

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - FEAGRI
DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÕES RURAIS - DCONRU

**ESTRUTURAS DE COBERTURA TRELIÇADAS EM MADEIRA:
ANÁLISE DE VIABILIDADE DAS SOLUÇÕES ADOTADAS
PARA O MEIO RURAL**

CARLOS TEIXEIRA PUCCINI

autor

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Raquel Gonçalves Tanaami

Parecer

Este exemplar corresponde a re-
dação final da dissertação de
Mestrado defendida por Carlos
Teixeira Puccini e aprovada
pela Comissão Julgadora em
28 de agosto de 1997. Campinas,
13 de julho de 1998.

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola
Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos
necessários a obtenção do título de Mestre em Engenharia
Agrícola, Área de concentração: Construções Rurais.

M

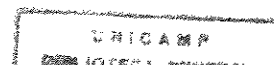
Campinas/SP

AGOSTO/97

data

Responsável
Presidente da Banca

98.26586



UNIDADE	BAE/FEAGR
N.º CHAMADA:	T/UNICAMP
	P961e
V.	Ex.
TOMBO BC/	35668
PROC.	395/98
C	☐
D	☒
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	30/10/98
N.º CPD	400.18055-8

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

P961e Puccini, Carlos Teixeira
Estruturas de cobertura treliçadas em madeira: análise de viabilidade das soluções adotadas para o meio rural. / Carlos Teixeira Puccini.--Campinas, SP: [s.n.], 1997.

Orientadora: Raquel Gonçalves Tanaami
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Madeira - Estruturas. 2. Conforto térmico. I. Tanaami, Raquel Gonçalves. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

“A satisfação está no esforço e não apenas na realização final”
(Gandhi)



À minha mãe, pelo exemplo de vida transmitido, ensinando-me o caminho a
percorrer, pelo seu espírito de luta e amor

Ao meu pai (in memoriam)

Aos meus irmãos, pela confiança e respeito

Aos meus queridos sobrinhos

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

À professora, agora amiga, Raquel Gonçalves Tanaami, pela orientação, compreensão durante todo o desenvolvimento do trabalho, credibilidade depositada em mim, pela sua naturalidade de ser e principalmente pelo respeito ao longo da concretização desse trabalho.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pelo apoio financeiro.

À Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), pela agradável convivência.

Aos professores da Pós-Graduação da FEAGRI, pela colaboração e ensino transmitidos.

Aos professores Paulo Martins Leal e Francisco Antônio Rocco Lahr pelo apoio e contribuição no desenvolvimento do trabalho.

Ao professor Artur Gonçalves da Faculdade de Engenharia de Barretos, pelo apoio e participação na escolha da área acadêmica.

Ao professor Dr. Jorge de Lucas, pela ajuda e incentivo no início do trabalho científico.

Aos funcionários Ana Paula e Marta (SPG), Vanessa e Deise (DCONRU), Clóvis e André (LABIN), Robison (DAS), pela paciência e generosidade.

A vovó Djanira S. Teixeira, pelo amor e suas orações.

Ao Kiko, pela amizade, pela pessoa que é, pelo computador emprestado.

À Karina Pellegrini, pela sua força e exemplo de vida.

Pedro, Admilson e Délvio, pelo convívio no lar.

Aos amigos Rogério e Rafael, pela amizade e companheirismo no cotidiano.

À todos os amigos, pela influência que exercem no meu dia a dia, e principalmente pelo carinho e respeito, um muito obrigado !

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE QUADROS	iii
LISTA DE SÍMBOLOS	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 A utilização da madeira como material para a construção de estruturas	5
3.2 Ligação	7
3.3 Coberturas	9
3.4 Construções Rurais	13
3.5 Conforto Térmico da Estrutura	16
3.6 Comentários e Conclusão	18
4. METODOLOGIA	20
5. DIMENSIONAMENTO	28
5.1 Ação Permanente	29
5.2 Ação Variável (Acidental)	32
5.3 Esforços Internos Críticos	34
5.4 Esforços Resistentes de Cálculo	36
5.5 Esforços Resistentes Admissíveis	38
5.6 Dimensionamento das seções das barras de treliça	39
5.6.1 Métodos dos Estados Limites	39
5.6.2 Método das Tensões Admissíveis	47
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
7. CONCLUSÕES E PROPOSTAS	76
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
APÊNDICE	AP-1
ANEXO	AN-1

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da elevação.....	26
Figura 2 - Esquema da planta da edificação.....	26
Figura 3 - Estrutura de cobertura treliçada tipo Howe - “2águas”	27
Figura 4 - Esquema de uma cobertura de madeira com inclinação de 17 graus e com as numerações em cada nó.....	28
Figura 5 - Volume por área em função do vão livre para as três inclinações. a) inclinação de 11 graus. b) inclinação de 14 graus. c) inclinação de 17 graus - Seções adotadas..	59
Figura 6 - Custo por área em função do vão livre para as três inclinações. a) inclinação de 11 graus. b) inclinação de 14 graus. c) inclinação de 17 graus - Seções adotadas. .	60
Figura 7 - Volume por área em função da inclinação para os três vãos. a) vão livre de 5 m. b) vão livre de 10 m. c) vão livre de 15 m - Seções adotadas.	62
Figura 8 - Custo por área em função da inclinação para os três vãos. a) vão livre de 5 m. b) vão livre de 10 m. c) vão livre de 15 m - Seções adotadas.	63
Figura 9 - Volume por área em função do vão livre para as três inclinações. a) inclinação de 11 graus. b) inclinação de 14 graus. c) inclinação de 17 graus - Seções comerciais.	66
Figura 10 - Custo por área em função do vão livre para as três inclinações. a) inclinação de 11 graus. b) inclinação de 14 graus. c) inclinação de 17 graus - Seções comerciais.	67
Figura 11 - Volume por área em função da inclinação para os três vãos. a) vão livre de 5 m. b) vão livre de 10 m. c) vão livre de 15 m - Seções comerciais.	69
Figura 12 - Custo por área em função da inclinação para os três vãos. a) vão livre de 5 m. b) vão livre de 10 m. c) vão livre de 15 m - Seções comerciais.	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Massa específica das espécies adotadas (ρ_{ap}) com seus respectivos espaçamentos entre treliça.....	
Quadro 2 - Características mecânicas das espécies adotadas.....	
Quadro 3 - Peso próprio em cada nó do banzo superior da treliça de vão de 5m com inclinação de 17 graus, de espécie eucalipto citriodora	
Quadro 4 - Peso das telhas em cada nó do banzo superior da treliça de vão de 5m com inclinação de 17 graus, de espécie eucalipto citriodora	
Quadro 5 - Peso das ferragens em cada nó do banzo superior de vão de 5m com inclinação de 17 graus, de espécie eucalipto citriodora.....	
Quadro 6 - Peso total em cada nó do banzo superior de vão de 5m com inclinação de 17 graus, de espécie eucalipto citriodora.....	
Quadro 7 - Carga de vento em cada nó do banzo superior de vão de 5m com inclinação de 17 graus, de espécie eucalipto citriodora.....	
Quadro 8 - Esforços Internos Críticos das barras da treliça de vão de 5m com inclinação de 17 graus, de espécie eucalipto citriodora.....	
Quadro 9 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 5 m e inclinação de 11 graus para as três espécies de madeira	
Quadro 10 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 5 m e inclinação de 14 graus para as três espécies de madeira	
Quadro 11 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 5 m e inclinação de 17 graus para as três espécies de madeira	
Quadro 12 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 10 m e inclinação de 11 graus para as três espécies de madeira	
Quadro 13 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 10 m e inclinação de 14 graus para as três espécies de madeira	
Quadro 14 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 10 m e inclinação de 17 graus para as três espécies de madeira	

Quadro 15 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 15 m e inclinação de 11 graus para as três espécies de madeira	
Quadro 16 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 15 m e inclinação de 14 graus para as três espécies de madeira	
Quadro 17 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 15 m e inclinação de 17 graus para as três espécies de madeira	
Quadro 18 - Valores em volumes por área (m^3/m^2) em função da inclinação para os três vãos - Seções adotadas.	
Quadro 19 - Valores de custo por área ($\text{R}\$/\text{m}^2$) em função da inclinação para os três vãos - Seções adotadas.	
Quadro 20 - Valores em volumes por área (m^3/m^2) em função da inclinação para os três vãos - Seções comerciais.	
Quadro 21 - Valores de custo por área ($\text{R}\$/\text{m}^2$) em função da inclinação para os três vãos - Seções Comerciais.	
Quadro 22 - Análise Parcial do Modelo $Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2$ para as três espécies de madeira com seção adotada, onde X_1 = vão, X_2 = inclinação e B_0, B_1, B_2 são os parâmetros estimados da regressão.....	
Quadro 23 - Análise Parcial do Modelo $Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2$ para as três espécies de madeira com seção comercial, onde X_1 = vão, X_2 = inclinação e B_0, B_1, B_2 são os parâmetros estimados da regressão.....	
Quadro 24 - Coeficientes de correlação simples para as três espécies com seção adotada. Relação das variáveis X_1 = vão, X_2 = inclinação e X_3 = volume ou custo	
Quadro 25 - Coeficientes de correlação simples para as três espécies com seção comercial. Relação das variáveis X_1 = vão, X_2 = inclinação e X_3 = volume ou custo	

LISTA DE SÍMBOLOS

$\rho_{ap}(12\%)$ = massa específica aparente a 12 % de umidade

f_{c0} = resistência a compressão paralela às fibras

f_{t0} = resistência à tração paralela às fibras

f_{t90} = resistência à tração normal às fibras

f_v = resistência ao cisalhamento

E_{c0} = módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras

q = pressão dinâmica do vento, correspondente à velocidade característica V_k , em condições normais de pressão e de temperatura.

V_k = velocidade característica do vento

V_0 = velocidade básica do vento: velocidade de uma rajada de três segundos excedida na média uma vez em 50 anos, a 10 metros acima do terreno, em campo aberto e plano

S_1 = fator topográfico

S_2 = fator que considera a influência da rugosidade do terreno, das dimensões da edificação ou parte da edificação em estudo, e de sua altura sobre o terreno

S_3 = fator baseado em conceitos probabilísticos (estatístico)

f_{cd} = valor de cálculo da resistência à compressão paralela às fibras

f_{td} = valor de cálculo da resistência à tração paralela às fibras

N_d = valor de cálculo da força normal de compressão

N_k = valor característico da força normal de compressão

L = comprimento da peça estrutural

I_{min} = momento de inércia mínimo

A = área da seção transversal da peça de madeira

λ = índice de esbeltez

σ_{td} = valor de cálculo da tensão atuante de tração

σ_{cd} = valor de cálculo da tensão atuante de compressão

σ_{nd} = valor de cálculo da tensão de compressão devida a força de compressão paralela às fibras

σ_{md} = valor de cálculo da tensão de compressão devida ao momento fletor

e_1 = excentricidade de 1ª ordem

e_1 = soma entre “ e_a ” e “ e_i ”

e_a = excentricidade acidental

e_c = excentricidade suplementar de 1ª ordem

e_{ig} = excentricidade inicial devida à carga distribuída permanente

$e_{1,ef}$ = excentricidade efetiva de 1ª ordem

e_d = excentricidade de cálculo

F_e = força de Euler

R^2 = coeficiente de determinação

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo iniciar um estudo que integre aspectos ligados ao conforto térmico das Construções Rurais com o projeto estrutural, utilizando a madeira. As espécies adotadas visaram a abrangência de uma gama de densidades (e resistências) que possibilita uma posterior adequação aos enquadramentos por classes de resistência, bem como mostrar a viabilidade técnica e competitividade da utilização de espécies de reflorestamento. Num momento de mudança profunda no modelo de segurança do cálculo das estruturas de madeira, foi também objetivo do trabalho a comparação entre resultados utilizando a antiga e nova versão da norma. Foram construídos gráficos e modelos do consumo de madeira e custos por área construída em função da inclinação e vão livre da estrutura de cobertura. Finalmente, são apresentadas conclusões e propostas que apontam para a necessidade da continuidade do trabalho aqui iniciado, pois certamente os resultados poderão preencher importantes lacunas entre as soluções propostas para as estruturas, visando o conforto ambiental associado à viabilidade estrutural.

Palavras chaves: Madeira, Estruturas de Cobertura, Conforto Térmico.

ABSTRACT

The objective of this work was to combine aspects related to the thermal confort of rural constructions with the wood structural project. The wood species were selected in order to have a representative sample of species, with a wide range of density (and strength). This was made to facilitate an ulterior adaptation to the standards under resistances class. This could also help to study the technical feasibility of use of wood coming from plantations for these purposes. Nowadays of important changes in the safe design of Timber Structures Project from a deterministic code of allowable strength to a probabilistic of limit states, it was also compared results obtained by using the old and the new standards version. Graphics and models were built in relation to the inclination and span of a wood roof structure. Finally, conclusions are presented and suggested that more work is desirable on this subject. Thus, these results could answer important questions coming from different solutions proposed for wood truss structures, which are aiming for thermal confort.

Key-words: Wood, Roof Structures, Thermal Confort.

1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente o Brasil tem se constituído em um país de incontestável vocação agropecuária, com uma significativa extensão territorial e dispondo de inúmeras áreas nas quais as condições climáticas e do solo demonstram, também, uma total viabilidade para produção florestal.

Os requisitos da vocação agropecuária passam por gamas distintas de necessidades técnicas, podendo-se entre elas, se mencionar os conhecimentos específicos a respeito dos parâmetros de conforto térmico tais como: temperatura, umidade relativa do ar, radiação térmica e ventilação dentro da edificação na qual o animal está confinado; esses parâmetros relacionados anteriormente influem no desempenho produtivo de animais. Tais elementos são, muitas vezes, os responsáveis pelos baixos índices de produtividade dos animais em algumas regiões do Brasil, se comparados com outros países. Da mesma maneira é importante lembrar que, também para os alimentos, é necessário que se garantam as boas condições climáticas de armazenamento.

Elementos ligados à edificação tais como: aberturas, posição com relação aos ventos dominantes, inclinação da cobertura, tipo de estrutura de cobertura, tipos de telhas etc, estão associados ao bom desempenho térmico e influenciam diretamente as condições do projeto estrutural a ele associado.

Soluções para os mais diversos problemas práticos já foram alcançados utilizando-se racionalmente a madeira, mostrando que esta se constitui em um material conveniente e competitivo para o emprego nas estruturas, particularmente para o meio rural.

No entanto, o consumo indiscriminado da madeira, bem como sua utilização sem a tecnologia apropriada no Brasil diminui em muito sua competitividade ante outros materiais, bem como tem fomentado o preconceito quanto à sua utilização em estruturas mais nobres.

