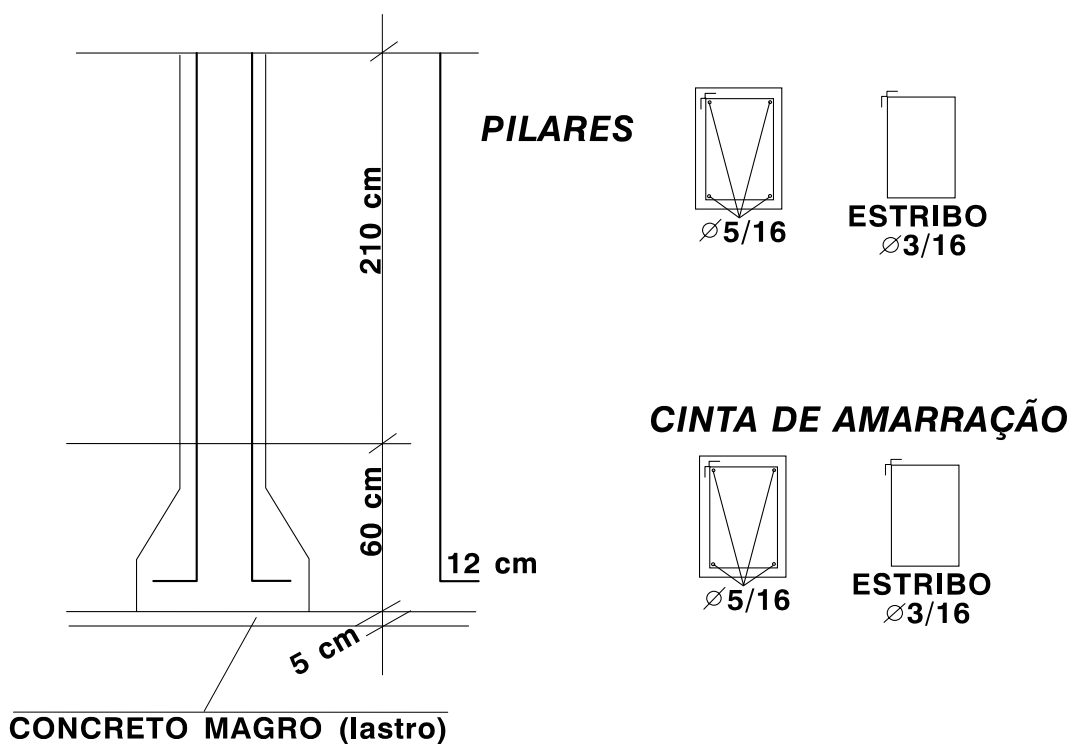
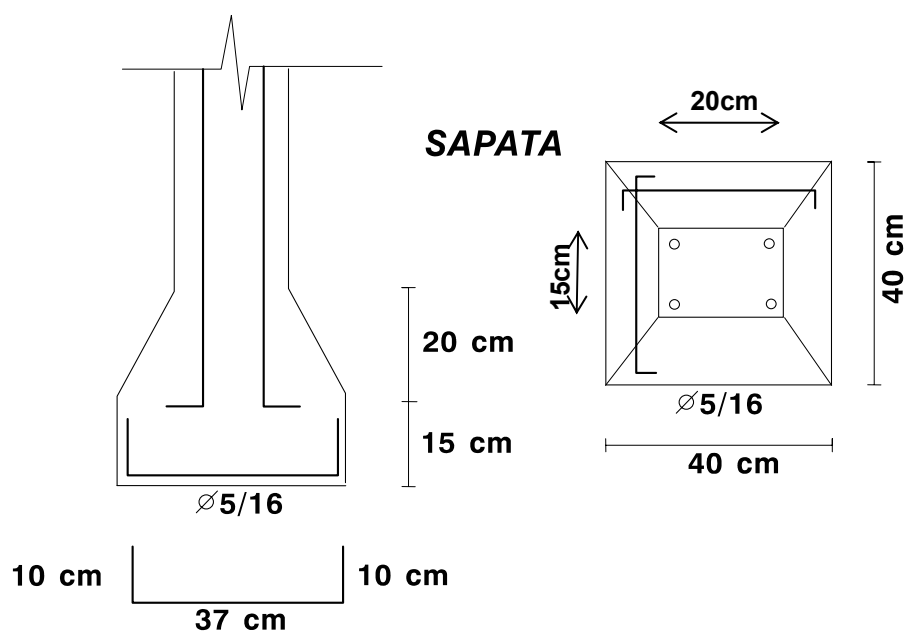
1. DLM2000M (com indicadores LED) R\$ 687,70 e

2. Martelele R\$ 370,30 (imposto incluso, sem frete, 29 set 05)

OU Estojó DL2000 (com visor digital) com Martelele R\$ 1507,65



FERRAGEM



PAREDES

As fachadas (vistas laterais) do Secador Solar de Madeira são mostradas na próxima página.

As dimensões das quatro paredes são especificadas para cada parede nas páginas seguintes.

As aberturas para as portas são na parede do oeste e tem 180 cm de altura e 170 cm de largura cada.

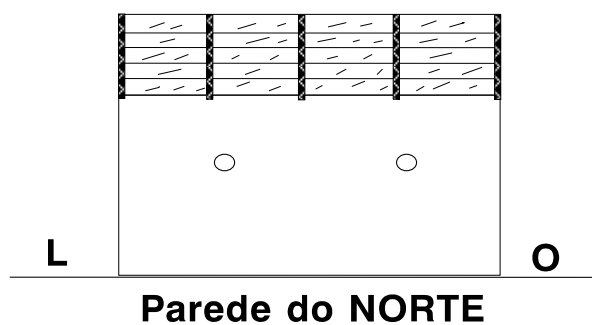
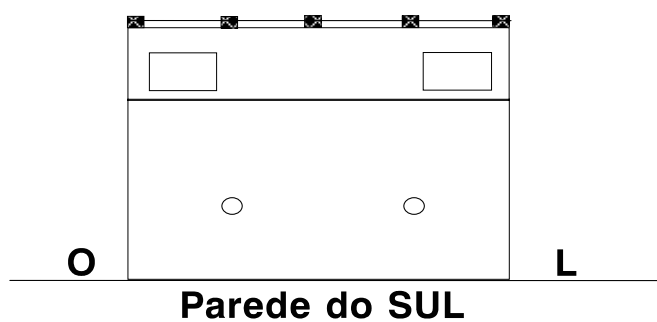
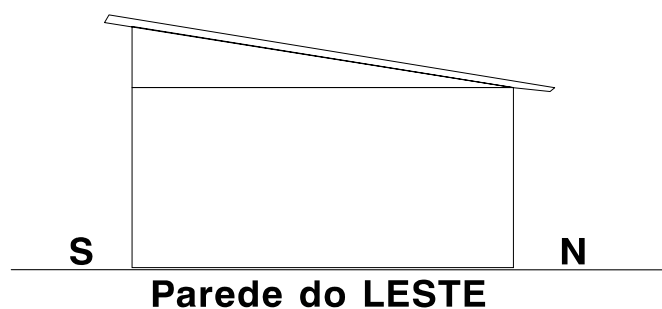
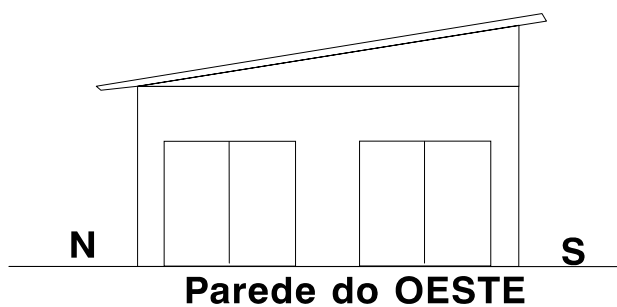
As duas aberturas para a renovação do ar ("dampers") na parede do norte e na parede do sul, respectivamente, tem 25 cm de diâmetro cada. Na parede do sul estas aberturas são numa altura de 75 cm da base da câmara de secagem e, na parede do norte numa altura de 135 cm da base.

As duas pequenas portas na parede do sul permitem o acesso para dentro do coletor.

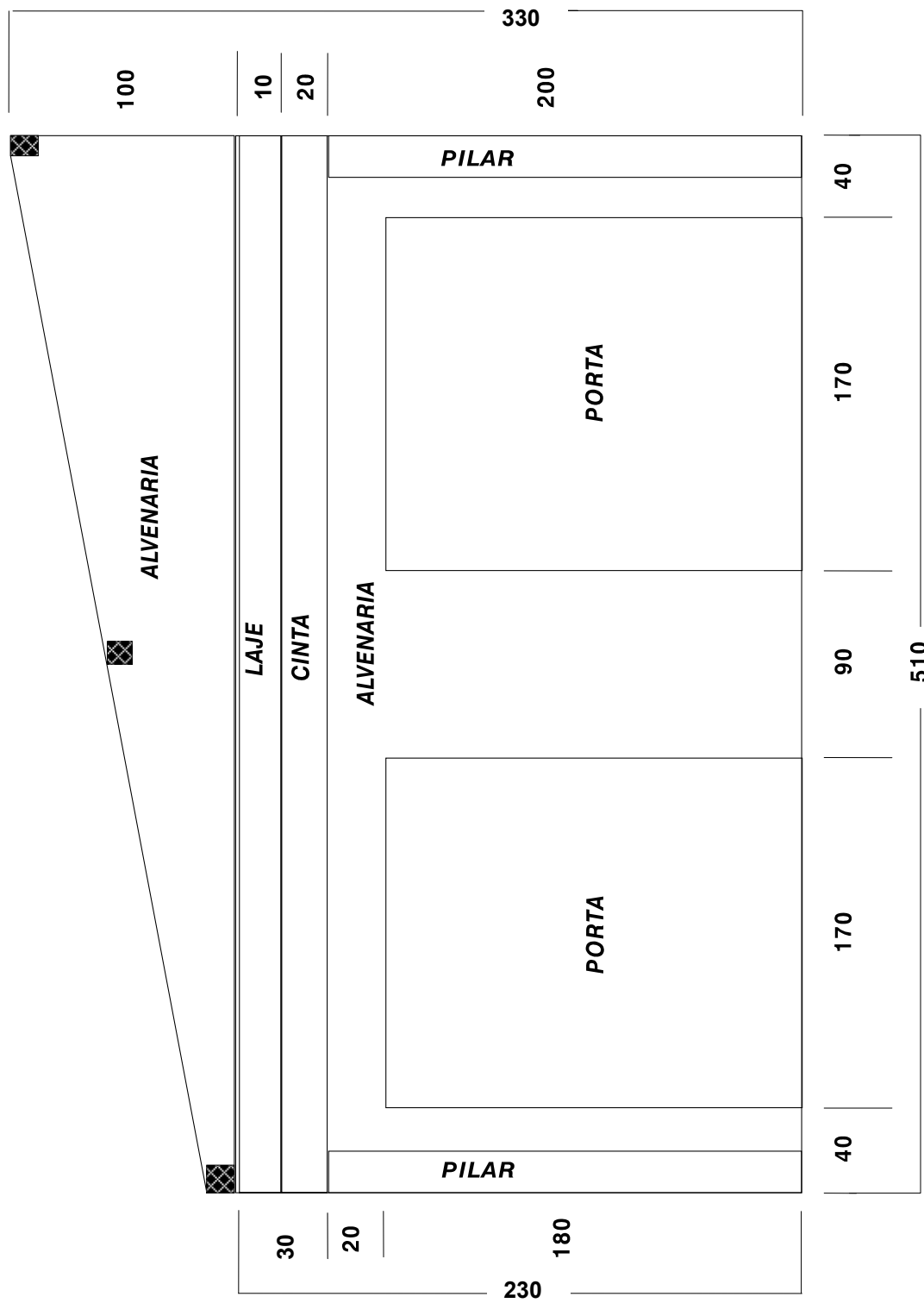


Z

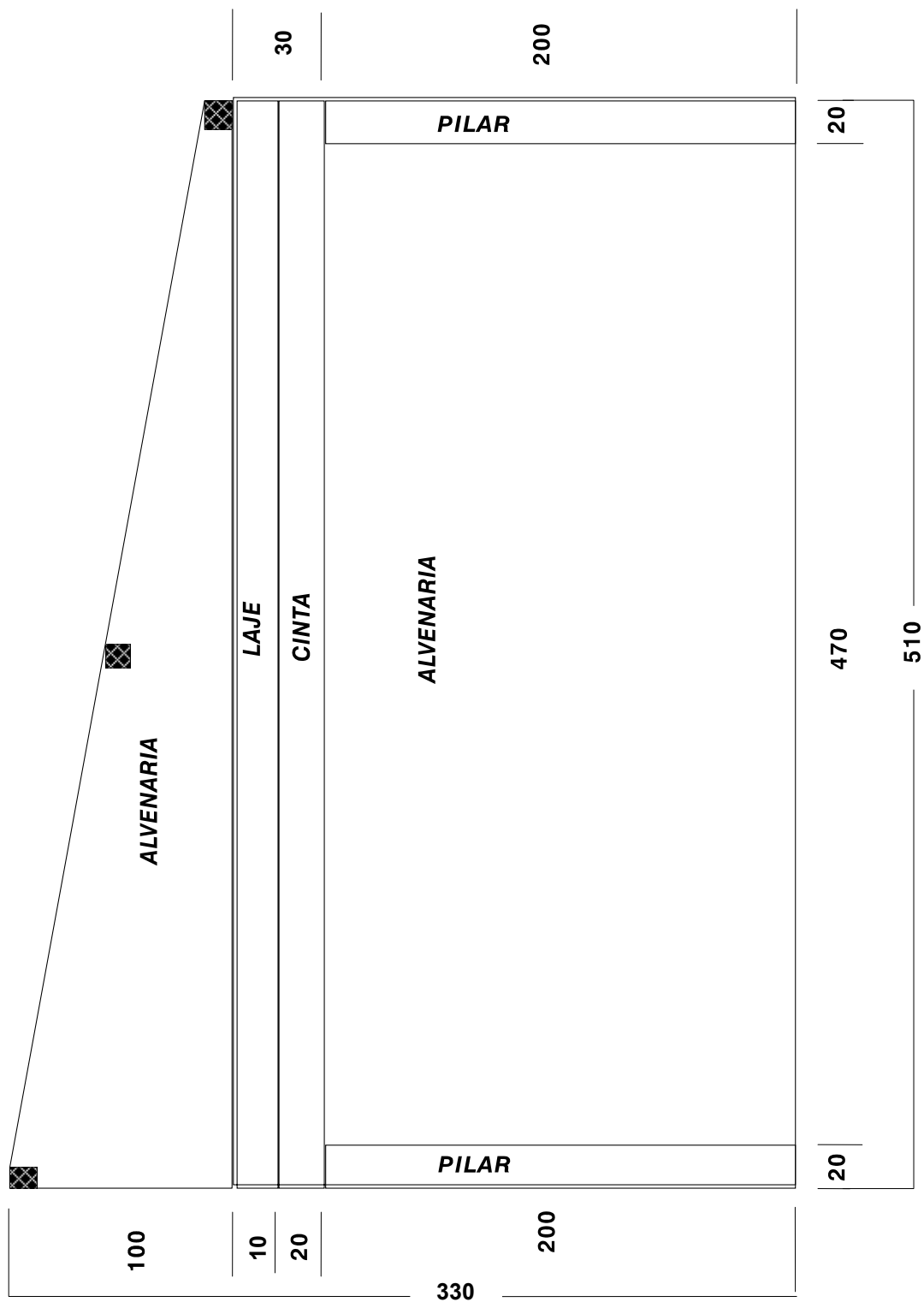
Vistas laterais do Secador Solar de Madeira