Aspectos ligados à utilização florestal e a fatores econômicos têm levado muitos pesquisadores a estudar a viabilidade técnica da utilização de espécies de reflorestamento, como fonte alternativa para a obtenção racional da madeira. Foram mencionados no presente trabalho duas espécies de madeiras de reflorestamento, eucalipto citriodora (*Eucalyptus citriodora*) e pinus elliottii (*Pinus elliottii* var. *elliottii*), e uma espécie nativa, o angelim araroba (*Vataireopsis araroba*). O estudo das características físicas e mecânicas destas espécies, bem como o estudo da viabilidade técnica dos mesmos incentiva a utilização de uma fonte alternativa preservando as florestas nativas com a vantagem adicional de um retorno relativamente rápido tendo em vista a taxa de crescimento elevado destas espécies.

Não é possível, no entanto, utilizar-se racionalmente um material, se o projeto ao qual este está associado não for adequado às suas características e possibilidades.

Desta maneira, a associação do projeto arquitetônico em termos de conforto térmico e do projeto estrutural racional em termos de utilização da madeira, torna-se imprescindível.

2. OBJETIVOS

Constituíram-se objetivos prioritários do desenvolvimento do trabalho:

- a) Obtenção de gráficos consumo x vão livre e consumo x inclinação, executadas para três densidades e para características arquitetônicas fixadas após análise ligada à ambiência da edificação. Tais características são especificadas no item 4.
- b) Verificação comparativa das seções necessárias pelo projeto x seções disponíveis comercialmente.
- c) Verificação comparativa das seções necessárias utilizando-se os novos conceitos de Norma para o cálculo de estruturas de madeira (Estados Limites) e o conceito da norma antiga (Tensões Admissíveis). A nova versão da NBR-7190 traz alterações conceituais relativas ao projeto de estruturas de madeira, que deixa de ser determinística passando a probabilística.

O objetivo secundário do trabalho foi:

Levantamento de dados que venham a provocar uma discussão em torno da necessidade de serem repensados as seções disponíveis comercialmente, seções estas que muitas vezes não atendem aos avanços obtidos nas normas e nos processos de cálculo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica além de sua reconhecida importância em trabalhos científicos, possui, no caso específico deste trabalho, importância significativa para o direcionamento dos aspectos estudados.

3.1. A utilização da madeira como material para a construção de estruturas

NOGUEIRA (1991), analisa e avalia os resultados de ensaios de dezesseis espécies de Eucalipto do Estado de São Paulo e obtêm as condições para se proceder à seleção das espécies e as recomendações para a adequada aplicação na construção civil. Como uma das conclusões destaca-se a indicação das espécies triantha (*Eucalyptus triantha*), maidene (*Eucalyptus maidene*), maculata (*Eucalyptus maculata*), paniculata (*Eucalyptus paniculata*), citriodora (*Eucalyptus citriodora*) e punctata (*Eucalyptus punctata*) como adequadas para aplicação em estruturas treliçadas e vigas.

BORTOLETTO JÚNIOR (1993), analisa e avalia os resultados de ensaios de 06 espécies de Pinus plantados no Estados de São Paulo e obtêm as condições para se proceder à seleção das espécies e as recomendações para a adequada aplicação na

construção civil. Como uma das conclusões, destaca-se a indicação das espécies caribaea (*Pinus caribaea*), hondurenses (*Pinus hondurenses*), elliottii (*Pinus elliottii*), oocarpa (*Pinus oocarpa*) e taeda (*Pinus taeda*).

Segundo PINHEIRO e ROCCO LAHR (1996), a redução das matas nativas nas regiões Sul/Sudeste, se deu principalmente em virtude da contínua e descontrolada exploração das mesmas. Em vista disto e do incentivo fiscal, intensificou-se a necessidade de grandes áreas de reflorestamento; com isso, utilizou-se como fonte alternativa, algumas espécies do gênero *Pinus* para obtenção de peças estruturais de madeira.

O trabalho teve como objetivo principal evidenciar a viabilidade técnica e econômica do emprego da madeira de *Pinus* na construção de estruturas treliçadas para cobertura, para isso, estudou-se as características do material e estruturas com vãos que se adequam principalmente as edificações rurais correntes, e como produto final da pesquisa, determinou-se também o consumo de madeira por metro quadrado de área coberta.

O trabalho de PINHEIRO e ROCCO LAHR (1996) mostrou a viabilidade técnica e econômica da madeira serrada de *Pinus* na construção de estrutura de cobertura, bem como, a importância na exploração e a possibilidade de manejo sustentados destas florestas artificiais, mantendo equilibrada a capacidade de oferta que, aliada à proximidade dos grandes centros consumidores, conduz a um custo final mais acessível.

TANAAMI et al. (1992), alertam que o uso de madeira de espécies tradicionais é bastante difundido entre os engenheiros que trabalham com projetos, no entanto, o uso de espécie consideradas menos nobres deverá se tornar cada vez mais usual,

visto se tratar de espécies de crescimento rápido, fácil reposição e, conseqüentemente de custos possivelmente mais acessíveis.

Deste modo justifica-se o interesse de serem conduzidas pesquisas com o objetivo de determinar o consumo e o custo da madeira empregada na construção de estruturas, admitindo espécies alternativas viáveis para a substituição das espécies tradicionais.

TANAAMI (1995), apresenta um estudo e discussão à respeito das dificuldades hoje encontradas por aqueles que se utilizam da madeira para seus projetos estruturais, diante das seções hoje disponíveis comercialmente. Foram analisados estudo de casos de projetos executados com madeiras nativas e de reflorestamento calculadas com a utilização de seções disponíveis comercialmente e com seções necessárias pelo projeto. Para o desenvolvimento destes projetos foram adotados e fixados alguns parâmetros construtivos e utilizados as especificações de normas.

Os resultados deste trabalho, permitiram verificar a importância de serem repensadas as seções hoje disponíveis no mercado nacional, pois a seção está relacionada diretamente no custo da estrutura.

3.2. Ligação

O uso de conectores metálicos dentados em ligações de peças de madeira exigem a utilização de seções simples. Este trabalho pretende apontar para o uso deste tipo de ligação.

Segundo BARTHOLOMEU (1995), as ligações das barras constituintes de uma estrutura de madeira qualquer e, em especial, de treliças, são habitualmente consideradas articuladas. Parafusos, pregos, auxiliados por grampos, são os elementos geralmente empregados. Como, no cálculo estrutural de uma treliça, a consideração quanto à rigidez do nó é feita supondo-o articulado, a determinação da quantidade de elementos de ligação restringe-se à verificação da resistência à tração ou compressão, sabendo que momentos fletores são desprezados.

Na construção moderna de treliças de madeira são usados conectores metálicos dentados industrializados. No Brasil, atualmente, a empresa Gang-Nail é uma das principais fabricantes e fornecedoras de conectores metálicos para ligações em peças de madeira. Estes conectores são de forma retangular e de tamanhos variados. Eles já vêm com os dentes estampados, sempre com a mesma profundidade e na mesma quantidade por centímetro quadrado.

A fixação destes elementos de ligação pode ser feita de duas maneiras: manualmente através de pregagem ou através de um processo moderno de prensagem utilizando-se máquinas “roller”, equipamento formado por dois cilindros entre os quais circula a treliça.

Tanto o efeito de pregagem como o de prensagem conferem, através do conector, uma rigidez à ligação. Esta rigidez depende do tamanho do conector e da sua posição na união.

UJVARI faz uma abordagem quase que completa do uso e dimensionamento de conectores metálicos em treliças de madeira. Entretanto, seus resultados enfocam basicamente os esforços de tração, compressão e cisalhamento.

O Truss Plate Intitute, através das suas especificações, delimita comprimentos de flambagem de banzos de treliças, mas também nada detalha a respeito de engastamentos parciais via conectores.

3.3 Coberturas

MOURA et al. (1992), estudaram os efeitos da Carga Térmica Radiante (CTR) e o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) em diferentes materiais de cobertura.

Foram analisados o comportamento dos seguintes materiais quanto ao conforto térmico fornecido aos abrigos:

- telhas cerâmicas tipo capa-canal
- telhas simples de cimento amianto (6mm)
- telhas em camadas duplo de cimento amianto formando um colchão de ar de 5cm.
- telhas térmicas

Os autores descrevem o meio ambiente dos animais como formado por todas as condições externas que os afetam. O clima é o conjunto de fenômenos que influenciam na caracterização do meio ambiente animal.

Temperatura ambiente, umidade relativa, pressão atmosférica, ventos, radiação solar e chuva são elementos formadores do clima, que interferem no balanço térmico do animal e por isso influem em seu crescimento, conversão alimentar, saúde, reprodução e consequentemente na sua produtividade.

Há no país um aumento no sistema de produção de animais confinados, porém alguns produtores ao adotarem este sistema se preocupam unicamente com a economicidade da construção, deixando de lado a importância do conforto térmico do projeto.

Um dos parâmetros necessários para que se projete uma instalação confortável termicamente é a escolha adequada do tipo de telha a ser utilizada na cobertura. Telhados com alto isolamento térmico ou alta refletividade são os mais desejados para que se otimize o sombreamento artificial dos animais protegendo-os da radiação solar direta, assim como a orientação da estrutura

Analisando o efeito da Carga Térmica Radiante (CTR) nos abrigos, os autores concluíram que as telhas de cimento amianto simples conduziram aos maiores valores, o que comprova sua ineficiência térmica como material de cobertura. Já as telhas de barro, conduziram aos menores índices de conforto térmico (CTR e ITGU), caracterizando assim sua maior eficiência térmica quando comparada aos outros materiais de cobertura.

As telhas de cimento amianto “dupla” e as telhas térmicas apresentaram índices de conforto com valores intermediários .

COSTA (1982), indicou a radiação solar como sendo a principal causadora do desconforto térmico em edificações, somada aos efeitos de alta temperatura e alta umidade relativa.

Recomenda o uso de coberturas refletivas, uso de forro, isolantes térmicos e uso de materiais com grande inércia térmica para que aumente a proteção dos homotermas contra os efeitos indesejáveis da insolação direta. Para o autor o uso de forro adequadamente projetado se torna o meio mais econômico de proteção contra esse fator.

BOND et al. (1954), testou a efetividade de materiais de cobertura a partir de dados de temperatura obtidas com o uso de termômetros de globo negro, bulbo seco e dados de velocidade do vento.

A efetividade (E), foi calculada através da razão entre a redução da CTR obtida pelo material e a redução da CTR fornecida por um padrão: o alumínio. Os materiais que se apresentaram um maior conforto térmico foram respectivamente o sapé, o alumínio com superfície externa pintada de branco e superfície interna pintada de negro, e a chapa de ferro galvanizada com o mesmo tipo de pintura.

ESMAY (1979), concluiu que a chapa de ferro galvanizado quando nova, possui a mesma eficiência que as coberturas com chapas de alumínio, mas com o tempo a corrosão da superfície externa torna-a mais absorativa e consequentemente menos eficiente.

Segundo CZARICK (1989), uma alternativa para reduzir o calor transmitido pela cobertura ao interior de abrigos, seria o uso de telhas refletivas. A pintura branca

refletiva em coberturas possui um maior efeito em abrigos sem forro. Em coberturas onde se usa o forro, a carga térmica radiante é reduzida em apenas 1% pelas telhas refletivas, mas apesar dos efeitos serem pouco expressivos, deve-se lembrar que em certos casos um mínimo decréscimo na carga térmica radiante pode causar um bom acréscimo na produção animal.

PARKER (1963), analisando o efeito de transmissão de calor por vários tipos de materiais de cobertura expostas a radiação solar, observou que entre as telhas sem uso de forro, os materiais que se apresentaram mais confortantes termicamente foram: aço pintado de branco, folhas de alumínio cobertas com plásticos branco e folhas novas de alumínio.

ROSA (1984) e CAMPOS (1986), utilizaram os índices Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Temperatura de Globo (ITG), e Carga Térmica Radiante (CTR) para estudar a eficiência das coberturas no fornecimento de conforto térmico à abrigos. Concluíram que a cobertura que se apresentou mais eficiente foi a de barro (com e sem forro), seguida pela cobertura de alumínio, e finalmente pela telha de cimento amianto com forro.

SILVA et al. (1990), apontam que, para que as coberturas sejam eficientes em termos de produtividade animal, é necessário estudos com relação aos materiais de construção utilizados, assim como a determinação do tipo de cobertura para cada tipo de criação, nas diferentes regiões do nosso país.

3.4 Construções Rurais

TARGA et al. (1993), mostram que, além de renovar o ar do ambiente, a ventilação auxilia o resfriamento dos componentes da construção e o equilíbrio térmico do organismo animal, além disso as coberturas controlam o fluxo de entrada de ar no abrigo, impedindo correntes desagradáveis no inverno e, facilitando a entrada no verão.

TANAAMI e SIQUEIRA (1991) e TANAAMI et al. (1993), identificam que diversos são os fatores que influem no dimensionamento e posicionamento das aberturas de uma edificação e demonstram, através de exemplos práticos, que diversas são também suas consequências no dimensionamento da estrutura de cobertura.

Segundo RODRIGUES e ARAUJO (1996), a alta intensidade de radiação solar incidente, principalmente, nas coberturas, associada a altas temperaturas, ocasionam condições de desconforto térmico no interior da instalação. Em virtude disto, avaliaram, para uma construção padrão, típica de instalações utilizadas para frango de corte, a influência da inclinação e do beiral do telhado no conforto térmico no interior da instalação. Foram testadas as inclinações de 0, 10, 20 e 30%, e os beirais de 0, 1, 2 e 3 m. Foram determinadas as intensidades de radiação solar diária e instantânea, bem como um índice de conforto térmico, que traduz o quanto a temperatura radiante interna se afasta de uma temperatura de conforto arbitrada.

Para a inclinação do telhado variando de 0 a 30%, o melhor índice de conforto ocorreu para inclinação de 30%. Para um beiral variando de 0 a 1 m a redução de radiação solar diária incidente foi de 11,1%, enquanto para um aumento de 1 para 3 m a redução foi de 4,4%. Para os beiras de 0, 1, 2, 3 m, os valores do índice de conforto determinado, foram, respectivamente de 2,44; 2,37; 2,35 e 2,34.

Concluíram que o uso de coberturas com inclinações mais acentuadas ocasionam melhores condições de conforto térmico no interior da instalação. O beiral é um elemento arquitetônico, que devidamente projetado, permite controle eficiente da radiação solar nas paredes. Sugere-se o uso de beirais em torno de 2 m, dimensão a partir da qual a melhoria da condição de conforto térmico torna-se pouco significativa.