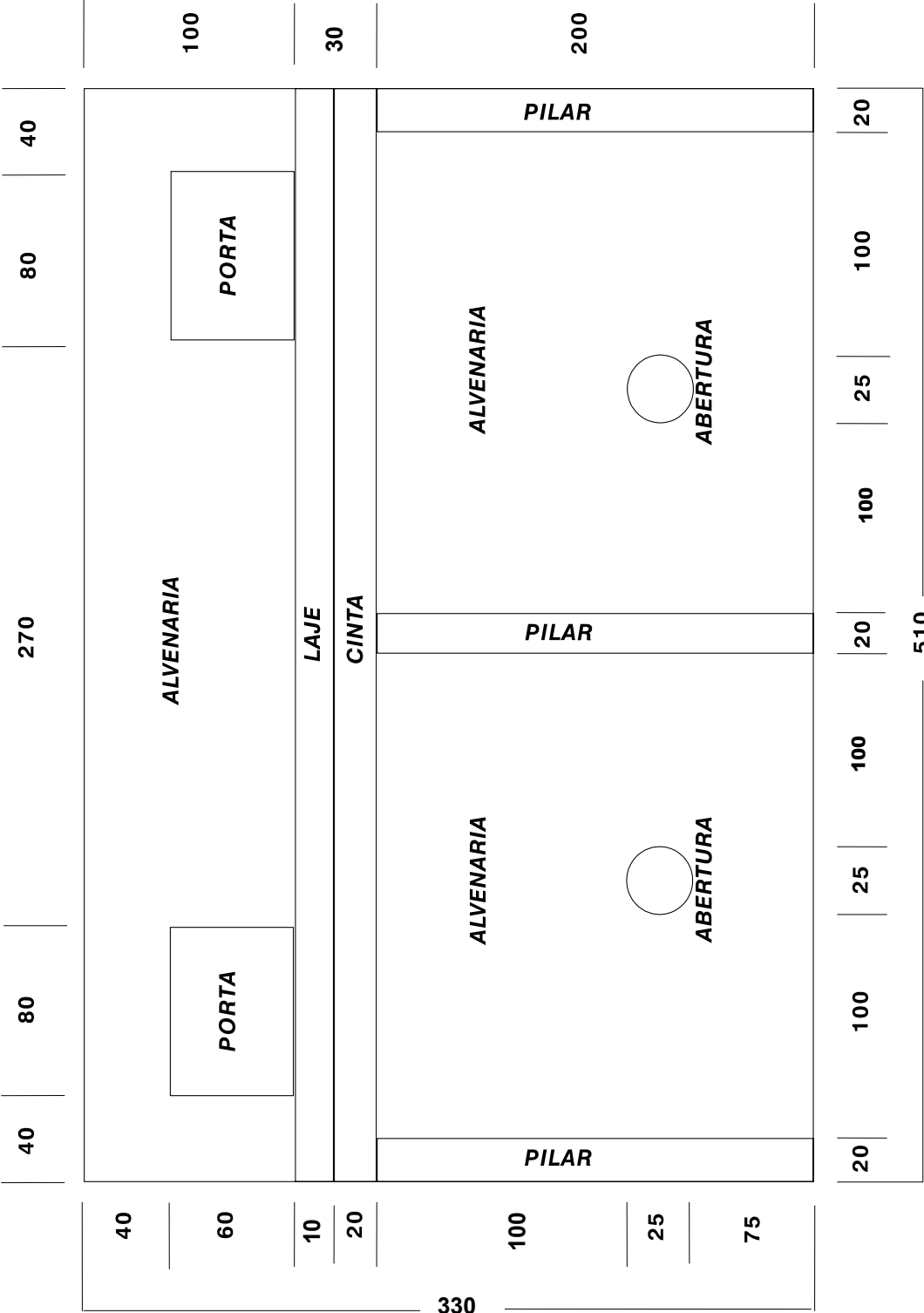
PAREDE DO OESTE



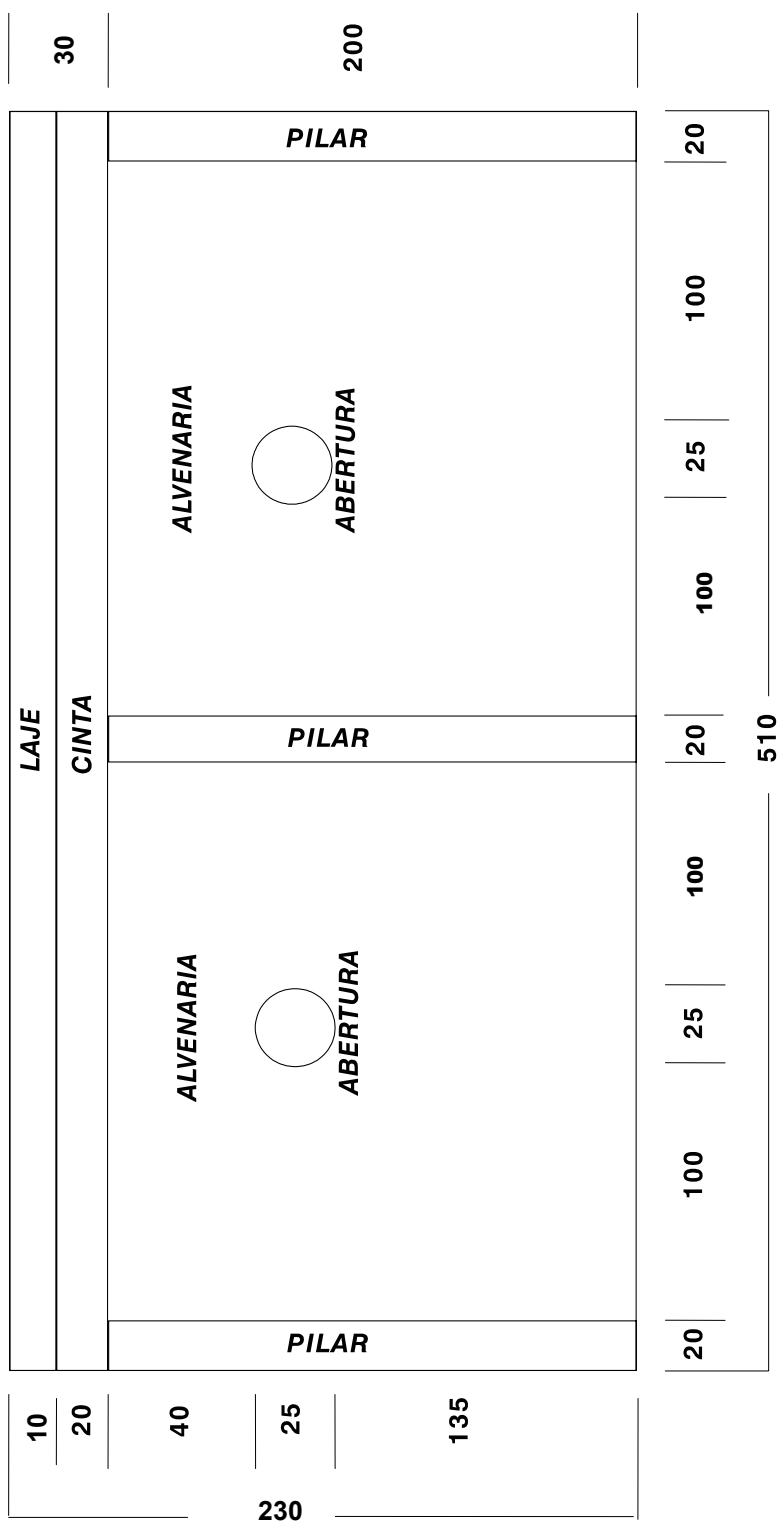
PAREDE DO LESTE



PAREDE DO SUL



PAREDE DO NORTE

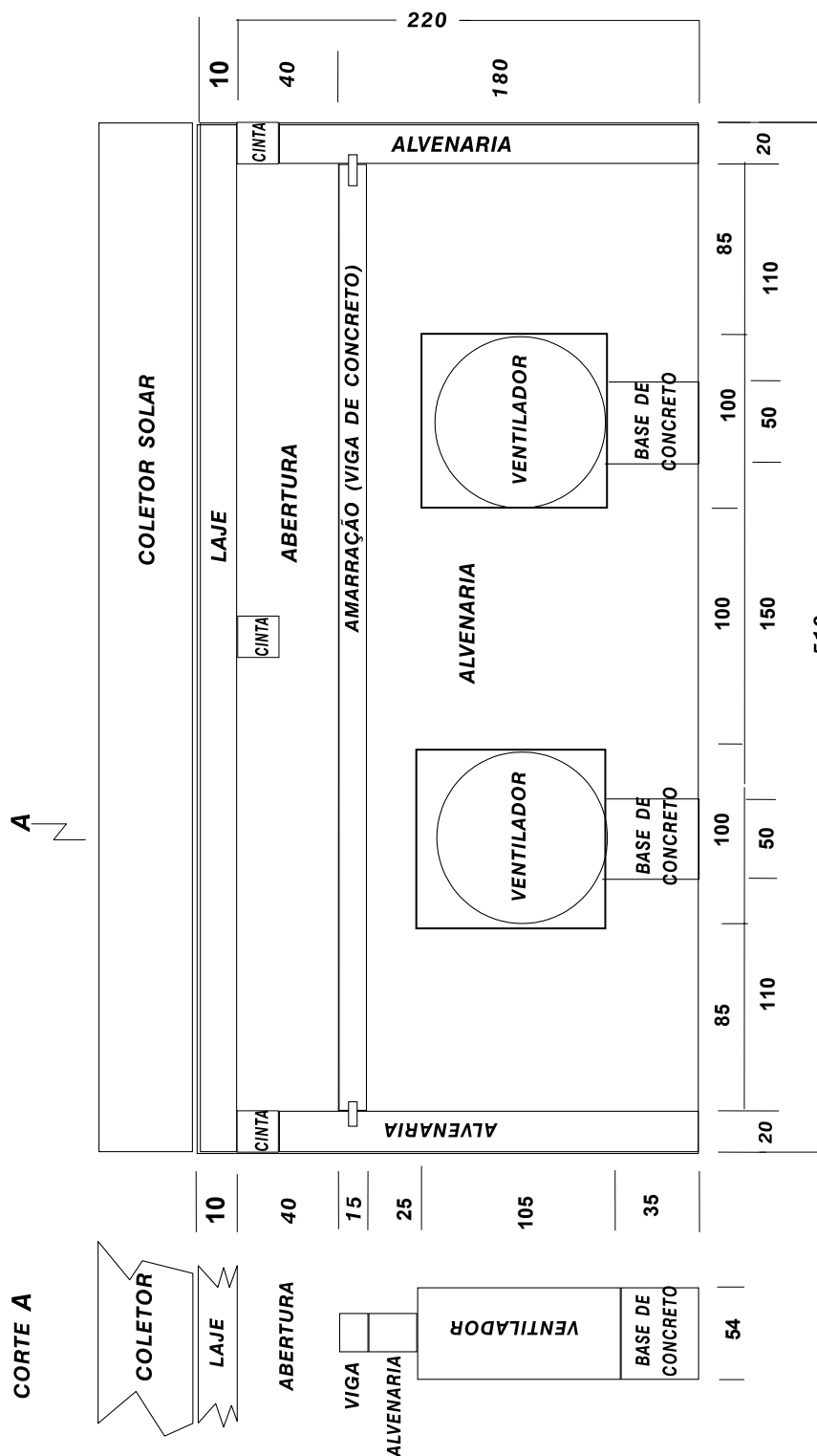


PAREDE CENTRAL

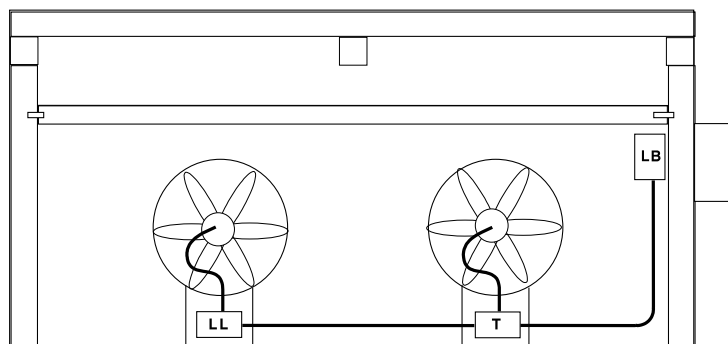
A parede central é construída também com tijolos e, é fortificada no topo dela com uma viga de concreto. Um apoio de concreto é construído para cada um dos ventiladores na base da parede central. A altura da parede central é de 180cm. A abertura que fica entre a parede central e a laje é de 40cm.

Obs.: Recomenda-se a instalação dos ventiladores durante a construção da parede central facilitando a colocação deles.

PAREDE CENTRAL

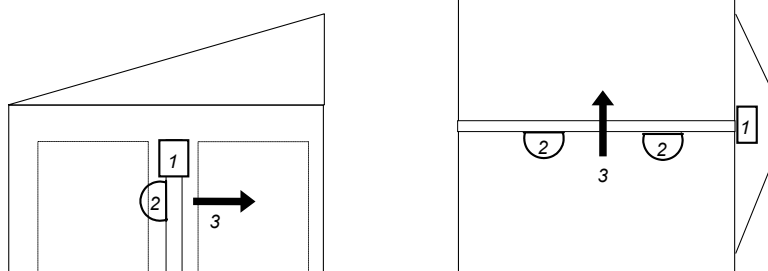


INSTALAÇÃO ELÉTRICA



MATERIAL

6m tubos 3/4"
1 curva 3/4"
2 luvas 3/4"
1 condutele 3/4" tipo T
1 condutele 3/4" tipo LL
1 condutele 3/4" tipo LB
2 buxas 3/4"
2 arruelas 3/4"
5 braçadeiras 3/4" tipo D
c/parafusos e porcas
2 buxas de redução de 3/4" para 1/2"
1m tubo flexível 1/2"
50m cabo de 2.5mm² (No.12)
2 chaves guarda motor
1 disjuntor trifásico 15A
10 buxas S8 com parafusos



1 Caixa de controle dos ventiladores
2 Posição dos motores
3 Direção do ar

LAJE

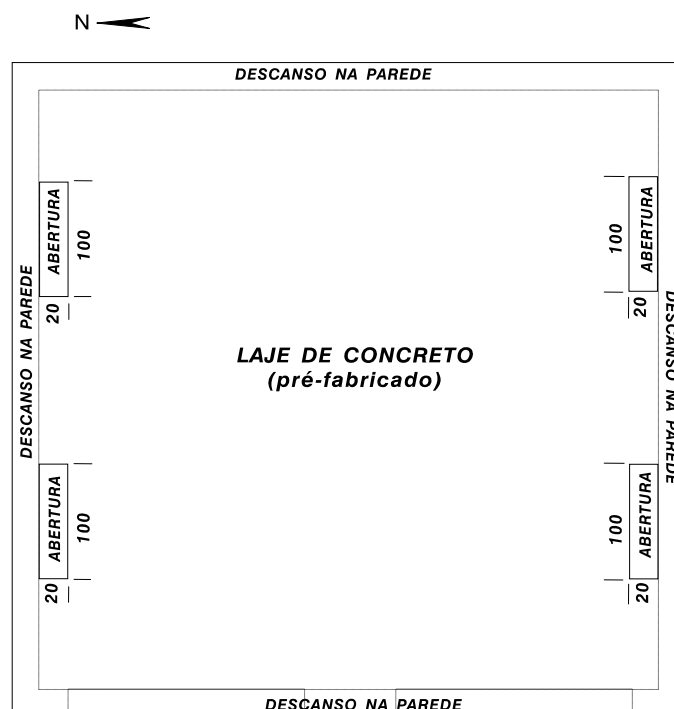
A laje é feita de elementos pré-fabricados ou forma tradicional e deve receber uma camada de concreto fortificado com rede de aço. A laje deve ter uma espessura de aproximadamente 10cm.

Quatro aberturas são deixadas na laje durante a construção dela. Estas aberturas conectam o coletor solar com a câmara de secagem e são de suma importância.

NÃO ESQUECE ESTAS ABERTURAS !

Obs.: A posição das aberturas na laje é importante. A parte externa das aberturas deve ser em linha com a parte interna das paredes da câmara de secagem.