Estudos realizados por KONZEN e BARBOSA (1980), PERDOMO e NICOLAIEWSKY (1986), PERDOMO e OLIVEIRA (1987), fornecem as características das construções rurais para a diversas categorias, voltadas para o comportamento ambiental:

• Pé-direito:

Suínos/Terminação : mínimo 2,80m

Suínos/Matrizes : mínimo 3,00m

Suínos/Reprodução : mínimo 3,20m

Aves/Corte : mínimo 2,80m

Aves/Poedeiras : mínimo 3,00m

Aves/Matrizes : mínimo 3,20m

Gado de leite - alta produção/lactantes : mínimo 3,20m

Gado de leite - reprodução/matrizes : mínimo 3,20m

Gado de leite - produção média e baixa/lactantes : mínimo 3,00m

Gado de corte - produção/garrote/estrutura aberta : mínimo 2,80m

Gado de corte - produção/boi/estrutura aberta : mínimo 3,00m

Ovinos e Caprinos : mínimo 2,80m

• Características Arquitetônicas:

a) Galpões para aviário (orientação Leste-Oeste):

Tipo Corte(Frango) - largura : 8m a 13m

comprimento : 60m a 120m

mureta : 30cm

tela/cortinado

Tipo Poedeiras - largura/comprimento : muito variado

mureta : 30cm

tela/cortinado

b) Suínos:

Engorda/Terminação ($1\text{m}^2/\text{animal}$) - largura : 5m a 14m

comprimento : 25m a 100m

mureta : 80cm a 120cm

Matrizes/Reprodução ($4\text{m}^2/\text{animal}$) - idem

Maternidade ($5\text{m}^2/\text{animal}$) - idem

c) Gado de Leite:

Produção - $5\text{m}^2/\text{animal}$ a $8\text{m}^2/\text{animal}$

Matrizes/Reprodução - $8\text{m}^2/\text{animal}$

3.5 Conforto Térmico da Estrutura

As estruturas projetadas para o meio rural apresentam especificidades, destacando-se, dentre elas, a grande importância do conforto térmico, que afeta diretamente a produção. Desta forma, muitos pesquisadores da área de ambiência têm dedicado especial atenção ao desenvolvimento de modelos de instalações que proporcionem um melhor

desempenho diante das condições climáticas de nosso país - LEAL et al. (1993); MARTA FILHO e TARGA (1993).

Têm sido apresentado e estudado, do ponto de vista do comportamento térmico, as mais diversas soluções para o formato das edificações - BAÊTA et al. (1993), SANTOS et al. (1993); beirais - HARDOIM E LOPES (1993); aberturas - TARGA et al. (1993); tipos de materiais de cobertura - MOURA et al. (1992), HARDOIM e LOPES (1993), diretrizes arquitetônicas - FERREIRA (1990).

Muitas soluções, no entanto, podem não ser consideradas viáveis, do ponto de vista estrutural, quer pelas seções exigidas, quer pelas dificuldades construtivas, quer pelo aspecto econômico. Outras, apesar de viáveis, poderiam ter soluções bem mais práticas e econômicas do ponto de vista estrutural mantendo as mesmas características de conforto ambiental.

RODRIGUES e ARAÚJO (1995), mostraram que a cobertura exerce importante papel de controle das condições atmosféricas, principalmente, quanto à radiação solar. Embora não seja possível atuar nas variáveis climáticas, aspectos construtivos como: orientação, inclinação, beirais, bem como, escolha do tipo de telha mais adequada, devem ser cuidadosamente analisados, pois podem propiciar melhores condições de conforto térmico.

As instalações adequadamente projetadas resultam em melhores condições de manejo e de conforto térmico, refletindo em melhor sanidade e produtividade animal.

O objetivo do trabalho foi avaliar, a influência da orientação da estrutura em relação ao Sol, no conforto térmico no interior de uma instalação típica utilizada para a produção intensiva de frangos de corte.

Um índice de conforto térmico foi determinado em função do azimute do eixo da construção. Foram testadas as seguintes orientações: norte-sul (0°), sudoeste-nordeste (45°), leste-oeste(90°) e noroeste-sudeste (135°).

Verificou-se que o melhor índice de conforto ocorreu para a instalação orientada na direção leste-oeste.

3.6 Comentários e Conclusão

As referências citadas mostram a importância do conforto térmico das edificações rurais e apontam para um grande número de soluções para alcançar este conforto.

A grande maioria destas soluções apontam para parâmetros referentes ao tipo de cobertura, tipo de telhas, áreas e posicionamento de aberturas, fatores estes que, por sua vez interferem diretamente no dimensionamento das peças estruturais.

A variação dos parâmetros de inclinação, vãos livres e sistemas construtivos interferem diretamente nos esforços da estrutura e, conseqüentemente no seu dimensionamento.

Fica portanto evidente que não se pode propor solução independentes visando somente o conforto ou somente o cálculo estrutural.

A busca de um ambiente termicamente aceitável associado a uma estrutura otimizada virá completar a lacuna existente entre fatores tão importantes.

O Método das Tensões Admissíveis, na qual se baseava a antiga norma, não permitia ao projetista levar em consideração aspectos específicos do projeto, pois se baseava em fatores determinísticos. Os novos conceitos da Norma, permitem esta adequação pois é baseado em principais semi-probabilísticos. Esta mudança torna ainda mais adequado a proposta deste trabalho.

4. METODOLOGIA

✓ O material utilizado foi a madeira das seguintes espécies:

- Angelim araroba (*Vataireopsis araroba*)
- Eucalipto citriodora (*Eucalyptus citriodora*)
- Pinus elliotti (*Pinus elliottii* var. *elliottii*)

As espécies foram adotadas na tentativa de se abranger uma gama de densidades e de resistências que possibilite o enquadramento das espécies em classes de resistência. As classes de resistência têm o objetivo de possibilitar o emprego de madeira com propriedades padronizadas orientando a escolha do material para a elaboração de projetos estruturais.

O quadro 1 apresenta as classes de pesos específicos adotados com os respectivos espaçamentos entre treliças. O quadro 2 apresenta as características mecânicas das espécies adotadas no projeto.

QUADRO 1 - Massa específica das espécies adotadas (ρ_{ap}) à 12% de umidade, com seus respectivos espaçamento entre treliça.

Densidade aparente - (kg/m^3)	Espaçamento(m)
madeira com baixa densidade $\rho_{ap} \leq 600$	2,0
madeira com média densidade $600 < \rho_{ap} < 850$	3,0
madeira com alta densidade $\rho_{ap} \geq 850$	4,0

QUADRO 2 - Características mecânicas das espécies adotadas.

Espécies	Peso. Específico - madeira verde (kg/m^3) *	$\rho_{ap}(12\%)$ (kg/m^3) **	f_{c0} (MPa)	f_{t0} (MPa)	f_{t90} (MPa)	f_v (MPa)	E_{c0} (MPa)
Pinus Elliottii	620	560	404	660	25	74	118890
Angelim Araroba	750	688	505	692	31	71	128760
Eucalipto Citriodora	1050	999	620	1236	39	107	184210

* NBR-7190/82

* NBR-7190/95

✓ Para a execução dos cálculos foi utilizado como software o programa computacional de análise estrutural ESTRUPLA, elaborado pelo Prof. José Luiz F. de Arruda Serra, da Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Civil - Campinas/SP. Os programas mencionados acima foram executados no hardware - Micro Pentium - 166 MHZ - Windows/95.

- ✓ Os cálculos só levaram em conta a estrutura principal (treliça)
- ✓ Optou-se pela adoção de seções simples e as ligações, embora não estudadas, aponta para a utilização de chapas com dentes estampados.
- ✓ Elaboração de projetos à luz dos conceitos do Método das Tensões Admissíveis: treliças tipo “Howe”, vãos teóricos variando entre 5 a 15 metros, inclinação do telhado variando entre 11° a 17° (graus), telhas de barro do tipo paulista.
- ✓ Elaboração de projetos à luz dos conceitos do Método dos Estados Limites: treliças tipo “Howe”, vãos teóricos variando entre 5 a 15 metros, inclinação do telhado variando entre 11° a 17° (graus), telhas de barro do tipo paulista.
- ✓ Execução dos projetos, segundo as especificações contidas na NBR-6123 - Forças Devidas ao Vento em Edificações e NBR 8681 - Ações e Segurança nas Estruturas.
- ✓ Parâmetros fixos e intervalos dos parâmetros variáveis, etc.

Para a execução dos projetos foram adotados parâmetros referentes à edificação baseados na pesquisa bibliográfica e visitas técnicas. A intenção foi a de utilizar parâmetros usuais para as estruturas executadas no meio rural e são a seguir especificados:

a) Tipo de telha: de barro (capa-canal), pois como demonstra a literatura são as que promovem um melhor índice de conforto térmico. A telha a ser escolhida dá-se o nome de telha paulista (capa-canal) e conforme o IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., suas características são: 460 mm de comprimento, 160 a 180 mm de largura do lado maior e 120 a 140 de largura do lado menor, 70 mm de altura do lado maior e 55 a 70 mm de altura do lado menor, 13 mm de espessura, 2000 a 2150 g de massa média.

Como subsídio ao projeto estrutural, e tomando-se por base a maior massa, o peso próprio do telhado é de 690 N/m^2 , possuindo 26 telhas por m^2 .

b) Inclinação do banzo superior com a horizontal: foram fixados grau mínimo, médio e máximo da telha adotada, baseado no Manual de Execução do IPT - “Cobertura com Estrutura de Madeira e Telhados com Telhas Cerâmicas”.

c) Tipo de Treliça: foi adotado a estrutura de cobertura treliçada tipo Howe (“2 águas”), pois se trata da estrutura mais utilizada no meio rural. Esse tipo de estrutura também conhecida como treliça inglesa é a mais utilizado no Brasil.

Pela característica da geometria, para carregamentos permanentes, o banzo superior e as diagonais são solicitadas por compressão, enquanto que o banzo inferior e os

montantes são tracionados. Para carregamentos que resulte em sucção do telhado, os esforços internos se invertem em relação ao carregamento permanente. (Figura 3 - pág 27)

d) Pé direito: tendo em vista que a bibliografia indica estar o pé-direito das construções rurais no intervalo de 2,80 a 3,20 m, foi adotada a maior altura, que do ponto de vista estrutural é o crítico.

e) Aberturas: a bibliografia indica que a maioria das construções rurais se constituem de instalações totalmente ou parcialmente abertas nas laterais e sem lanternim. As aberturas foram adotadas, portanto, levando-se em conta estes dados.

f) Dimensões: a largura da edificação tem influência direta no cálculo estrutural. Pela literatura, a faixa usual nas construções rurais é de 5 a 14 m. A faixa adotada para o cálculo teórico foi de 5 a 15 m. Para o comprimento foi adotado um valor de 50 m.

g) Espaçamento entre treliças: não se encontrou nas referências ligação entre o espaçamento entre treliças e conforto. Neste caso, foram adotados em função da espécie de madeira utilizada na estrutura (Quadro 1). Foram utilizadas três espécies: baixa, média e alta densidades com espaçamento entre treliças de 2, 3 e 4 m respectivamente.

h) Orientação da edificação: De acordo com a literatura, a orientação leste-oeste é a mais recomendada para reduzir a incidência direta do sol no interior das instalações.

Para trabalhar com os fatores da Norma de vento foi escolhido a região de Campinas/SP.

i) Beiral: tendo em vista que a bibliografia indica beiral com variação de até 3 m, foi adotado um beiral de 1m de largura, pois está dentro das especificações da bibliografia e atende a maior parte das construções rurais.

✓ Dimensionamento da treliça:

Para efeito de dimensionamento, são considerados como elementos estruturais as barras da treliça (estrutura principal).

As estruturas de cobertura têm como função principal dar sustentação aos elementos integrantes do telhado, ou seja, às próprias telhas, às terças e outros.

As hipóteses básicas do cálculo estrutural foram:

- material trabalhando na fase elástica, ou seja, na faixa de validade da Lei de Hooke;
- módulo de elasticidade longitudinal (E) constante para toda a peça;
- consideração apenas de esforços axiais (tração e compressão);
- peso próprio de cada elemento estrutural concentrado em sua extremidade, evitando assim o efeito da flexão e do cisalhamento ao longo da peça.

A estrutura que compõe o trabalho, possui a seguinte configuração:

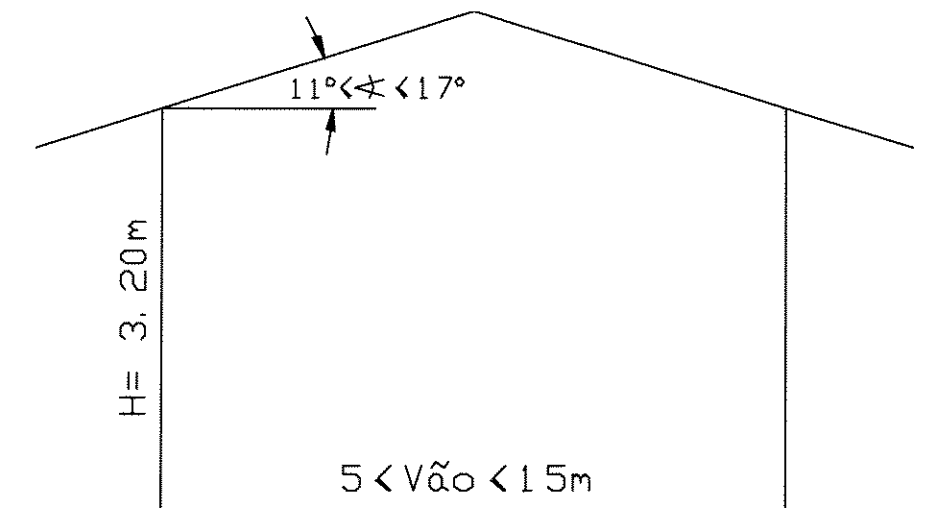


FIGURA 1 - Esquema da elevação da edificação.

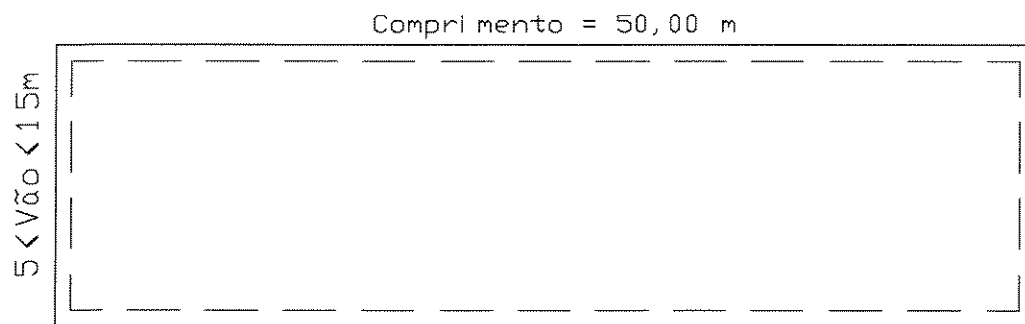


FIGURA 2 - Esquema da planta da edificação.