A laje é pintada de preto com hidro-asfalto. A camada de carvão vegetal é distribuída acima da laje numa espessura de 5 a 10cm de preferência com tamanho médio de um punho. A quantidade necessária corresponde com cerca de 400 kg (dependendo muito do tipo de carvão).

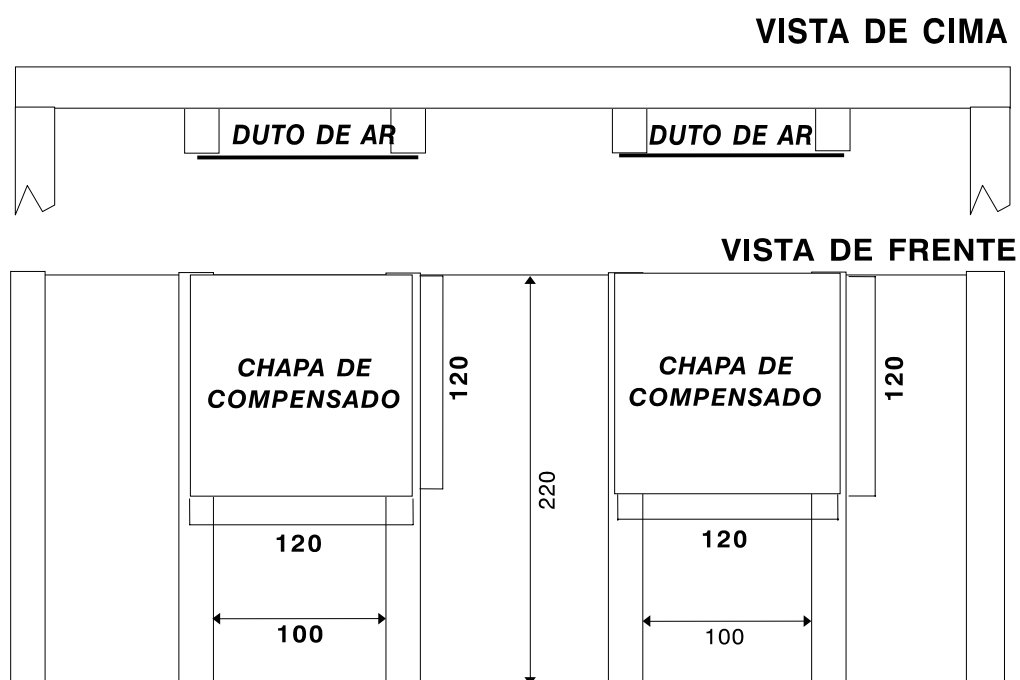


DUTOS DE AR

Os dutos de ar são construídos dentro da câmara de secagem na parede do norte e do sul, respectivamente.

O fundo dos dutos de ar é formado pela parte interior da parede da câmara de secagem. Para cada duto, as partes laterais dele são construídas com tijolos desde a base da câmara até a laje, formando pequenas paredes com 20cm de profundidade.

Para cada duto uma chapa de compensado de 4mm de espessura (120cm x 120cm) é montada na parte superior das pequenas paredes completando assim a conexão do coletor solar para a câmara de secagem e, funciona à maneira de um chaminé.



PISO

O piso da câmara de secagem é feito de uma camada de concreto e deve suportar as cargas de madeira de no máximo 4 toneladas para cada compartimento. O piso está pintado de preto (hidro-alfalto).

PAREDES

As paredes são revertidos fora e dentro com uma camada (aprox. 2cm de espessura) de chapisco (mistura de cimento com areia) normalmente aplicada na construção de casa. Elas são pintadas de preto com hidro-asfalto por fora e por dentro.

PORTAS

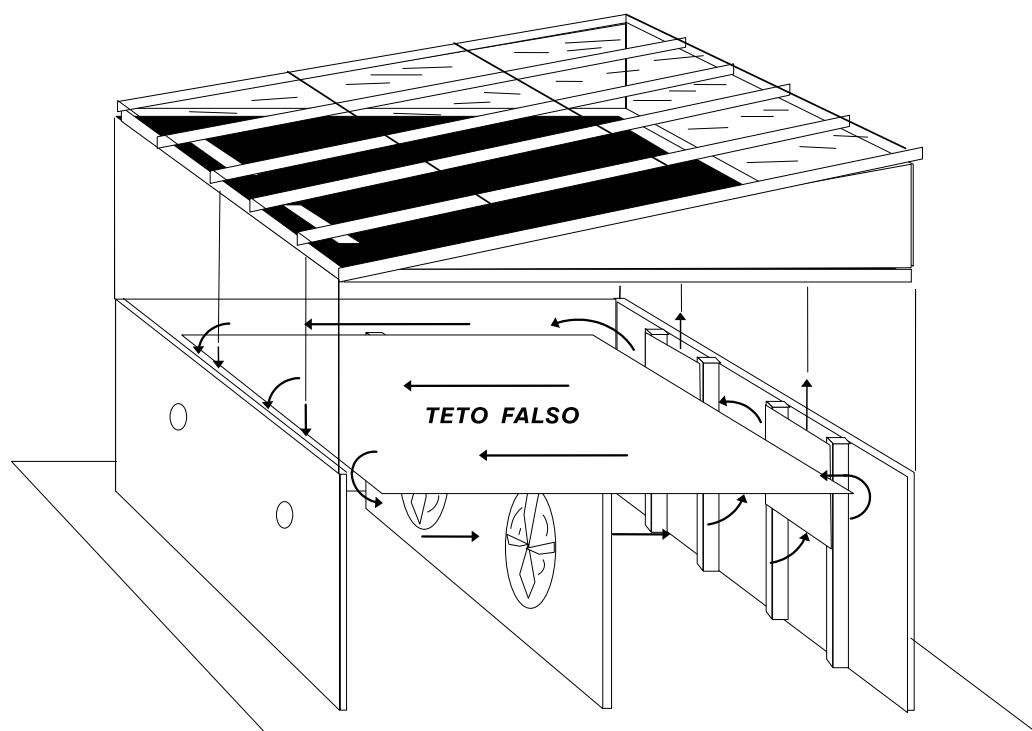
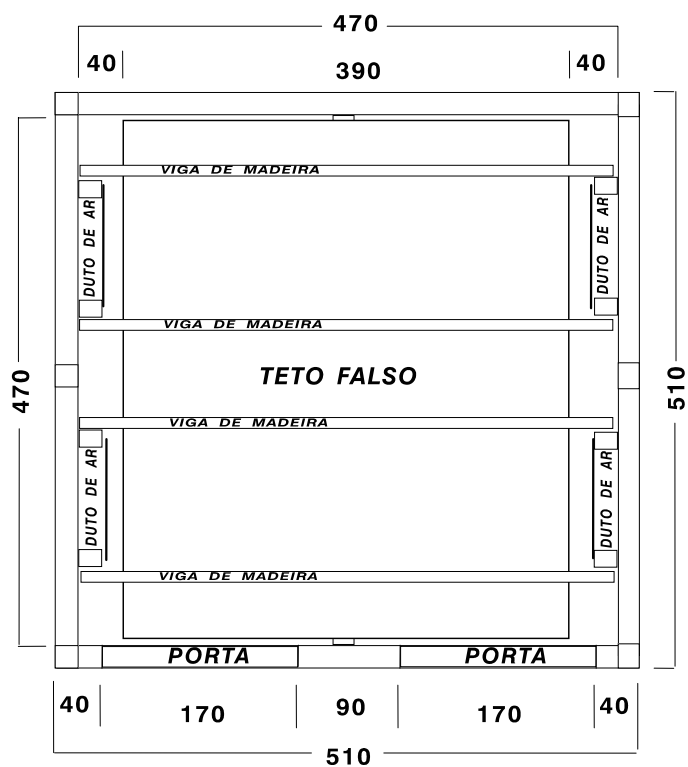
As portas da câmara de secagem e do coletor solar são do tipo "sanduiche"; entre duas folhas de compensado naval (4mm) coloca-se folhas de isopor de 4cm de espessura. Precisa-se duas portas de 180cm x 170cm e duas de 80cm x 60 cm. As portas são também pintadas de preto (hidro-alfalto).

Obs: Para as portas pode usar outro tipo de material, mas sempre tem que ser bem isoladas.

TETO FALSO

O teto falso é instalado dentro da câmara de secagem numa altura de 180cm. Ele é montado no topo da parede central e coberta toda área da câmara deixando uma fenda de 40cm de largura nas duas paredes laterais (veja planta na página seguinte). A distância entre o teto falso e a laje é de 40cm. Para a construção do teto falso, folhas de compensado (4mm de espessura) são pregadas em vigas de madeira, que são montadas nas paredes laterais e central numa altura de 180cm. Todo material do teto falso é pintado de preto (hidro-asfalto).

TETO FALSO



COLETOR SOLAR

A base do coletor solar é formado pela laje da câmara de secagem e pelas três paredes laterais de tijolos construídas acima da laje como parte das paredes do sul, do oeste e do leste, respectivamente. Na parede do sul tem as duas aberturas de 80 cm x 60 cm cada para dar o acesso para o coletor. As paredes do oeste e leste, respectivamente, tem um declive de 10 graus da parede do sul a parede do norte.

Acima desta base o coletor tem um teto de vidro formado através de uma construção de vigas de madeira e folhas de vidro.

As seis vigas para o suporte das folhas de vidro são confeccionadas para evitar a entrada de água no coletor:

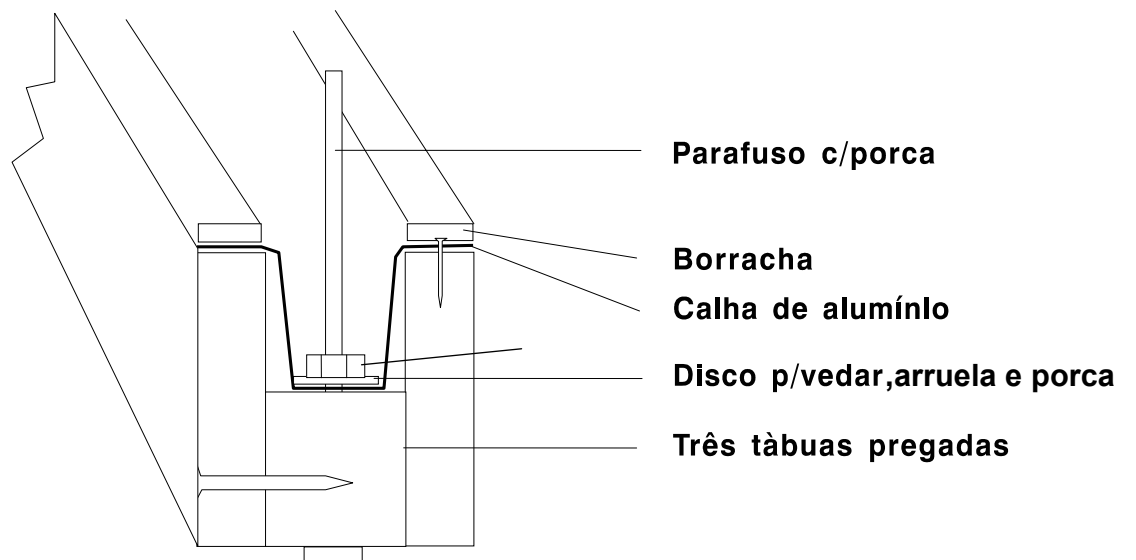
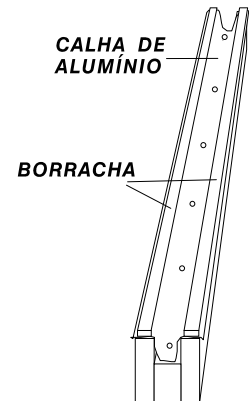
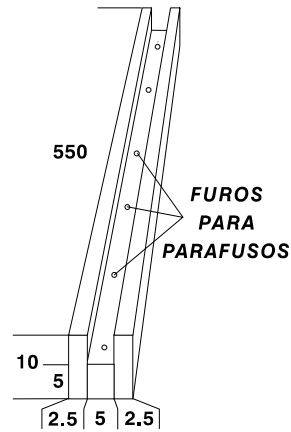
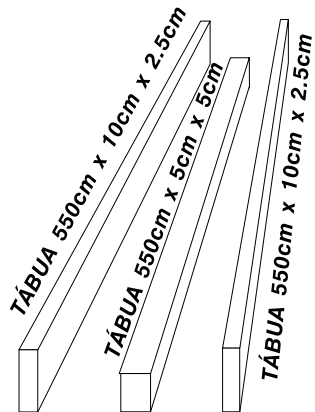
Duas tábuas (550cm x 10cm x 2.5cm cada) são pregadas num ripão (550cm x 5cm x 5cm) para formar uma calha. Seis furos (diâmetro pouco maior de 1/4") são furados no ripão (fundo da calha de madeira) para receber os parafusos (6" x 1/4").

Os furos são furados nas posições de 10cm, 105cm, 220cm, 330cm, 445cm e 540cm, respectivamente. A calha de madeira é revestida com uma folha fina (ca.0.2mm) de alumínio (550cm x 20cm). A folha de alumínio é forçada para dentro da calha de madeira até o fundo dela formando assim uma calha de alumínio.

A folha é pregada no topo das tábuas laterais. No fundo da calha de alumínio furos são furados nos mesmos lugares como os furos no ripão. Os filetes de borracha (550cm x 2.5cm x 0.55cm) são colados na folha de alumínio na duas tábuas laterais. Os parafusos são puxados por parte do baixo da viga confeccionada e fixadas com porcas. Debaxo das porcas é colocado um disco para vedar a calha. A viga é pronta para construção do coletor solar.

Seis tábuas para fixar o vidro (550cm x 10cm x 2.5cm) são preparadas furando furos nas mesmas posições como os furos da viga confeccionada (veja acima).

CONFEÇÃO DAS VIGAS



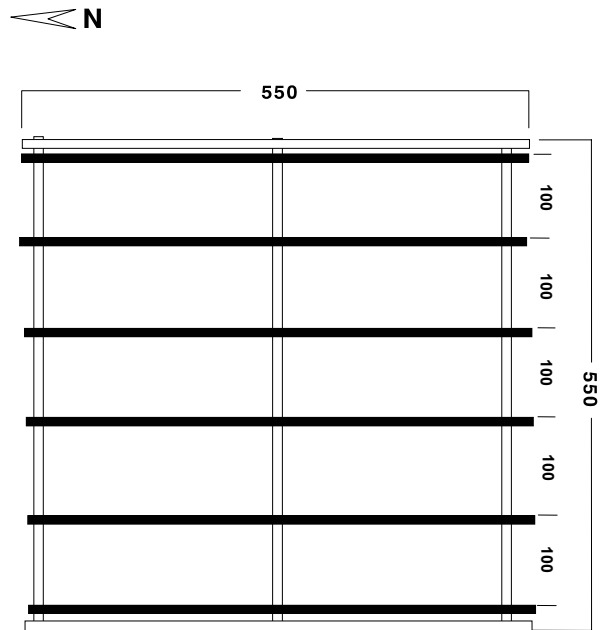
COLOCAÇÃO DAS VIGAS

Três vigas comuns (550 cm x 10cm x 8cm) são montadas nas paredes do norte e do sul, respectivamente, e uma viga entre as paredes do norte e do sul. Para evitar flexão, esta viga do meio é suportada por duas pernas curtas (40cm x 10cm x 10cm) ficando de pé na laje. Depois, duas vigas comuns são montadas na paredes do leste e do oeste, respectivamente.

As seis vigas confeccionadas são montadas acima das vigas da parede do norte, do meio e da parede do sul, respectivamente.

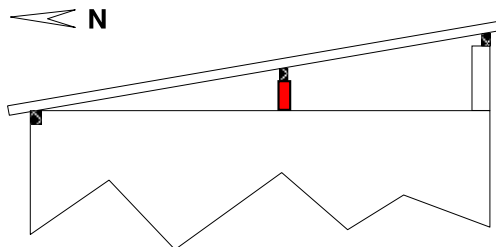
A primeira viga é montada no lado leste do secador. A distância entre duas vigas é igual a largura da folha do vidro (97cm) mais 3 cm. Estes 3 cm são necessários para dar espaço para os parafusos, que tem que passar entre as folhas de vidro. A última das vigas confeccionadas é colocada no lado oeste do secador.

COLOCAÇÃO DAS VIGAS



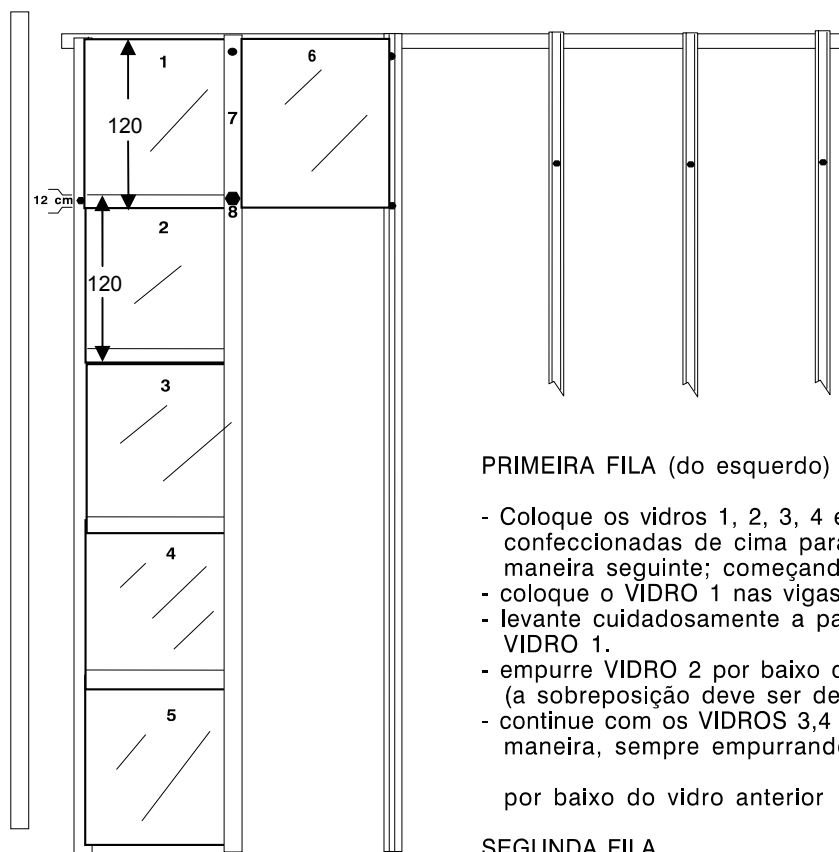
Viga confeccionada 550cm x 10cm x 10cm

Viga comum 550cm x 10cm x 8cm



**Viga 60cm x 10cm x 10cm
p/suportar a viga central**

COLOCAÇÃO DO VIDRO 1

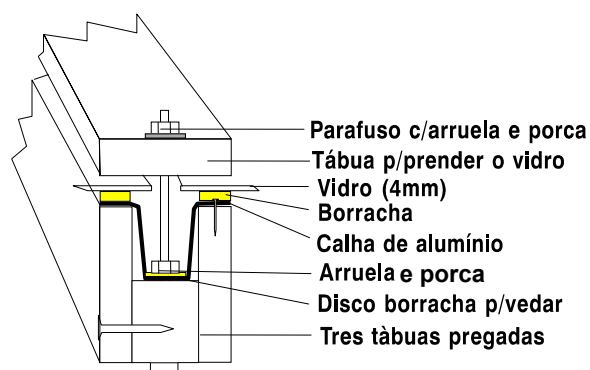


PRIMEIRA FILA (do esquerdo)

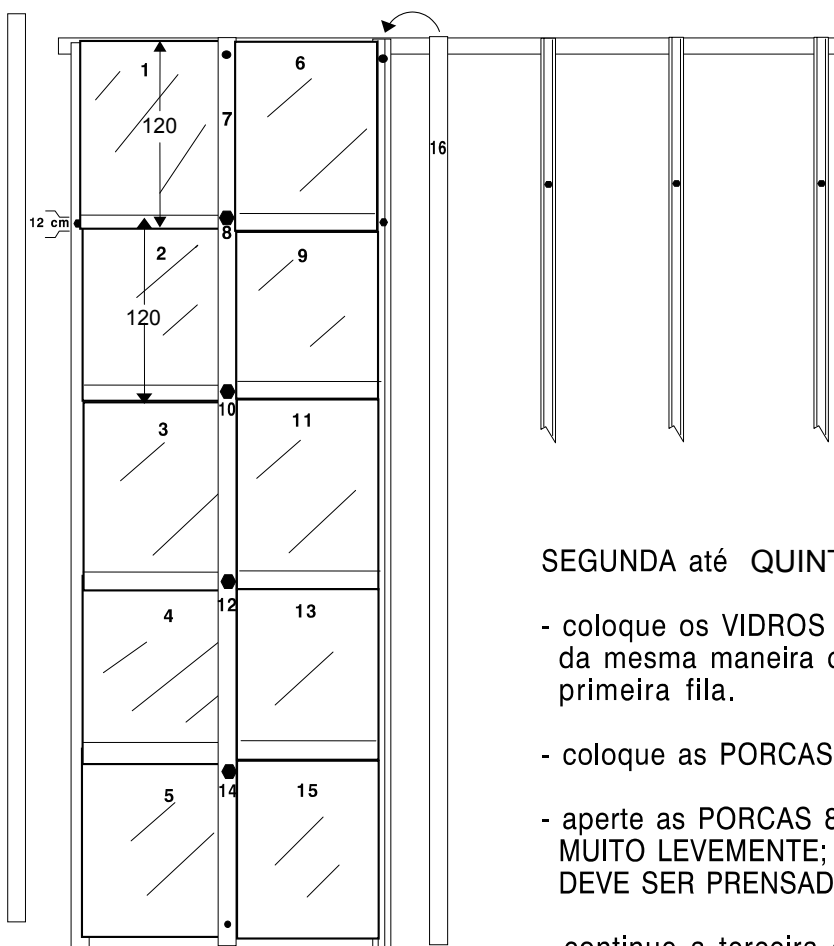
- Coloque os vidros 1, 2, 3, 4 e 5 nas vigas confeccionadas de cima para baixo da maneira seguinte; começando de cima:
- coloque o VIDRO 1 nas vigas.
- levante cuidadosamente a parte de baixo do VIDRO 1.
- empurre VIDRO 2 por baixo do VIDRO 1 (a sobreposição deve ser de 12 centímetros !)
- continue com os VIDROS 3, 4 e 5 da mesma maneira, sempre empurrando o vidro, por baixo do vidro anterior

SEGUNDA FILA

- coloque o VIDRO 6
 - coloque a TÁBUA 7 para prender os vidros. Os parafusos penetram os furos.
 - coloque a PORCA 8 (a segunda de cima)
- AINDA NÃO APERTE !!**



COLOCAÇÃO DO VIDRO 2



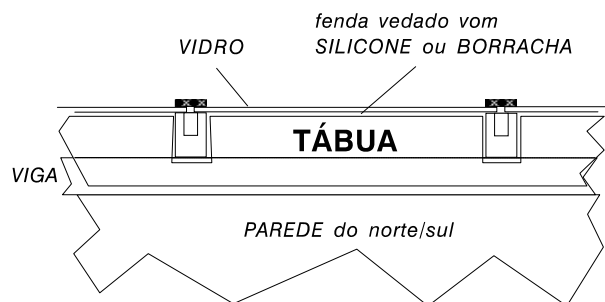
SEGUNDA até QUINTA FILA

- coloque os VIDROS 9, 11, 13 e 15 da mesma maneira como na primeira fila.
- coloque as PORCAS 10, 12 e 14
- aperte as PORCAS 8, 10, 12, e 14 MUITO LEVEMENTE; A TÁBUA NÃO DEVE SER PRENSADA NO VIDRO !!
- continue a terceira e quarta fila da mesma maneira
- NO FINAL:
- coloque a TÁBUA no lado esquerdo
- coloque e aperte as PORCAS nas quatro laterais do coletor

As aberturas entre as vigas, as folhas de vidro e as paredes do norte e do sul, respectivamente, são fechadas com uma tábua de 550 cm x 20 cm x 2.5 cm.

A fenda entre a tábua e as folhas de vidro é vedada com borracha, silicone ou material equivalente.

AR NÃO DEVE ESCAPAR EM PONTO ALGUM DO COLETOR !



OPERAÇÃO

A pilha de madeira não deve ser empilhada diretamente no chão. Como base da pilha são colocadas 10 vigas secas (130cm x 10 cm x 15cm) numa distância de 50 cm entre elas.

Separadores de madeira são usados para separar as fileiras de tábuas, uma das outras. Eles são preparados de madeira dura e seca com as dimensões 130 cm x 3.5 cm x 2.5 cm. Para uma carga completa são necessários aproximadamente 500 separadores.

TEM QUE REMOVER TODO SERRINHO DA SUPERFÍCIE DAS TÁBUAS

antes do empilhamento. O serrinho obstrua a remoção de vapor de água e pode contribuir no ataque de fungos e insetos.

TODAS AS TÁBUAS DA MESMA CAMADA TEM QUE SER DA MESMA ESPESSURA.

No caso que tábuas de espessuras diferentes devem ser secadas na mesma pilha, as tábuas mais grossas tem que ser empilhada na parte inferior da pilha.

EMPILHAMENTO

O empilhamento correto é essencial para a secagem.

Coloque a primeira camada de tábuas na base da pilha.

Deixe uma abertura de cerca de uma polegada entre as tábuas.

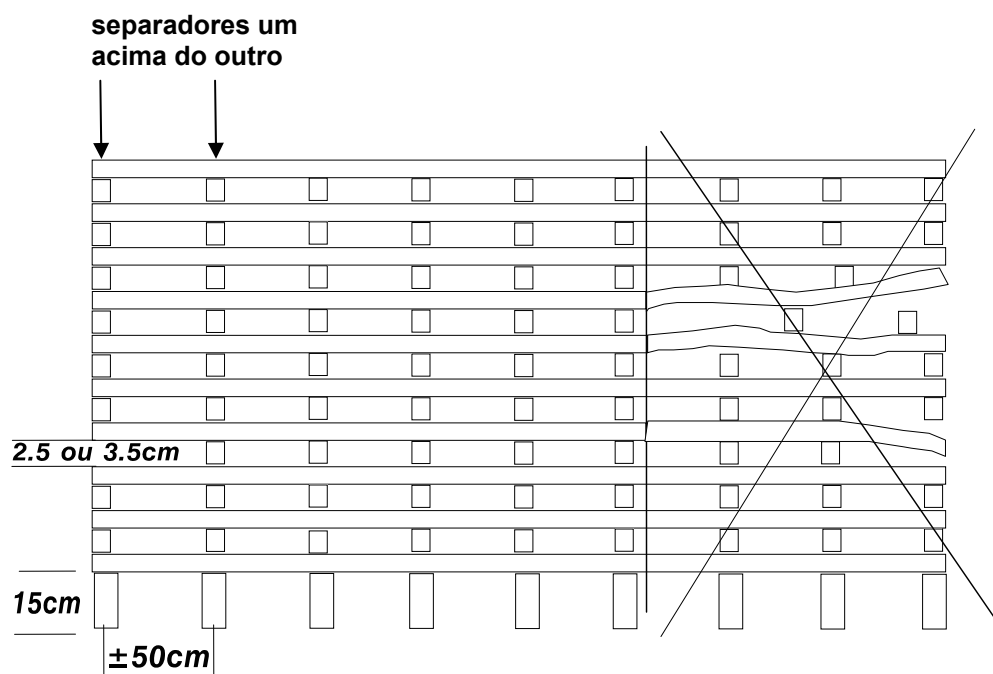
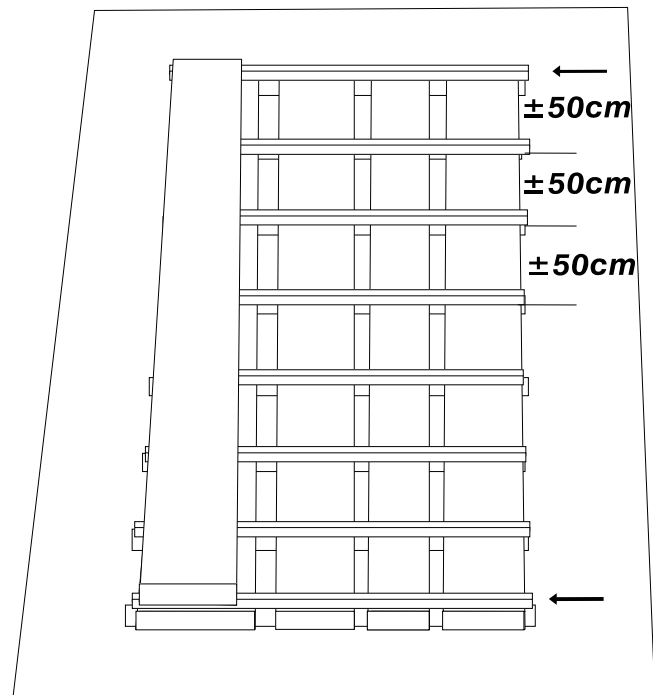
Coloque os separadores nas tábuas numa distância de 50 cm entre eles.

É muito importante de colocar os separadores um acima do outro formando assim uma linha vertical (veja o gráfico abaixo)

É muito importante de colocar os separadores nos dois extremos das tábuas.

Continue o empilhamento, camada por camada, alternando tábuas e separadores. OS SEPARADORES TEM QUE SER BEM ALINHADOS VERTICALMENTE, UM SOBRE O OUTRO. Caso que a pilha não preenche completamente o compartimento até o teto falso, faça a pilha mais estreita e, assim, mais alta para evitar uma larga abertura entre a pilha e o teto falso.

EMPILHAMENTO



CONTROLE DE SECAGEM

Para este Secador Solar de Madeiras não precisa-se aplicar programas de secagem para as diferentes espécies de madeira.

Com o teor de umidade de madeira **ACIMA DE 20%** os ventiladores são ligados 24 horas por dia e, os dampers são abertos durante o dia. Durante a noite os dampers são fechados.

Com o teor de umidade de madeira **ABAIXO DE 20%** os ventiladores são ligados das 09:00 às 17:00 horas. Os dampers são abertos das 09:00 às 12:00 e das 14:30 às 16:00 horas.

Acondicionamento da madeira após a secagem não é necessário neste Secador Solar de Madeiras.

OBS.: Madeiras com tendência de ataque de fungo deve ser tratado apropriadamente antes da secagem.