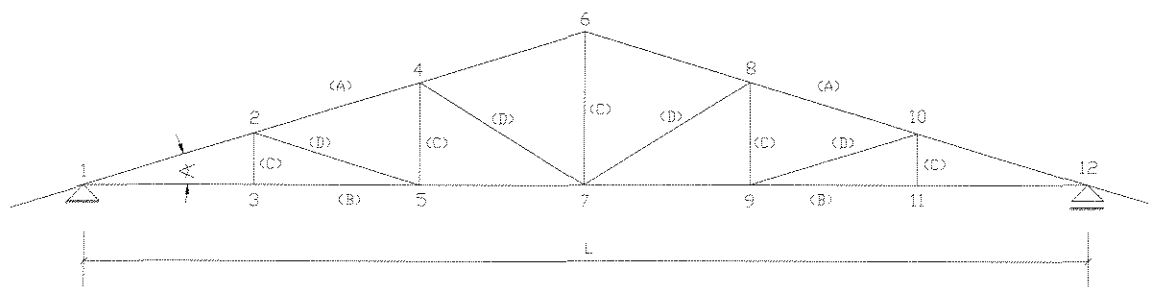


FIGURA 3 - Estrutura de cobertura treliçada tipo Howe - “2águas”

L = Vão Livre

α = Ângulo

(A) = Banzo Superior (B.S.)

(B) = Banzo Inferior (B.I.)

(C) = Montante (M.)

(D) = Diagonal (D.)

Dentre as ações com maiores probabilidades de ocorrência durante a fase construtiva e de utilização destacam-se a ação permanente e a ação variável (vento).

5. DIMENSIONAMENTO

O Trabalho consiste na execução de cálculo de 27 treliças e neste capítulo será demonstrado a execução dos projetos, através da exemplificação de um deles. O projeto exemplificado é a estrutura de cobertura treliçada da espécie eucalipto citriodora, vão livre de 5,00 m, inclinação de 17° e espaçamento (e) entre treliças de 4,00 m. Os outros parâmetros de edificação foram fixados para todos os projetos (ítem 4.0).

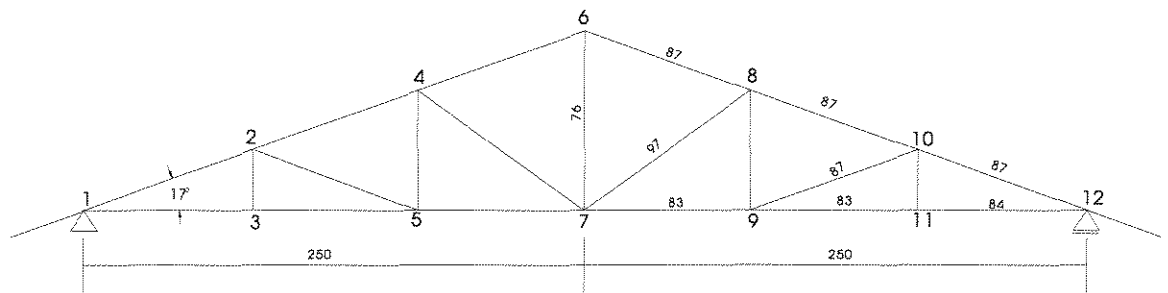


FIGURA 4 - Esquema de uma cobertura treliçada de madeira com inclinação de 17 graus e com as numerações em cada nó.

5.1 - Ação Permanente

Segundo a NBR-7190/95, as ações permanentes ocorrem com valores constantes ou de pequena variação em torno de sua média, durante praticamente toda a vida da construção.

Para o cálculo das cargas permanentes (c.p.) aplicadas nos nós da treliça, deve-se determinar o peso próprio da madeira (p.p.), o peso da telha (p.th.), o peso da terça (p.tç) e o peso da ferragem (p.f.).

Obs: As unidades serão em kgf e cm.

Os valores são obtidos segundo a NBR-7190/95 - item 4.c e de acordo com os catálogos dos fabricantes das telhas.

Para se calcular as cargas da estrutura, deve-se adotar uma seção de pré-dimensionamento das peças. Neste caso adotou-se a seção de 6 x 16 cm, em todas as peças da treliça.

Carga Permanente Total (C.P.) = p.p. + p.th. + p.tç. + p.f.

a) peso próprio (p.p.) = peso específico (γ) * seção adotada * comprimento de influência do nó (l.infl.)

QUADRO 3 - Peso próprio em cada nó do banzo superior da treliça de vão de 5m com inclinação de 17 graus, de espécie eucalipto citriodora

Nó	l.infl.	p.p.(N)
1	190,5	182,7
2	239,0	229,2
4	313,0	300,2
6	343,0	329,0
8	313,0	300,2
10	239,0	229,2
12	190,5	182,7

b) peso da telha (p.th.) = peso telha (catálogo) * l.infl. (B.S.) * espç.(e)

QUADRO 4 - Peso das telhas em cada nó do banzo superior da treliça de vão de 5m com inclinação de 17 graus, de espécie eucalipto citriodora

Nó	l.infl.	p.th.(N)
1	148,5	4098,6
2	87,0	2401,2
4	87,0	2401,2
6	87,0	2401,2
8	87,0	2401,2
10	87,0	2401,2
12	148,5	4098,6

c) peso da terça (p.tç.) = peso específico (γ) * seção adotada * espaç.(e)

$\Rightarrow$ p.tç. = 383,6 N em todos os nós do banzo superior

d) peso da ferragem (p.f.) = 7% do p.p.

Utilizou-se 7% do peso próprio pois levou-se em consideração o contraventamento.

QUADRO 5 - Peso das ferragens em cada nó do banzo superior de vão de 5m com inclinação de 17 graus, de espécie eucalipto citriodora

Nó	P.f.(N)
1	12,8
2	16,0
4	21,0
6	23,0
8	21,0
10	16,0
12	12,8

Carga Permanente Total (C.P.)

QUADRO 6 - Peso total em cada nó do banzo superior de vão de 5m com inclinação de 17 graus, de espécie eucalipto citriodora

Nó	C.P. (N)
1	4680,0
2	3030,0
4	3110,0
6	3140,0
8	3110,0
10	3030,0
12	4680,0

5.2 - Ação Variável (Acidental)

Segundo a NBR-7190/95, as cargas acidentais devido ao vento devem ser consideradas com a composição mais crítica. O cálculo dessas forças em cada nó da treliça são executadas de acordo com a NBR-6123/88.

$$\text{Carga devido ao Vento (C.V.)} = i.\text{infl.} * e * \text{pressão dinâmica (q)} * \text{coeficiente de pressão } (\Delta p)$$

A pressão de obstrução (q) é a diferença entre as pressões estáticas e numericamente igual à pressão dinâmica do fluxo em local não perturbado pelo obstáculo.

A pressão dinâmica de acordo com o item 4.1 da NBR-6123/88, é dada por:

$$q = \frac{V_k^2}{16}$$

onde V_k = velocidade característica do vento.

$$V_k = V_0 * S_1 * S_2 * S_3$$

Com os parâmetros do projeto:

$$V_0 = 45 \text{ m/s (Região de Campinas) segundo a NBR-6123/88}$$

$$S_1 = 1,0$$

$$S_2 = 0,74$$

$$S_3 = 0,95$$

então $V_k = 31,64 \text{ m/s}$

Logo : $q. = 62,57 \text{ kgf/m}^2$

O coeficiente de pressão (Δp), no caso das estruturas, tem uma ação interna combinada a uma ação externa para um ponto genérico.

A ação externa é dada pelo coeficiente de pressão externo (C_e) e a interna pelo coeficiente de pressão interno (C_i). A combinação procurada é aquela que conduza à um valor crítico Δp dado por:

$$\Delta p = (C_e - C_i.)$$

Com os dados do projeto, os coeficientes críticos foram:

$C_e = -1,0$ (sucção no telhado)

$C_i = +0,2$ (sobrepessão interna no telhado) ou $-0,3$ (Sucção interna no telhado)

A composição crítica para Δp foi: $\Delta p = -1,2$ (sucção no telhado)

A carga devido ao vento atua perpendicularmente à superfície do telhado e, de acordo com a NBR-6123/88, a força em cada nó deve ser calculada da seguinte maneira:

$$C.V. = 1.infl.(B.S.) * e. * q * \Delta p$$

O quadro 7 apresenta as cargas de vento em cada nó do banzo superior da treliça.

QUADRO 7 - Carga de vento em cada nó do banzo superior de vão de 5m com inclinação de 17 graus, de espécie eucalipto citriodora

Nó	l.infl. x e	C.V.(N)
1	$1,485 * 4,0 = 5,94$	4460,0
2	$0,87 * 4,0 = 3,48$	2612,9
4	$0,87 * 4,0 = 3,48$	2612,9
6	$0,87 * 4,0 = 3,48$	2612,9
8	$0,87 * 4,0 = 3,48$	2612,9
10	$0,87 * 4,0 = 3,48$	2612,9
12	$1,485 * 4,0 = 5,94$	4460,0

5.3 - Esforços Internos Críticos

Na estrutura analisada, consideram-se críticos as seguintes condições de carregamento:

a) ação permanente : $1,4 * CP$

b) ação combinada com ação do vento (sucção) = $0,9 * CP + 1,4 * 0,75 * CV_{\text{sucção}}$

Considerou-se a indicação de Norma (ítem 4.5.8) que leva em consideração a possibilidade de se multiplicar o coeficiente de majoração de carga de vento por 0,75.

Analises semelhantes foram executadas para os vinte e sete (27) diferentes tipos de treliça, determinando assim os esforços normais de tração e compressão.

O Quadro 8 apresenta os esforços internos críticos das barras da treliça do exemplo.

QUADRO 8 - Exemplo dos esforços Internos críticos das barras da treliça de vão de 5 m com inclinação de 17°, de espécie eucalipto citriodora.

Elemento estrutural	Barra	Comp. (cm)	Esforços Crítico (N)	
			Compressão	Tração
Banzo Superior	1	87.0	-37670	3430
	6	87.0	-29660	3920
	3	87.0	-22330	4580
	4	87.0	-22330	4580
	5	87.0	-29660	3920
	6	87.0	-37670	3430
Banzo Inferior	7	84.0	-1910	36100
	8	83.0	-1910	36100
	9	83.0	-1570	28300
	10	83.0	-1570	28300
	11	83.0	-1910	36100
	12	84.0	-1910	36100
Montante	13	25.0	0	0
	14	51.0	-110	2350
	15	76.0	-200	8510
	16	51.0	-110	2350
	17	25.0	0	0
Diagonal	18	87.0	-8150	360
	19	97.0	-8130	190
	20	97.0	-8130	190
	21	87.0	-8150	360

5.4 - Esforços Resistentes de Cálculo

Para o dimensionamento usando os conceitos da nova norma foram calculados esforços resistentes de cálculo para a espécie adotada no projeto e para as solicitações tração e compressão.

Os valores de cálculo da resistência são dados por:

$$f_{wd} = K_{mod} \cdot \frac{f_{wk}}{\gamma_w}$$

O coeficiente de modificação K_{mod} é especificado no item 5.2.4 da norma

$$K_{mod} = K_{mod1} * K_{mod2} * K_{mod3} , \text{ onde :}$$

- Coeficiente Parcial de Modificação “1” : considera a classe de carregamento e o tipo de material empregado.
- Coeficiente Parcial de Modificação “2” : considera a classe de umidade e o tipo de material empregado.
- Coeficiente Parcial de Modificação “3” : considera a qualidade da madeira empregada.

Com os dados do projeto: $K_{mod1} = 0,7$

$$K_{mod2} = 1$$

$$K_{mod3} = 0,8$$

Os coeficientes de ponderação das resistências (γ_w) tem seus valores especificados no item 5.2.5 e 5.2.6 da NBR-7190/95:

- ✎ Tração Paralela às Fibras $\Rightarrow \gamma_{wt}=1,8$
 - ✎ Compressão Paralela às Fibras $\Rightarrow \gamma_{wc}=1,4$
- Estados Limites de Utilização :
- ✎ Valor Básico $\Rightarrow \gamma_w= 1,0$

Para o eucalipto citriodora as resistências de cálculo obtidas foram:

- Resistência à compressão paralela às fibras

$$f_{cd} = K_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_w}$$

$$f_{cd} = 17,36 \text{ MPa}$$

- Resistência à tração paralela às fibras

$$f_{td} = K_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{tk}}{\gamma_w}$$

$$f_{td} = 29,92 \text{ MPa}$$

5.5 - Esforços Resistentes Admissíveis

Para o dimensionamento pelo método das tensões admissíveis adotado pela NBR-7190/82 tem-se:

✓ Tração Paralela às Fibras

$$\overline{\sigma}_t = 0.15\sigma_F$$

onde : $\overline{\sigma}_t$ = resistência admissível à tração paralela

σ_F = limite de resistência da madeira verde na flexão simples

Para a espécie do exemplo: $\overline{\sigma}_t = 20,0$ MPa

✓ Compressão Paralela às Fibras

◆ Peças Curtas ($\lambda < 40$) - item 5.1 :

$$\overline{\sigma}_c = 0.20\sigma_c$$

onde:

$\overline{\sigma}_c$ = tensão admissível de compressão paralela às fibras

σ_c = tensão de compressão da madeira verde

Para a espécie do exemplo: $\overline{\sigma}_c = 12,4$ MPa

◆ Peças Intermediária ($40 < \lambda < \lambda_0$)

onde:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{3\pi^2 E}{8\sigma_c}} = 74$$

$$\overline{\sigma}_\lambda = \overline{\sigma}_c \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \frac{\lambda - 40}{\lambda_0 - 40} \right]$$

♦ Peças Longas ($\lambda > \lambda_0$)

$$\overline{\sigma}_f = \frac{\pi^2 E}{4\lambda^2}$$

5.6 - Dimensionamento das seções das barras de treliça

As seções das Barras de treliça foram dimensionadas à luz dos conceitos do Método dos Estados Limites e à luz do Método das Tensões Admissíveis.

Cada uma das barras da treliça foi dimensionada para os esforços provocados pela carga permanente bem como verificados para inversão de esforços.