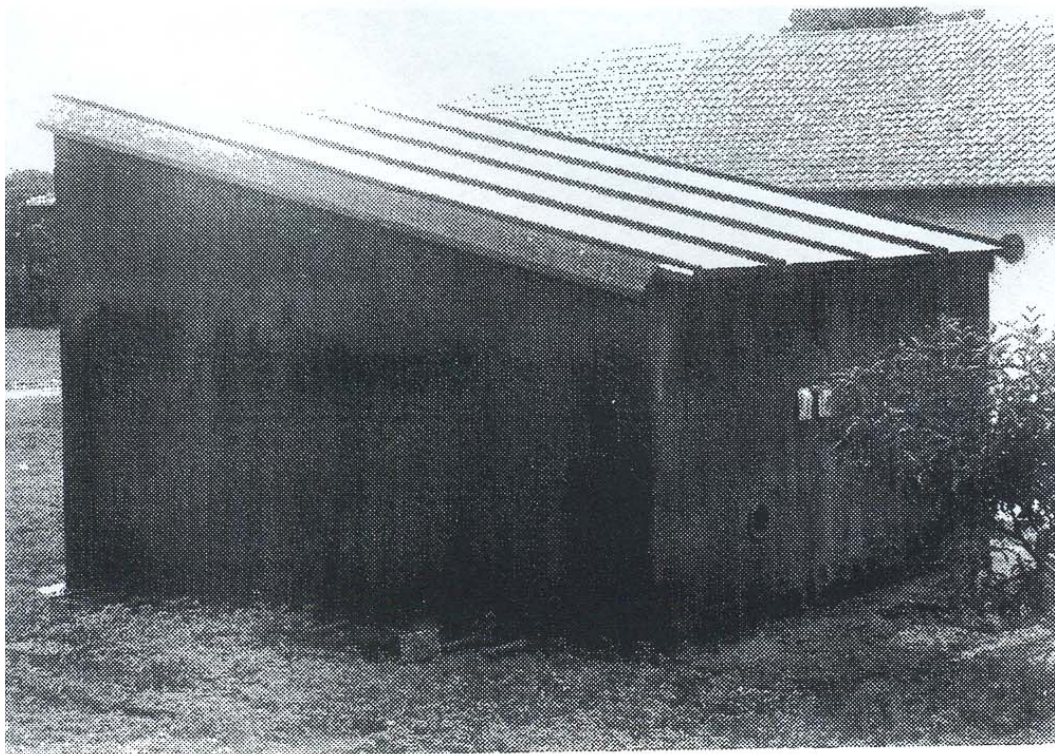
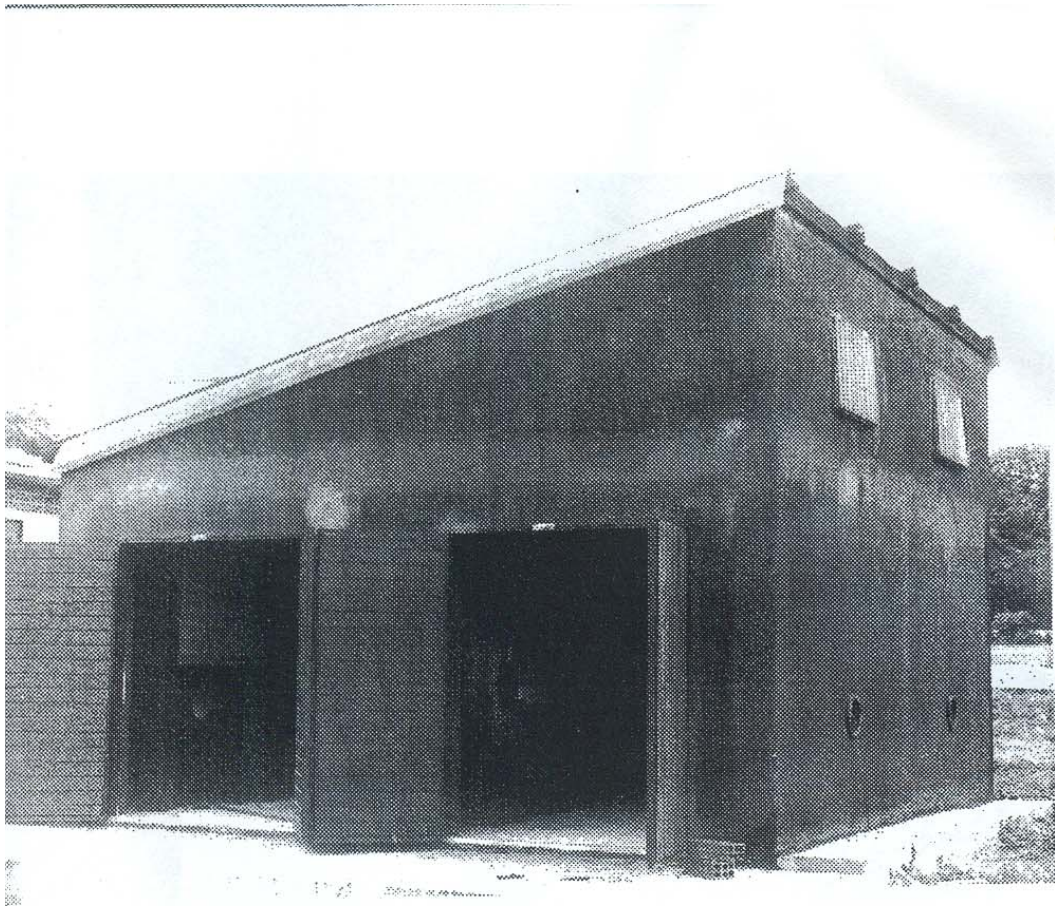
MEDIÇÕES

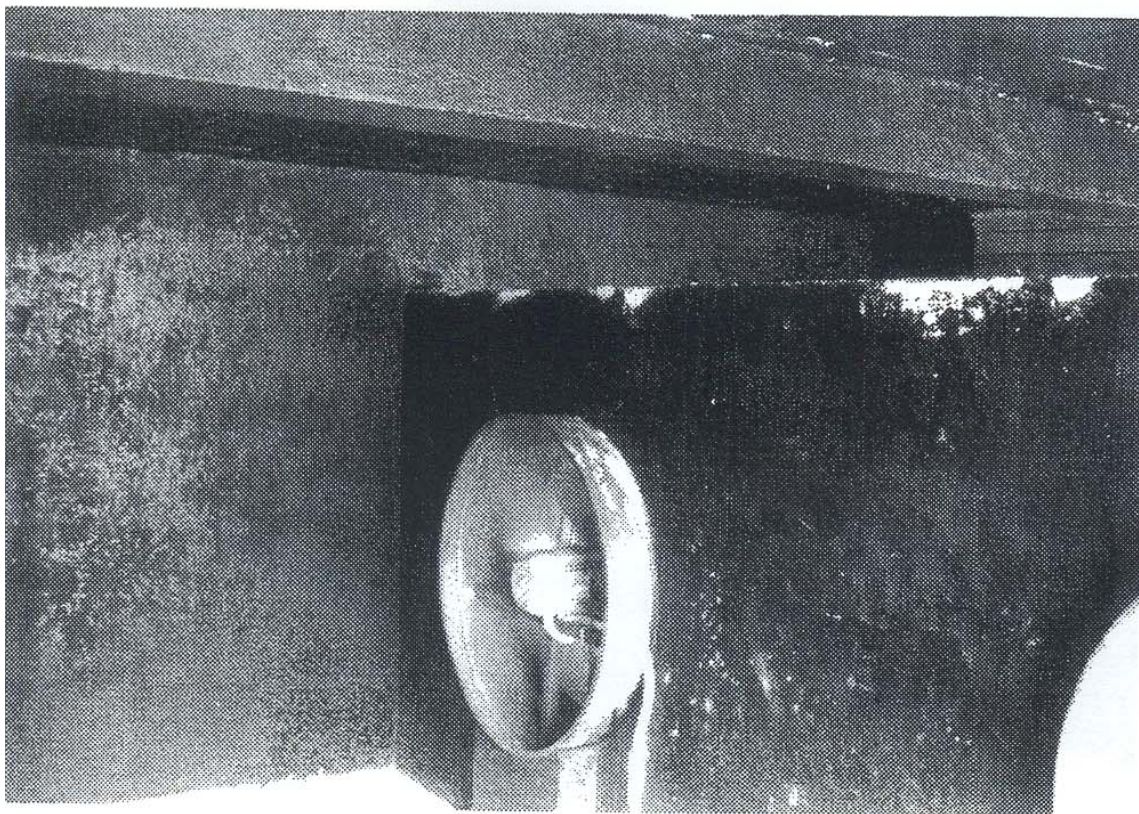
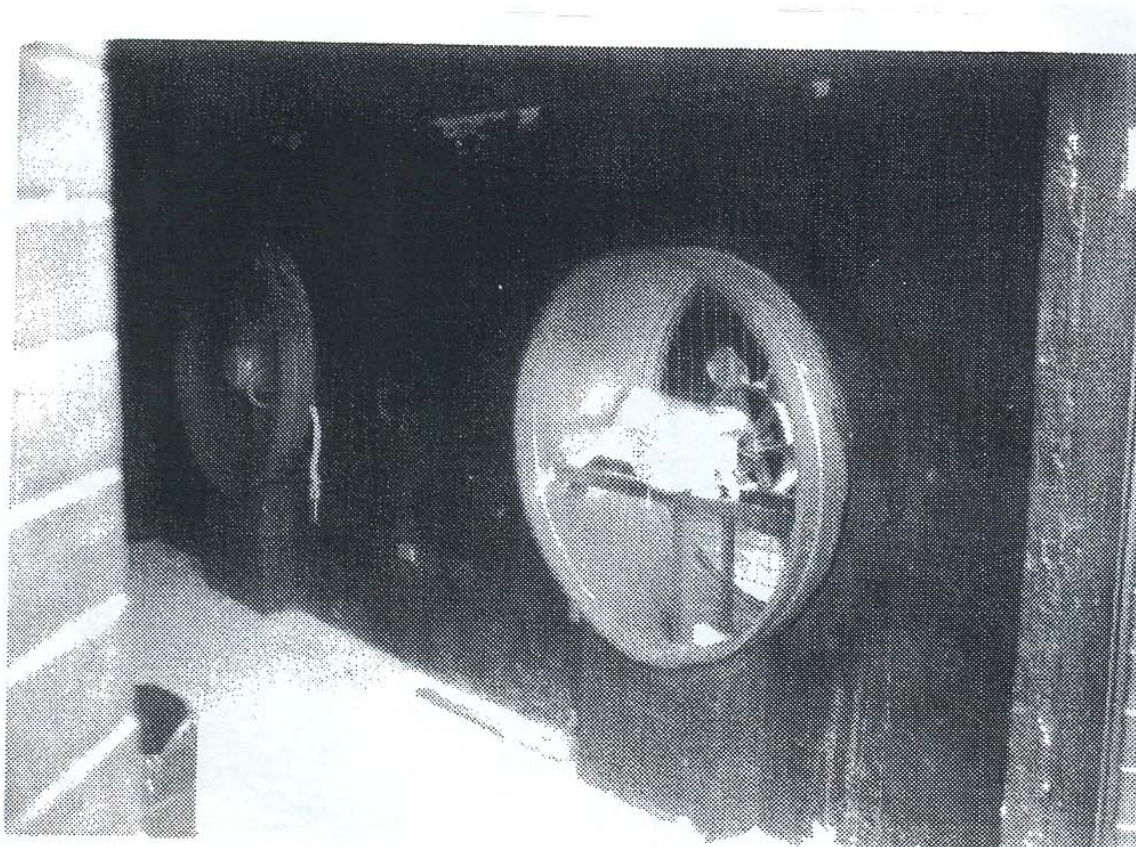
Um TERMÔMETRO simples que possa medir de 10 a 80°C pode ser usado para medir a temperatura no interior da câmara de secagem.