5.6.1 - Método dos Estados Limites

a) Banzo Superior

Dados:

Barra 1 $\Rightarrow N_d = - 3767 \text{ kgf}$

Barra 3 $\Rightarrow N_d = + 458 \text{ kgf}$

Seção adotada = (6x7)

L = 87 cm

✓ Momento de Inércia, Área, Esbeltez da peça:

$$I_{min} = \frac{b.h^3}{12} = 126 \text{ cm}^4$$

$$A = 42 \text{ cm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = 1,73$$

$$\lambda = \frac{L}{i} = 50,29$$

$$\lambda = 50,29 \quad \Leftrightarrow \quad (40 < \lambda < 80) - \text{Peça Mediamente Esbelta}$$

✓ Tensão atuante de compressão:

$$\sigma_{cd} = \frac{N_d}{A} = 8,97 \text{ MPa} \quad 8,97 \cdot 17,36 \quad \text{ok!}$$

✓ Estabilidade:

$$\frac{\sigma_{nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{md}}{f_{cd}} \leq 1,0$$

cálculo: $\sigma_{nd} = 8,97 \text{ MPa}$

$$e_i = \frac{h}{20} = 0,35$$

$$e_a = \frac{L}{300} = 0,29$$

$$e_1 = e_i + e_a = 0,64$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E_{c0} \cdot I_{min}}{L^2} = 30265$$

$$e_d = e_1 \cdot \left(\frac{F_e}{F_e - N_d} \right) = 0,73$$

$$M_d = N_d \cdot e_d = 2754 \text{ kgf.cm}$$

$$\sigma_{md} = 7,65 \text{ MPa}$$

Logo:

$$\frac{\sigma_{nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{md}}{f_{cd}} \leq 1,0 \quad 0,96 \quad \bullet \quad 1,00 \quad \text{ok!}$$

✓ Tensão atuante de tração (inversão do esforço)

$$\sigma_{td} = \frac{N_d}{A} = 1,27 \text{ MPa} \quad 1,27 \leq 26,92 \quad \text{ok!}$$

b) Banzo Inferior

Dados:

$$\text{Barra 7} \Rightarrow N_d = + 3610 \text{ kgf}$$

$$\Rightarrow N_d = - 191 \text{ kgf}$$

$$\Rightarrow N_{gk} = - 189 \text{ kgf}$$

Seção adotada (6x3)

$$L = 84 \text{ cm}$$

✓ Momento de Inércia, Área, Esbeltez da peça:

$$I_{min} = \frac{b \cdot h^3}{12} = 13,5 \text{ cm}^4$$

$$A = 18 \text{ cm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = 0,87$$

$$\lambda = \frac{L}{i} = 96,55$$

$$\lambda = 96,55 \quad \Leftrightarrow \quad (\lambda > 80) - \text{Peça Esbelta}$$

✓ Tensão atuante de tração:

$$\sigma_{td} = \frac{N_d}{A} = 20,06 \text{ MPa} \quad 20,06 \leq 26,92 \quad \text{ok!}$$

✓ Tensão atuante de compressão:(inversão do esforço)

$$\sigma_{cd} = \frac{N_d}{A} = 1,06 \text{ MPa} \quad 1,06 \leq 17,36 \quad \text{ok!}$$

✓ Estabilidade:

$$\frac{\sigma_{nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{md}}{f_{cd}} \leq 1,0$$

cálculo: $\sigma_{nd} = 1,06 \text{ MPa}$

$$e_i = e_a = e_{ig} = \frac{L}{300} = 0,29$$

$$Fe = \frac{\pi^2 \cdot E_{c0} \cdot I_{min}}{L^2} = 3478,47$$

$$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left[\exp \cdot \frac{\phi \cdot N_{gk}}{Fe - N_{gk}} - 1 \right]$$

De acordo com a equação acima e com os dados do projeto $e_c=0,03$

$$e_{1,ef} = e_i + e_a + e_c = 0,61$$

$$M_d = N_d \cdot e_{1,ef} \cdot \left(\frac{Fe}{Fe - N_d} \right) = 123,28$$

$$\sigma_{md} = 13,7 \text{ MPa}$$

logo :

$$\frac{\sigma_{nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{md}}{f_{cd}} \leq 1,0 \quad 0,85 \quad \bullet \quad 1,0 \quad \text{ok!}$$

c) Montante

Dados:

$$\text{Barra 15} \Rightarrow N_d = - 20 \text{ kgf}$$

$$\Rightarrow N_d = + 851 \text{ kgf}$$

$$\Rightarrow N_{gk} = -19 \text{ kgf}$$

$$\text{Seção adotada} = (6 \times 3)$$

$$L = 76 \text{ cm}$$

✓ Momento de Inércia, Área, Esbeltez da peça:

$$I_{min} = \frac{b \cdot h^3}{12} = 13,5 \text{ cm}^4$$

$$A = 18 \text{ cm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = 0,87$$

$$\lambda = \frac{L}{i} = 88,0$$

$$\lambda = 88,0 \quad \Leftrightarrow \quad (\lambda > 80) - \text{Peça Esbelta}$$

✓ Tensão atuante de tração:

$$\sigma_{td} = \frac{N_d}{A} = 4,73 \text{ MPa} \quad 4,73 \leq 26,92 \quad \text{ok!}$$

✓ Tensão atuante de compressão: (inversão do esforço)

$$\sigma_{cd} = \frac{N_d}{A} = 0,11 \text{ MPa} \quad 0,11 \leq 17,36 \quad \text{ok!}$$

✓ Estabilidade:

$$\frac{\sigma_{nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{md}}{f_{cd}} \leq 1,0$$

cálculo: $\sigma_{nd} = 0,11 \text{ MPa}$

$$e_i = e_a = e_{ig} = \frac{L}{300} = 0,25$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E_{c0} \cdot I_{min}}{L^2} = 4249,32$$

$$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left[\exp \cdot \frac{\phi \cdot N_{gk}}{F_e - N_{gk}} - 1 \right]$$

$$e_{1,ef} = e_i + e_a + e_c = 0,5$$

$$M_d = N_d \cdot e_{1,ef} \cdot \left(\frac{F_e}{F_e - N_d} \right) = 10,05$$

$$\sigma_{md} = 0,11 \text{ MPa}$$

logo :

$$\frac{\sigma_{nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{md}}{f_{cd}} \leq 1,0 \quad 0,01 \quad \bullet \quad 1,0 \quad \text{ok!}$$

d) Diagonal

Dados:

$$\text{Barra 18} \Rightarrow N_d = -815 \text{ kgf}$$

$$\Rightarrow N_k = -582 \text{ kgf}$$

$$\Rightarrow N_d = 36 \text{ kgf}$$

$$\text{Seção adotada} = (6 \times 3)$$

$$L = 87 \text{ cm}$$

✓ Momento de Inércia, Área, Esbeltez da peça:

$$I_{min} = \frac{b \cdot h^3}{12} = 13,5 \text{ cm}^4$$

$$A = 18 \text{ cm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = 0,87$$

$$\lambda = \frac{L}{i} = 100,0$$

$$\lambda = 100,0 \quad \Leftrightarrow \quad (\lambda > 80) - \text{Peça Esbelta}$$

✓ Tensão atuante de compressão:

$$\sigma_{cd} = 4,53 \text{ MPa} \qquad 4,53 \cdot 17,36 \qquad \text{ok!}$$

✓ Estabilidade:

$$\frac{\sigma_{nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{md}}{f_{cd}} \leq 1,0$$

cálculo: $\sigma_{nd} = 4,53 \text{ MPa}$

$$e_i = e_a = e_{ig} = \frac{L}{300} = 0,29$$

$$Fe = \frac{\pi^2 \cdot E_{c0} \cdot I_{min}}{L^2} = 3242,71$$

$$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left[\exp \cdot \frac{\phi \cdot N_{gk}}{Fe - N_{gk}} - 1 \right]$$

De acordo com a equação acima e com os dados do projeto $e_c=0.11$

$$e_{1,ef} = e_i + e_a + e_c = 0,69$$

$$M_d = N_d \cdot e_{1,ef} \cdot \left(\frac{Fe}{Fe - N_d} \right) = 751,11$$

$$\sigma_{md} = 8,35 \text{ MPa}$$

logo :

$$\frac{\sigma_{nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{md}}{f_{cd}} \leq 1,0 \qquad 0,74 \cdot 1,0 \qquad \text{ok!}$$

✓ Tensão atuante de tração: (inversão dos esforços)

$$\sigma_{td} = \frac{N_d}{A} = 0,20 \text{ MPa} \qquad 0,20 \leq 26,92 \qquad \text{ok!}$$

5.6.2 - Método das Tensões Admissíveis

a) Banzo Superior

Dados:

$$\text{Barra 1} \Rightarrow N_d = - 3767 \text{ kgf}$$

$$\text{Barra 3} \Rightarrow N_d = + 458 \text{ kgf}$$

$$\text{Seção adotada} = (6 \times 6)$$

$$L = 87 \text{ cm}$$

✓ Momento de Inércia, Área, Esbeltez da peça:

$$I_{min} = \frac{b \cdot h^3}{12} = 108 \text{ cm}^4$$

$$A = 36 \text{ cm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = 1,73$$

$$\lambda = \frac{L}{i} = 50,29$$

$$\lambda = 50,29 \quad \Leftrightarrow \quad (40 < \lambda < 80) - \text{Peça Intermediária}$$

$$\overline{\sigma}_t = 20,0 \text{ MPa}$$

$$\overline{\sigma}_f = 11,7 \text{ MPa}$$

✓ Tensão atuante de compressão

$$\sigma_{at} \leq \overline{\sigma_f}$$

$$\sigma_{at} = 10,5 \text{ MPa} \qquad 10,5 \leq 11,7 \qquad \text{ok!}$$

✓ Tensão atuante de tração (inversão dos esforços)

$$\sigma_{at} \leq \overline{\sigma_t}$$

$$\sigma_{at} = 1,27 \text{ MPa} \qquad 1,27 \leq 20,0 \qquad \text{ok!}$$

b) Banzo Inferior

Dados:

$$\text{Barra 7} \Rightarrow N_d = + 3610 \text{ kgf}$$

$$\Rightarrow N_d = - 191 \text{ kgf}$$

Seção adotada (6x3)

$$L = 84 \text{ cm}$$

✓ Momento de Inércia, Área, Esbeltez da peça:

$$I_{min} = \frac{b \cdot h^3}{12} = 13,5 \text{ cm}^4$$

$$A = 18 \text{ cm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = 0,87$$

$$\lambda = \frac{L}{i} = 96,55$$

$$\lambda = 96,55 \quad \Leftrightarrow \quad (\lambda > 80) - \text{Peça Longa}$$

$$\overline{\sigma}_t = 20,0 \text{ MPa}$$

$$\overline{\sigma}_{fl} = 4,88 \text{ MPa}$$

✓ Tensão atuante de tração

$$\sigma_{at} \leq \overline{\sigma}_t$$

$$\sigma_{at} = 20,0 \text{ MPa} \qquad 20,0 \leq 20,0 \qquad \text{ok!}$$

✓ Tensão atuante de compressão (inversão do esforço)

$$\sigma_{at} \leq \overline{\sigma}_{fl}$$

$$\sigma_{at} = 1,06 \text{ MPa} \qquad 1,06 \leq 4,88 \qquad \text{ok!}$$

c) Montante

Dados:

$$\text{Barra 15} \Rightarrow N_d = - 20 \text{ kgf}$$

$$\Rightarrow N_d = + 851 \text{ kgf}$$

$$\text{Seção adotada} = (6 \times 3)$$

$$L = 76 \text{ cm}$$

✓ Momento de Inércia, Área, Esbeltez da peça:

$$I_{min} = \frac{b \cdot h^3}{12} = 13,5 \text{ cm}^4$$

$$A = 18 \text{ cm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = 0,87$$

$$\lambda = \frac{L}{i} = 88$$

$$\lambda = 88 \quad \Leftrightarrow \quad (\lambda > 80) - \text{Peça Longa}$$

$$\overline{\sigma}_t = 20,0 \text{ MPa}$$

$$\overline{\sigma}_f = 9,13 \text{ MPa}$$

✓ Tensão atuante de tração

$$\sigma_{at} \leq \overline{\sigma}_t$$

$$\sigma_{at} = 4,73 \text{ MPa} \quad 4,73 \leq 20,0 \quad \text{ok!}$$

✓ Tensão atuante de compressão (inversão do esforço)

$$\sigma_{at} \leq \overline{\sigma}_f$$

$$\sigma_{at} = 1,11 \text{ MPa} \quad 1,11 \leq 9,13 \quad \text{ok!}$$

d) Diagonal

Dados:

$$\text{Barra 18} \Rightarrow N_d = -815 \text{ kgf}$$

$$\Rightarrow N_d = 36 \text{ kgf}$$

$$\text{Seção adotada} = (6 \times 3)$$

$$L = 87 \text{ cm}$$

✓ Momento de Inércia, Área, Esbeltez da peça:

$$I_{min} = \frac{b.h^3}{12} = 13,5 \text{ cm}^4$$

$$A = 18 \text{ cm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = 0,87$$

$$\lambda = \frac{L}{i} = 100,0$$

$$\lambda = 100,0 \quad \Leftrightarrow \quad (\lambda > 80) - \text{Peça Longa}$$

$$\overline{\sigma}_t = 20,0 \text{ MPa}$$

$$\overline{\sigma}_{fl} = 4,55 \text{ MPa}$$

✓ Tensão atuante de compressão

$$\sigma_{at} \leq \overline{\sigma}_{fl}$$

$$\sigma_{at} = 4,53 \text{ MPa} \qquad 4,53 \leq 4,55 \qquad \text{ok!}$$

✓ Tensão atuante de tração (inversão dos esforços)

$$\sigma_{at} \leq \overline{\sigma}_t$$

$$\sigma_{at} = 0,20 \text{ MPa} \qquad 0,20 \leq 20,0 \qquad \text{ok!}$$

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os procedimentos indicados no capítulo 5 foram obtidas as seções transversais dos elementos que compõe a estrutura principal (treliça). No quadro 9 a 17 podem ser visualizadas as seções adotadas pela NBR-7190/82, NBR-7190/95 e a seção comercial para cada vão, inclinação e espécie.

A seção comercial mínima de (6x8) adotada no projeto foi baseada na pesquisa realizada na disponibilidade das madeireiras da região de Campinas.

As seções apresentadas nos quadros abaixo, foram obtidas de acordo com o dimensionamento dos esforços nas barras da treliça. Estes esforços foram obtidos com diferentes espaçamentos entre treliças, de acordo com as espécies de madeira. Para o pinus, angelim e eucalipto os espaçamentos entre treliças são de 2, 3 e 4 metros respectivamente.

QUADRO 9 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 5 m e inclinação de 11 graus para as três espécies de madeira.

Espécie	Peças Estruturais	Seção Adotada NBR-7190/82	Seção Adotada NBR-7190/95	Seção Comercial
Pinus elliotti	B.S.	(6x5)	(6x6)	(6x8)
	B.I.	(6x4)	(6x5)	(6x8)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
Angelim araroba	B.S.	(6x6)	(6x8)	(6x8)
	B.I.	(6x5)	(6x7)	(6x8)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x4)	(6x8)
Eucalitpo citriodora	B.S.	(6x6)	(6x9)	(6x12)
	B.I.	(6x4)	(6x5)	(6x8)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x4)	(6x8)

QUADRO 10 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 5 m e inclinação de 14 graus para as três espécies de madeira.

Espécie	Peças Estruturais	Seção Adotada NBR-7190/82	Seção Adotada NBR-7190/95	Seção Comercial
Pinus elliotti	B.S.	(6x4)	(6x6)	(6x8)
	B.I.	(6x3)	(6x4)	(6x8)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
Angelim araroba	B.S.	(6x4)	(6x6)	(6x8)
	B.I.	(6x3)	(6x5)	(6x8)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
Eucalipto citriodora	B.S.	(6x5)	(6x7)	(6x8)
	B.S.	(6x3)	(6x4)	(6x8)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x3)	(6x8)

QUADRO 11 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 5 m e inclinação de 17 graus para as três espécies de madeira.

Espécie	Peças Estruturais	Seção Adotada NBR-7190/82	Seção Adotada NBR-7190/95	Seção Comercial
Pinus elliotti	B.S.	(6x3)	(6x5)	(6x8)
	B.I.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
Angelim araroba	B.S.	(6x4)	(6x6)	(6x8)
	B.I.	(6x3)	(6x5)	(6x8)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
Eucalipto citriodora	B.S.	(6x5)	(6x7)	(6x8)
	B.I.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x3)	(6x8)

QUADRO 12 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 10 m e inclinação de 11 graus para as três espécies de madeira.

Espécie	Peças Estruturais	Seção Adotada NBR-7190/82	Seção Adotada NBR-7190/95	Seção Comercial
Pinus elliotti	B.S.	(6x11)	(6x15)	(6x16)
	B.I.	(6x7)	(6x10)	(6x12)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x4)	(6x8)
Angelim Araroba	B.S.	(6x13)	(6x18)	(6x20)
	B.I.	(6x10)	(6x13)	(6x16)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x5)	(6x8)
Eucalipto citriodora	B.S.	(6x15)	(6x20)	(6x20)
	B.I.	(6x8)	(6x10)	(6x12)
	Montante	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	Diagonal	(6x3)	(6x6)	(6x8)

QUADRO 13 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 10 m e inclinação de 14 graus para as três espécies de madeira

Espécie	Peças Estruturais	Seção Adotada NBR-7190/82	Seção Adotada NBR-7190/95	Seção Comercial
Pinus elliotti	B.S.	(6x9)	(6x13)	(6x16)
	B.I.	(6x6)	(6x8)	(6x8)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x4)	(6x8)
Angelim araroba	B.S.	(6x11)	(6x15)	(6x16)
	B.I.	(6x8)	(6x11)	(6x12)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x5)	(6x8)
Eucalipto citriodora	B.S.	(6x12)	(6x16)	(6x16)
	B.I.	(6x6)	(6x8)	(6x8)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x5)	(6x8)

QUADRO 14 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 10 m e inclinação de 17 graus para as três espécies de madeira.

Espécie	Peças Estruturais	Seção Adotada NBR-7190/82	Seção Adotada NBR-7190/95	Seção Comercial
Pinus elliotti	B.S.	(6x8)	(6x11)	(6x12)
	B.I.	(6x5)	(6x7)	(6x8)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x5)	(6x8)
Angelim araroba	B.S.	(6x9)	(6x13)	(6x16)
	B.I.	(6x7)	(6x9)	(6x12)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x4)	(6x5)	(6x8)
Eucalipto citriodora	B.S.	(6x10)	(6x14)	(6x16)
	B.I.	(6x5)	(6x7)	(6x8)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x3)	(6x5)	(6x8)

QUADRO 15 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 15 m e inclinação de 11 graus para as três espécies de madeira.

Espécie	Peças Estruturais	Seção Adotada NBR-7190/82	Seção Adotada NBR-7190/95	Seção Comercial
Pinus elliotti	B.S.	(6x17)	(6x24)	(6x25)
	B.I.	(6x11)	(6x15)	(6x16)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x5)	(6x6)	(6x8)
Angelim araroba	B.S.	(6x22)	(6x30)	(6x30)
	B.I.	(6x15)	(6x21)	(6x25)
	M.	(6x3)	(6x4)	(6x8)
	D.	(6x6)	(6x8)	(6x8)
Eucalipto citriodora	B.S.	(6x23)	(6x33)	(6x35) *
	B.I.	(6x11)	(6x15)	(6x16)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x6)	(6x8)	(6x8)

* Seção composta.

QUADRO 16 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 15 m e inclinação de 14 graus para as três espécies de madeira.

Espécie	Peças Estruturais	Seção Adotada NBR-7190/82	Seção Adotada NBR-7190/95	Seção Comercial
Pinus elliotti	B.S.	(6x14)	(6x19)	(6x20)
	B.I.	(6x9)	(6x12)	(6x12)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x5)	(6x7)	(6x8)
Angelim araroba	B.S.	(6x18)	(6x24)	(6x25)
	B.I.	(6x12)	(6x17)	(6x20)
	M.	(6x3)	(6x4)	(6x8)
	D.	(6x7)	(6x10)	(6x12)
Eucalipto citriodora	B.S.	(6x19)	(6x26)	(6x30)
	B.I.	(6x9)	(6x12)	(6x12)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x7)	(6x9)	(6x12)

QUADRO 17 - Dimensionamento das peças estruturais com vão de 15 m e inclinação de 17 graus para as três espécies de madeira.

Espécie	Peças Estruturais	Seção Adotada NBR-7190/82	Seção Adotada NBR-7190/95	Seção Comercial
Pinus elliotti	B.S.	(6x12)	(6x17)	(6x20)
	B.I.	(6x7)	(6x10)	(6x12)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x7)	(6x9)	(6x12)
Angelim araroba	B.S.	(6x15)	(6x21)	(6x25)
	B.I.	(6x10)	(6x14)	(6x16)
	M.	(6x3)	(6x4)	(6x8)
	D.	(6x9)	(6x13)	(6x16)
Eucalipto citriodora	B.S.	(6x16)	(6x22)	(6x25)
	B.I.	(6x8)	(6x10)	(6x12)
	M.	(6x3)	(6x3)	(6x8)
	D.	(6x9)	(6x12)	(6x12)

Com as seções do dimensionamento foram calculados os volumes de madeira por unidade de área (Quadro 18) bem como o custo pôr unidade de área (Quadro 19), em função do vão livre e inclinação, considerando valores da região de Campinas/SP.

Foram feitas cotação de preços por m³ em diversas madeiras na região de Campinas/SP:

Pinus = R\$ 230,00 m³

Angelim = R\$ 327,00 m³

Eucalipto = R\$ 350,00 m³

QUADRO 18 - Valores em volumes por área (m^3/m^2) em função da inclinação para os três vãos - Seções adotadas.

Vão livre (m)	Inclinação	Pinus elliottii	Angelim araroba	Eucaliptus citriodora
5	11°	0.0042	0.0038	0.0028
	14°	0.0040	0.0030	0.0023
	17°	0.0035	0.0030	0.0022
10	11°	0.0091	0.0076	0.0058
	14°	0.0081	0.0068	0.0049
	17°	0.0078	0.0061	0.0045
15	11°	0.0144	0.0128	0.0092
	14°	0.0127	0.0116	0.0081
	17°	0.0128	0.0116	0.0081

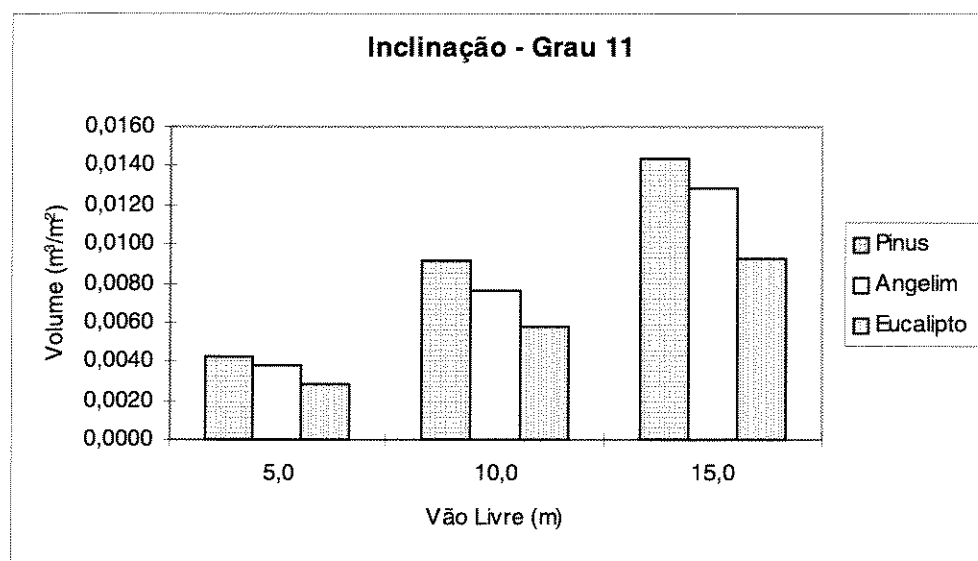
QUADRO 19 - Valores de custo por área ($\text{R}\$/\text{m}^2$) em função da inclinação para os três vãos - Seções adotadas.

Vão Livre (m)	Inclinação	Pinus elliottii	Angelim Araroba	Eucaliptus Citriodora
5	11°	0.97	1.24	0.98
	14°	0.92	0.98	0.81
	17°	0.81	0.98	0.77
10	11°	2.09	2.49	2.03
	14°	1.86	2.22	1.72
	17°	1.79	1.99	1.58
15	11°	3.31	4.19	3.22
	14°	2.92	3.79	2.84
	17°	2.94	3.79	2.84

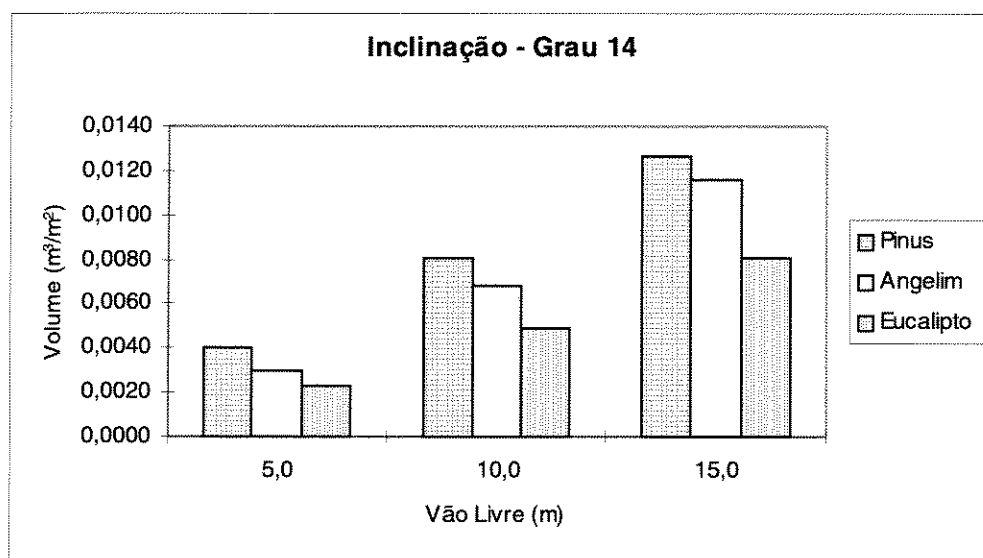
Para facilitar a visualização dos resultados, foram construídos os gráficos das figuras 5 a 8.

FIGURA 5 - Volume por área em função do vão livre para as três inclinações. a) inclinação de 11 graus. b) inclinação de 14 graus. c) inclinação de 17 graus - Seções adotadas

a)



b)



c)

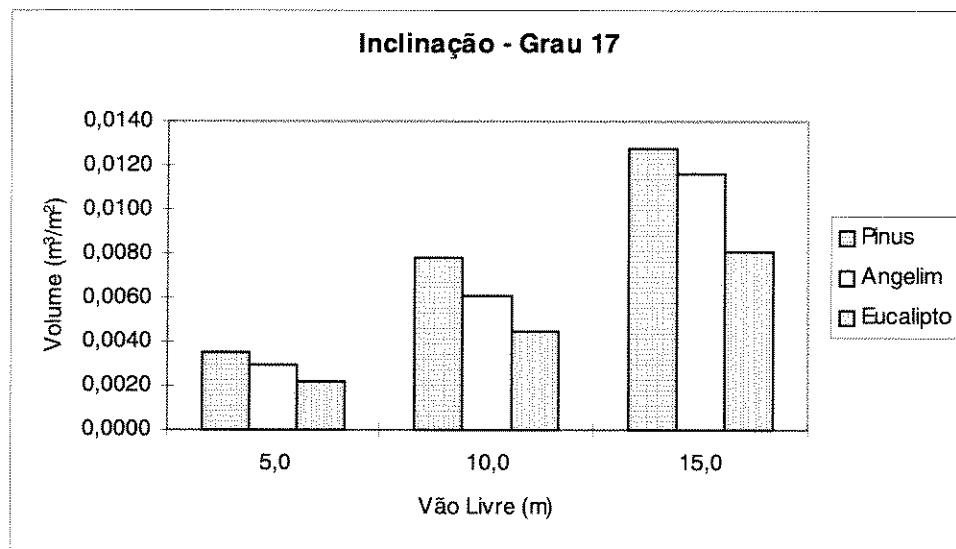
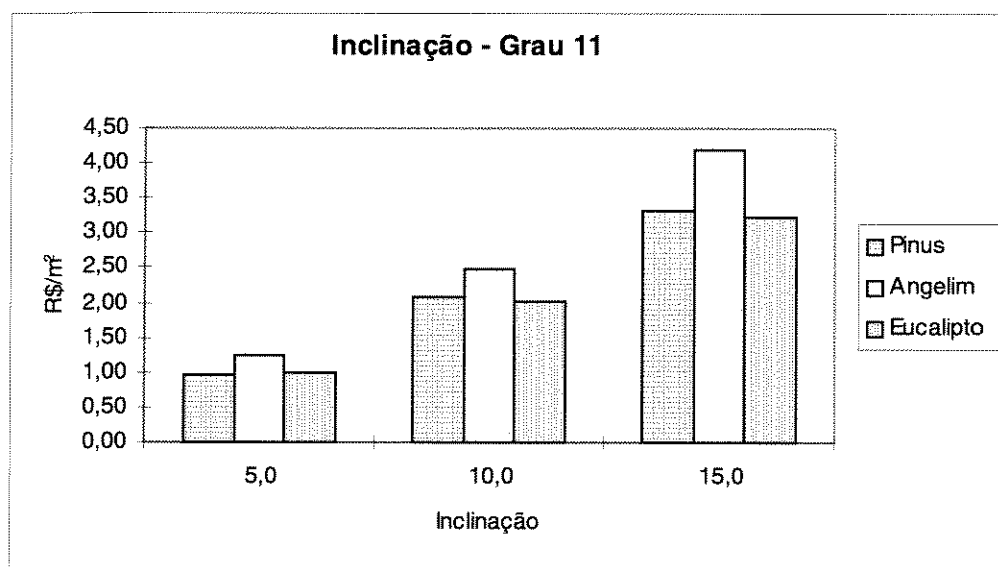
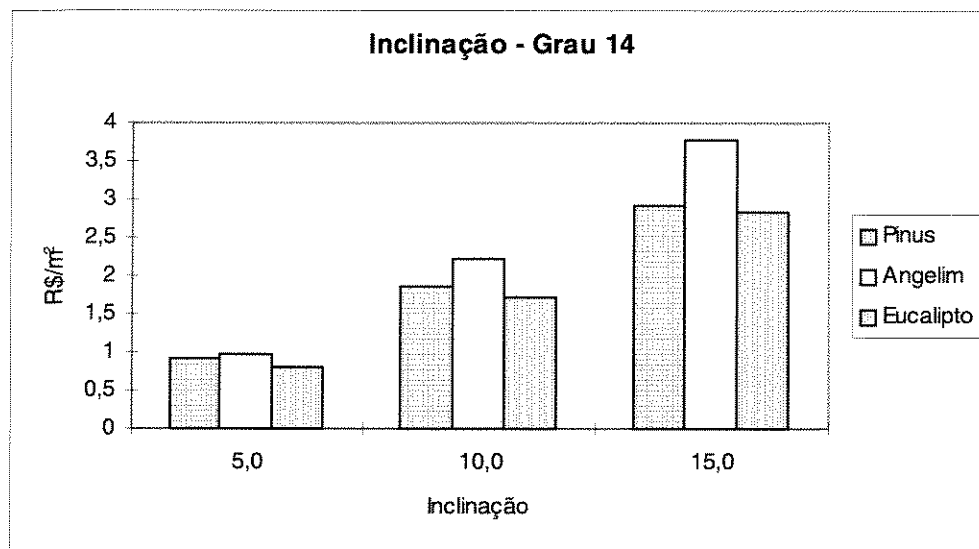