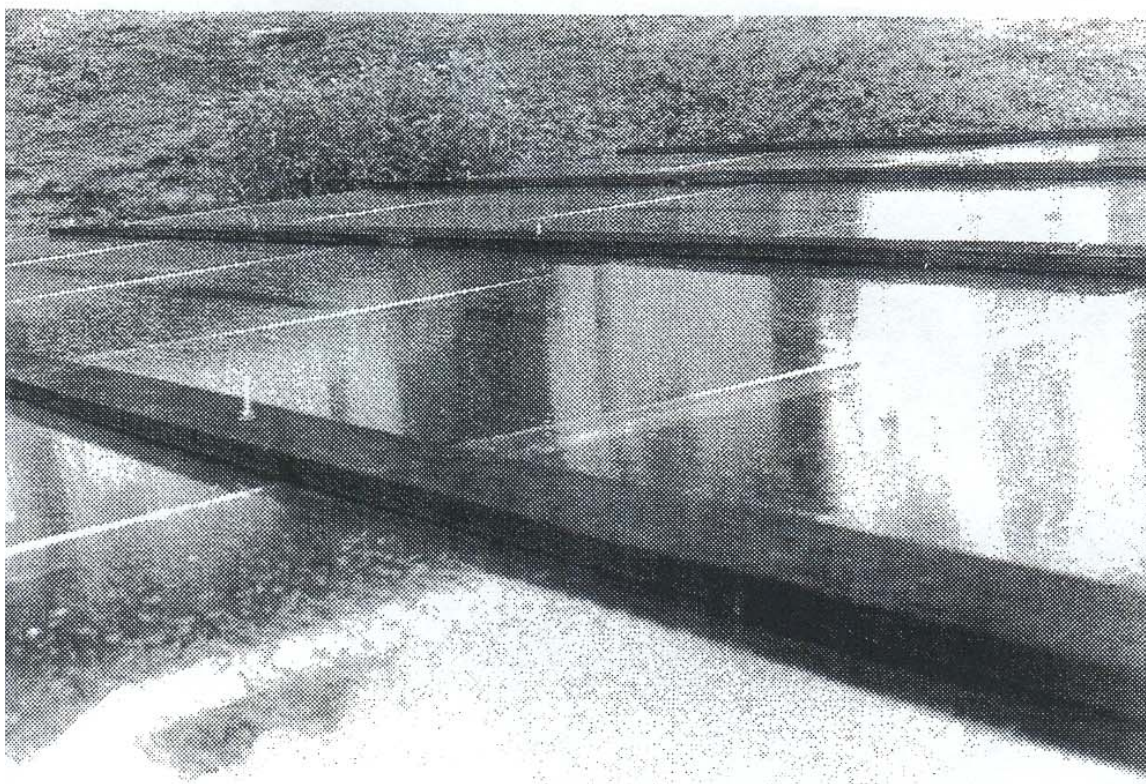
Um HIGRÔMETRO, que é um aparelho "indicador de umidade", pode ser colocado no interior da câmara de secagem permitindo a leitura direta da umidade do ar.

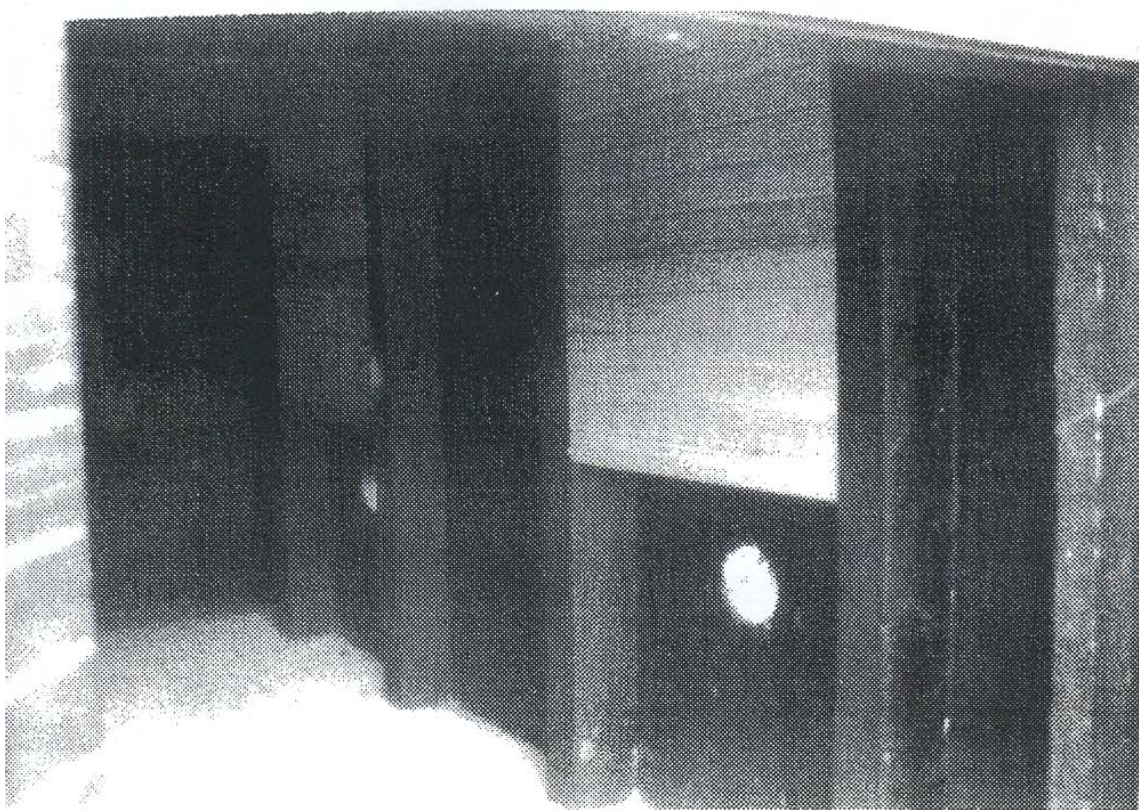
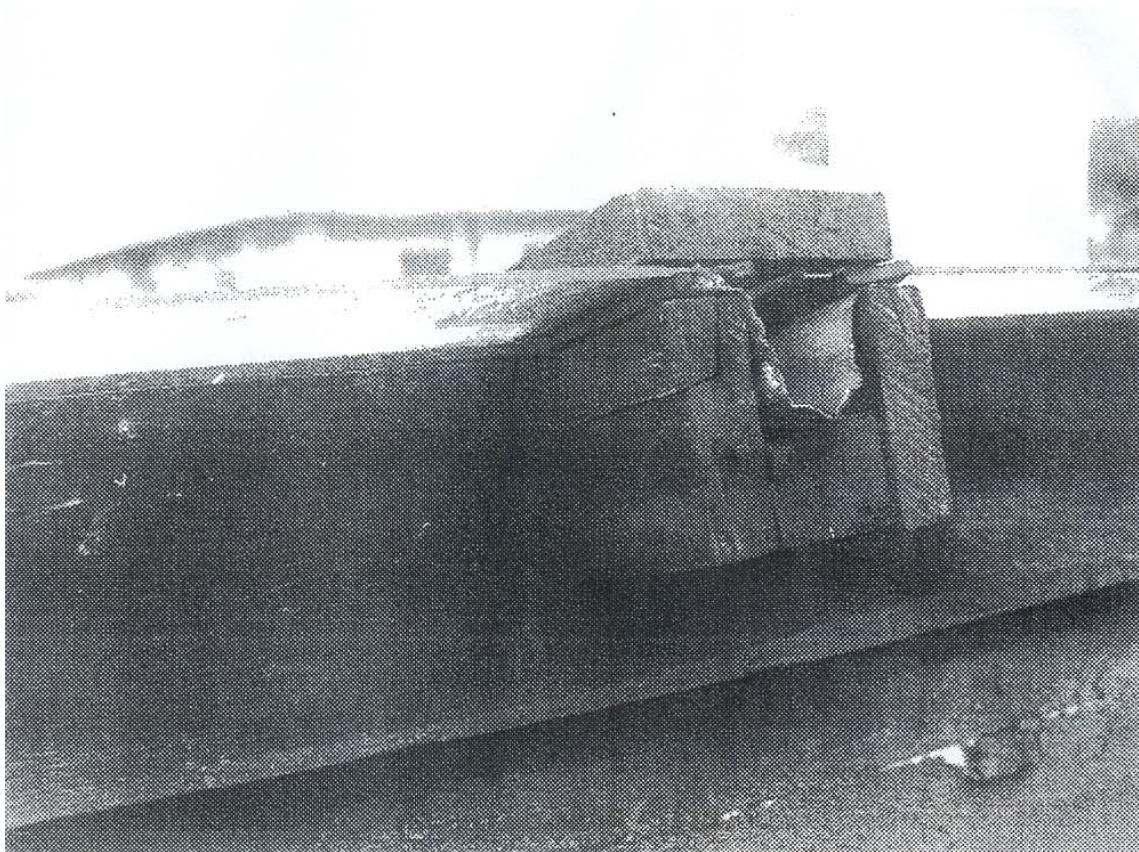
Um MEDIDOR ELÉTRICO DE UMIDADE DE MADEIRA é necessário para medir diretamente a umidade da madeira. Este instrumento é indispensável no controle de qualidade do produto final.

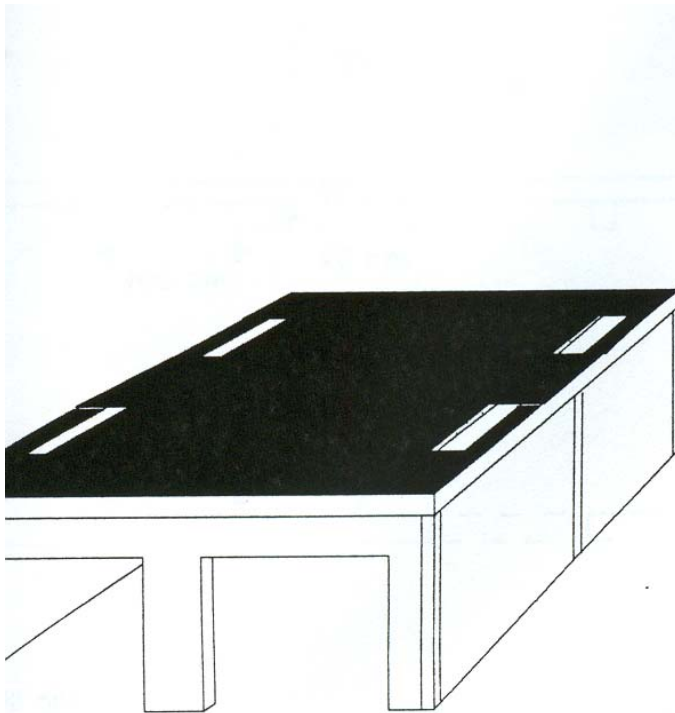
Obs.: Os medidores de umidade de madeira são precisos somente na faixa de 6 a 25% de umidade de madeira.











CEILING

The ceiling should be a concrete slab. Four openings (100cmx20cm each) will connect collector and air ducts in the chamber.

SECADOR SOLAR ACRE – XAPURI