FIGURA 6 - Custo por área em função do vão livre para as três inclinações. a) inclinação de 11 graus. b) inclinação de 14 graus. c) inclinação de 17 graus - Seções adotadas

a)



b)



c)

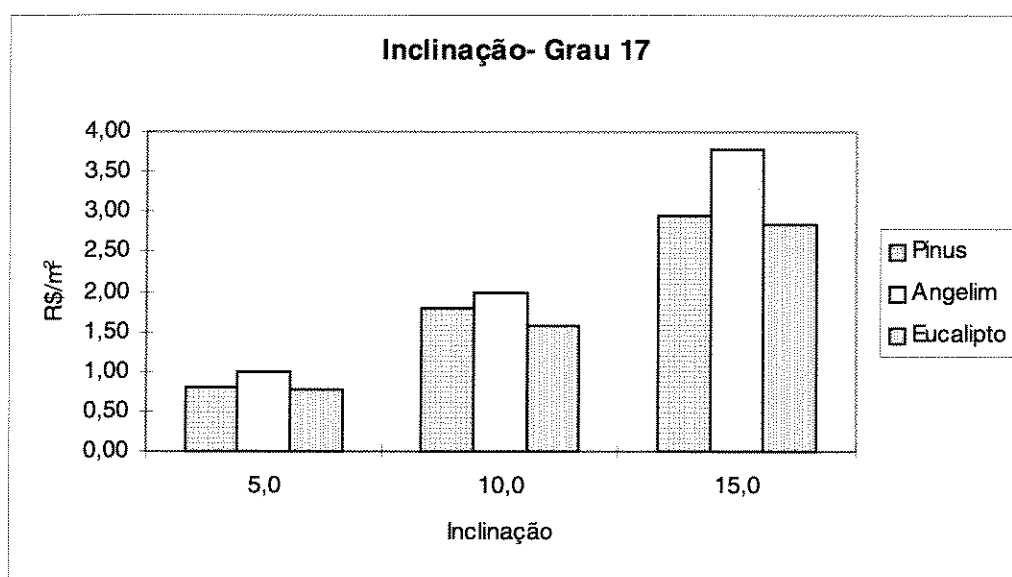
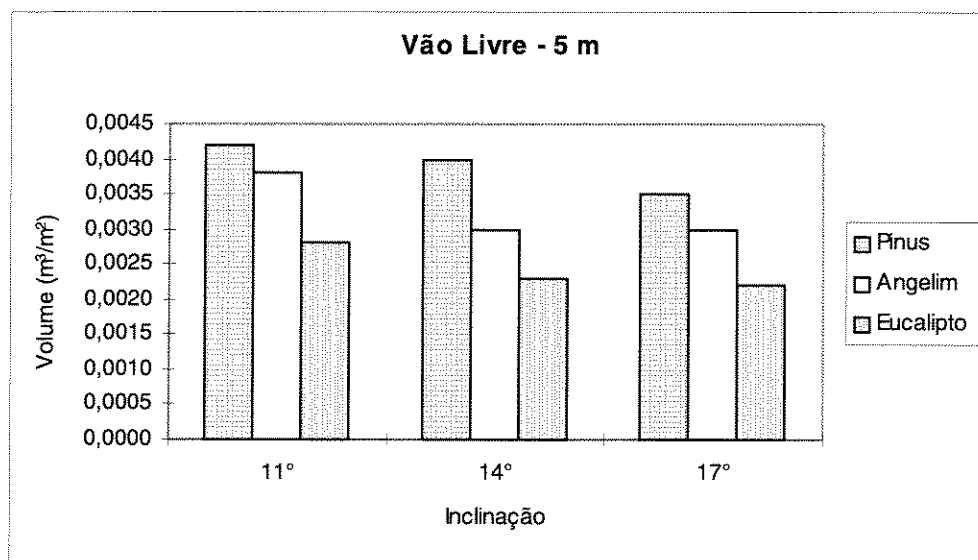
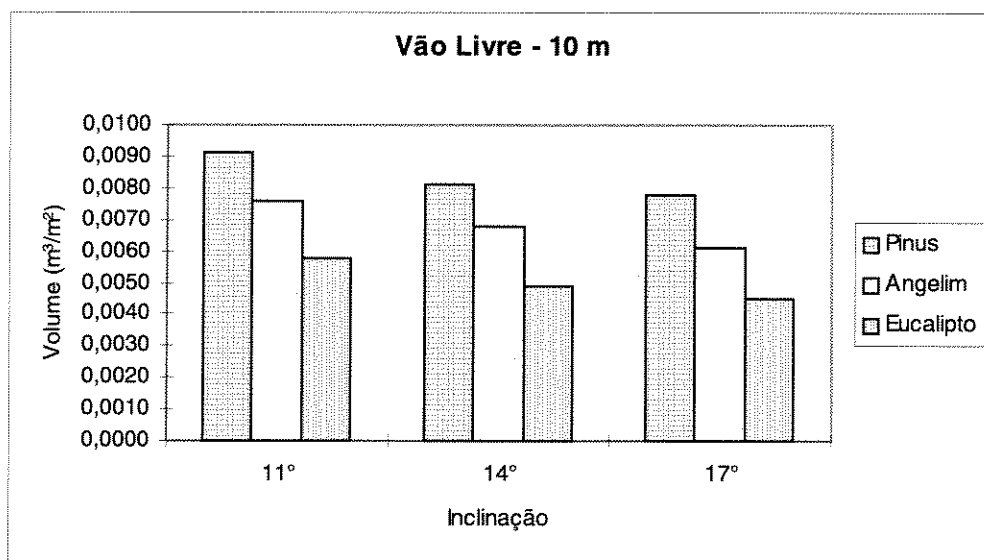


FIGURA 7 - Volume por área em função da inclinação para os três vãos. a) vão livre de 5 m. b) vão livre de 10 m. c) vão livre de 15 m - Seções adotadas.

a)



b)



c)

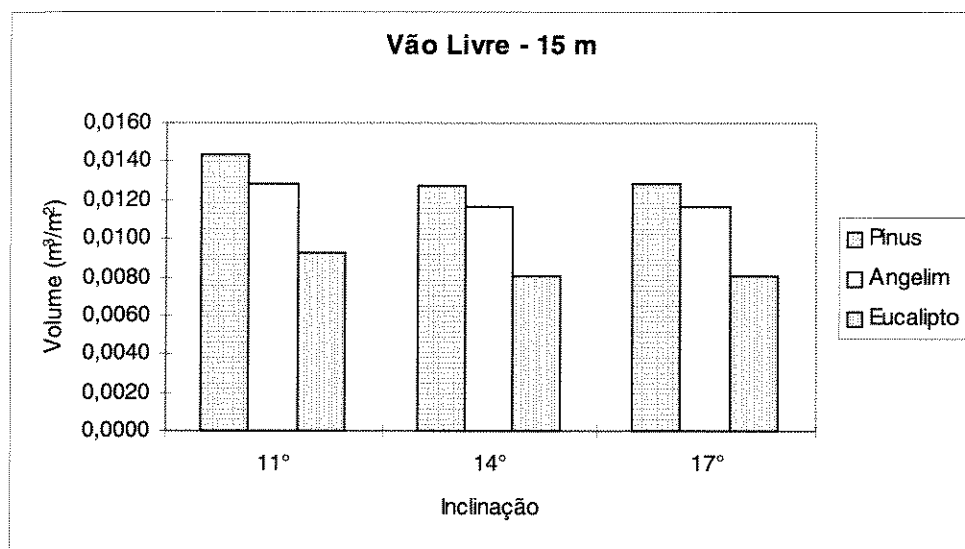
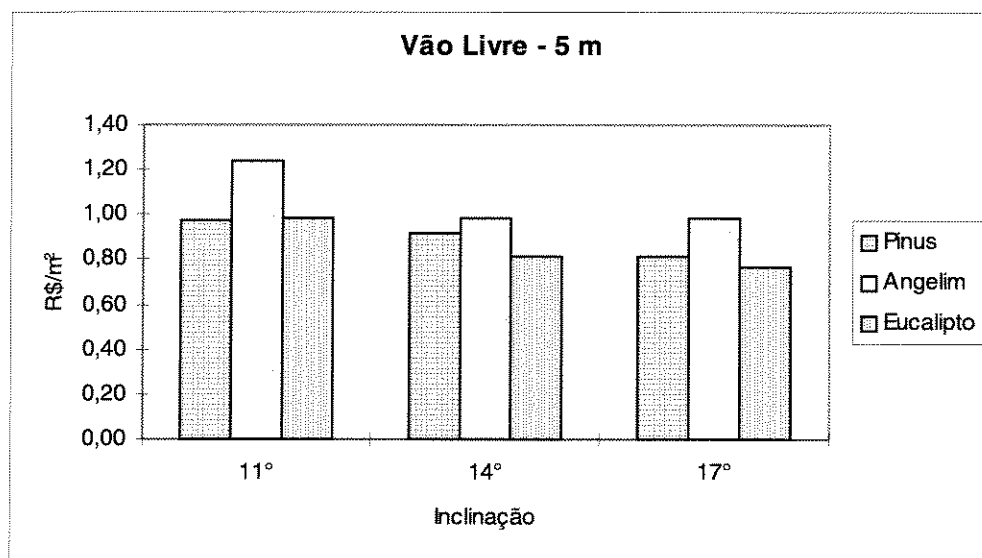
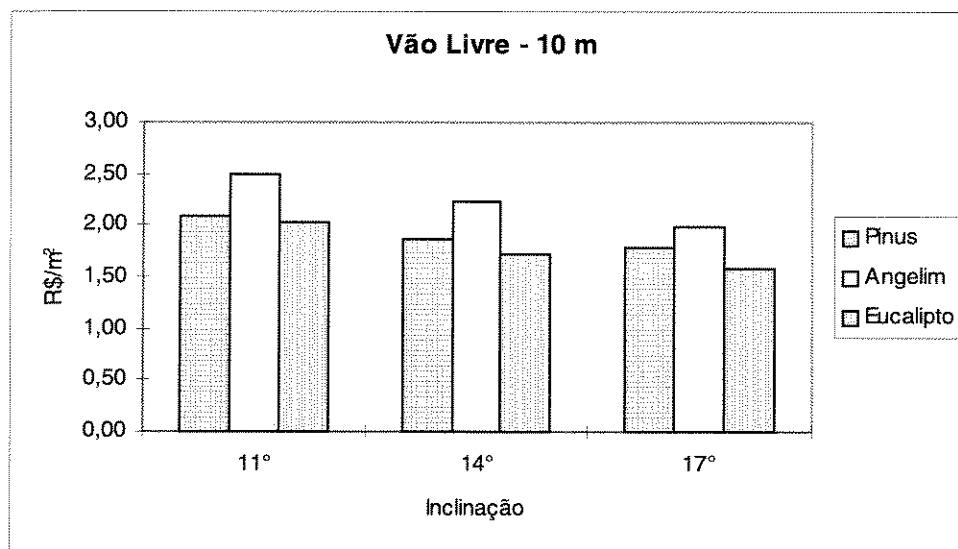


FIGURA 8 - Custo por área em função da inclinação para os três vãos. a) vão livre de 5 m
b) vão livre de 10 m. c) vão livre de 15 m - Seções adotadas.

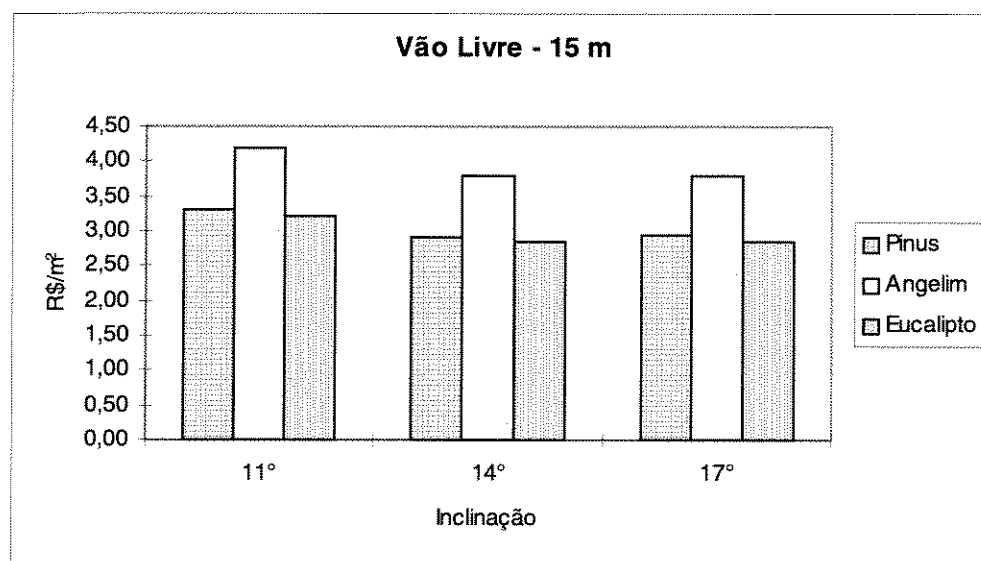
a)



b)



c)



Cálculos de volume e custo por unidade de área foram também realizados para o caso das seções comerciais. Os quadros 20 e 21 mostram os valores em função do vão livre e inclinação, bem como os gráficos das figura 9 a 12.

QUADRO 20 - Valores em volumes por área (m^3/m^2) em função da inclinação para os três vãos - Seções comerciais.

Vão Livre (m)	Inclinação	Pinus elliottii	Angelim Araroba	Eucaliptus
5	11°	0.0072	0.0049	0.0044
	14°	0.0075	0.0051	0.0039
	17°	0.0078	0.0053	0.0040
10	11°	0.0118	0.0097	0.0068
	14°	0.0112	0.0084	0.0058
	17°	0.0105	0.0088	0.0061
15	11°	0.0166	0.0142	0.0102
	14°	0.0147	0.0136	0.0100
	17°	0.0171	0.0146	0.0097

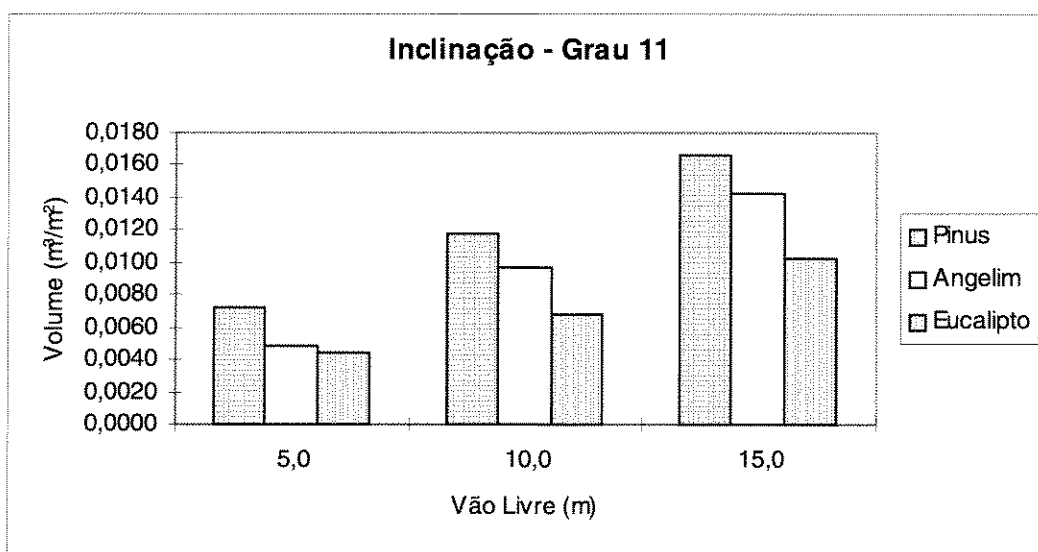
QUADRO 21 - Valores de custo por área ($\text{R}\$/\text{m}^2$) em função da inclinação para os três vãos - Seções comerciais.

Vão Livre (m)	Inclinação	Pinus elliottii	Angelim Araroba	Eucaliptus
5	11°	1.66	1.60	1.54
	14°	1.73	1.67	1.37
	17°	1.79	1.73	1.40
10	11°	2.71	3.17	2.38
	14°	2.58	2.75	2.03
	17°	2.42	2.88	2.14
15	11°	3.82	4.64	3.57
	14°	3.38	4.45	3.50
	17°	3.93	4.77	3.40

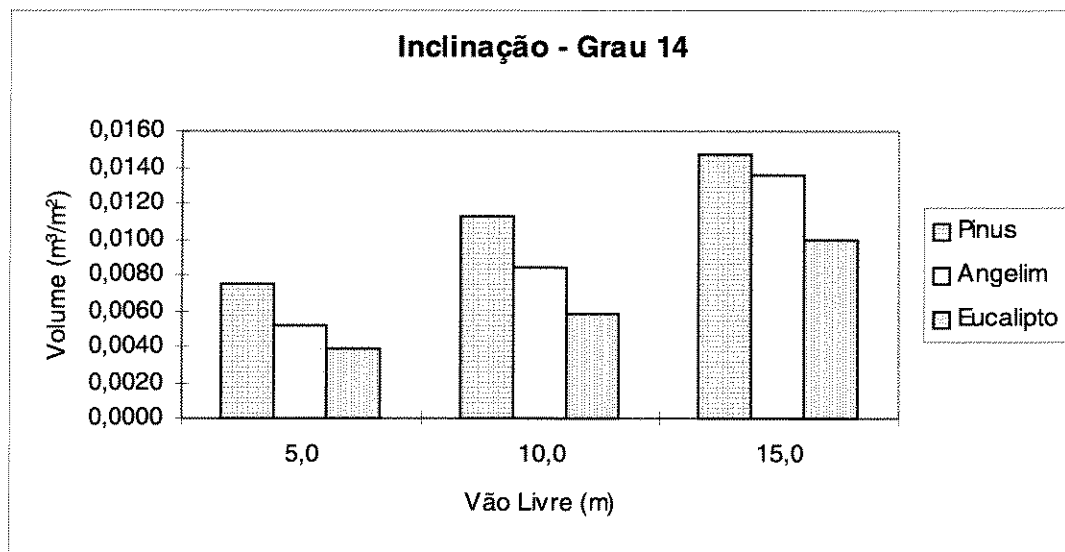
Para facilitar a visualização dos resultados, foram construídos os gráficos das figuras 9 a 12.

FIGURA 9 - Volume por área em função do vão livre para as três inclinações. a) inclinação de 11 graus. b) inclinação de 14 graus. c) inclinação de 17 graus - Seções comerciais.

a)



b)



c)

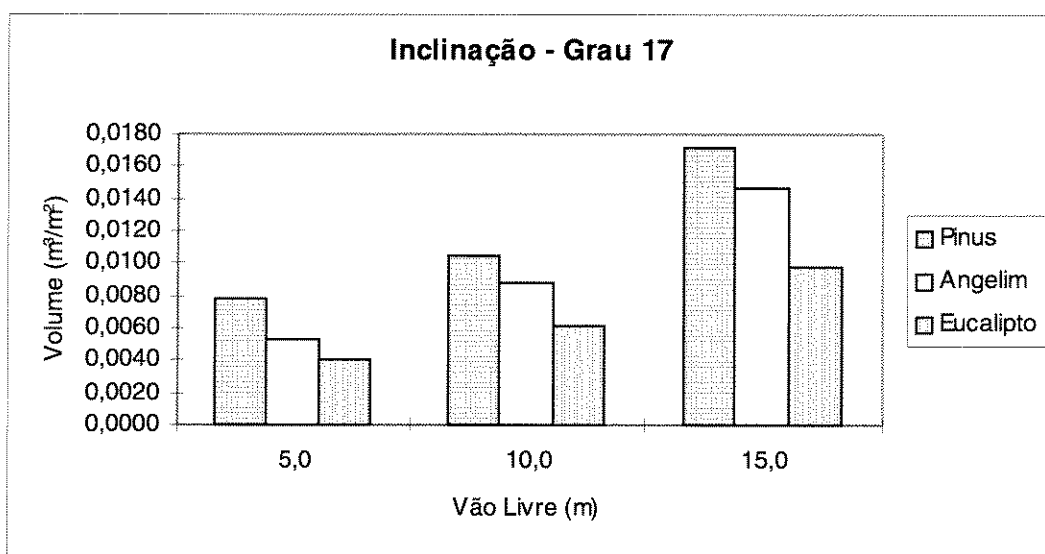
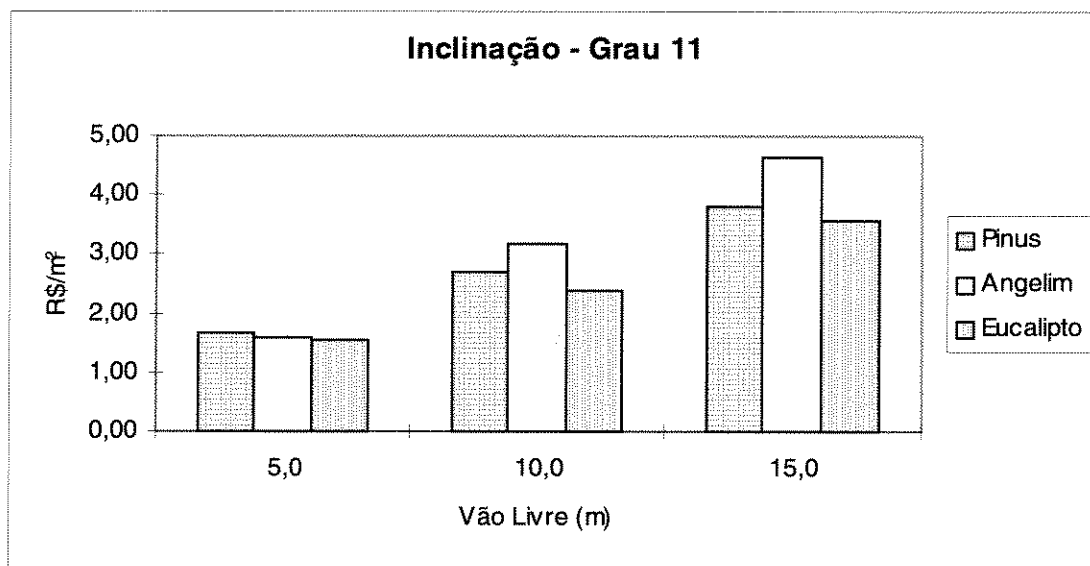
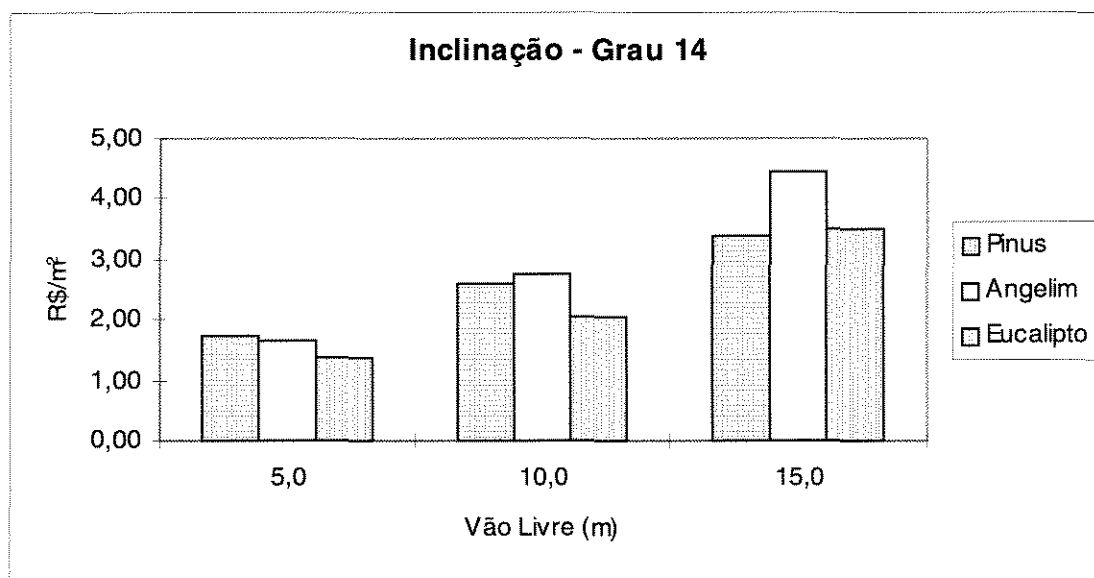


FIGURA 10 - Custo por área em função do vão livre para as três inclinações. a) inclinação de 11 graus. b) inclinação de 14 graus. c) inclinação de 17 graus - Seções comerciais.

a)



b)



c)

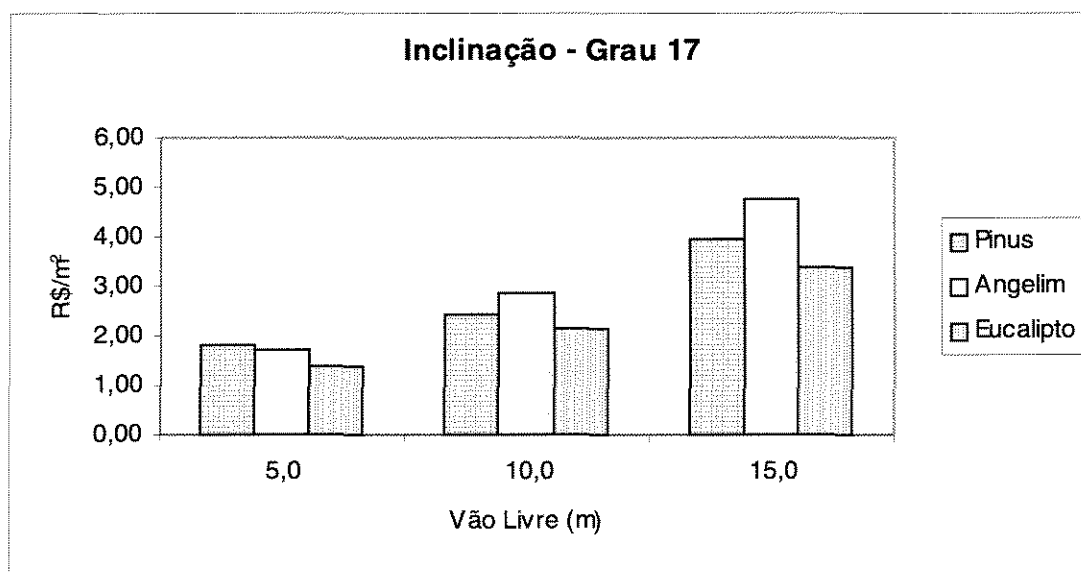
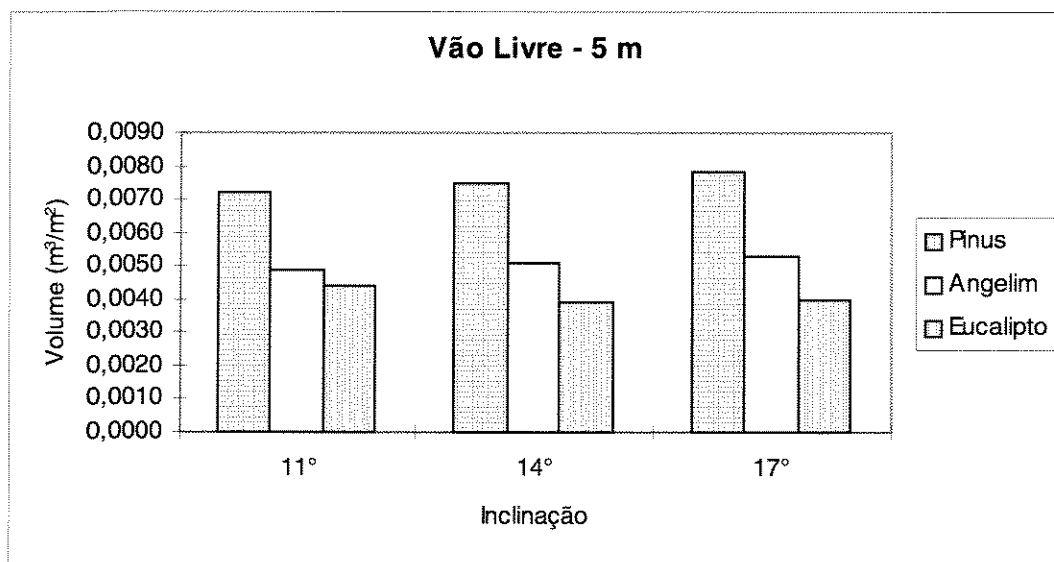
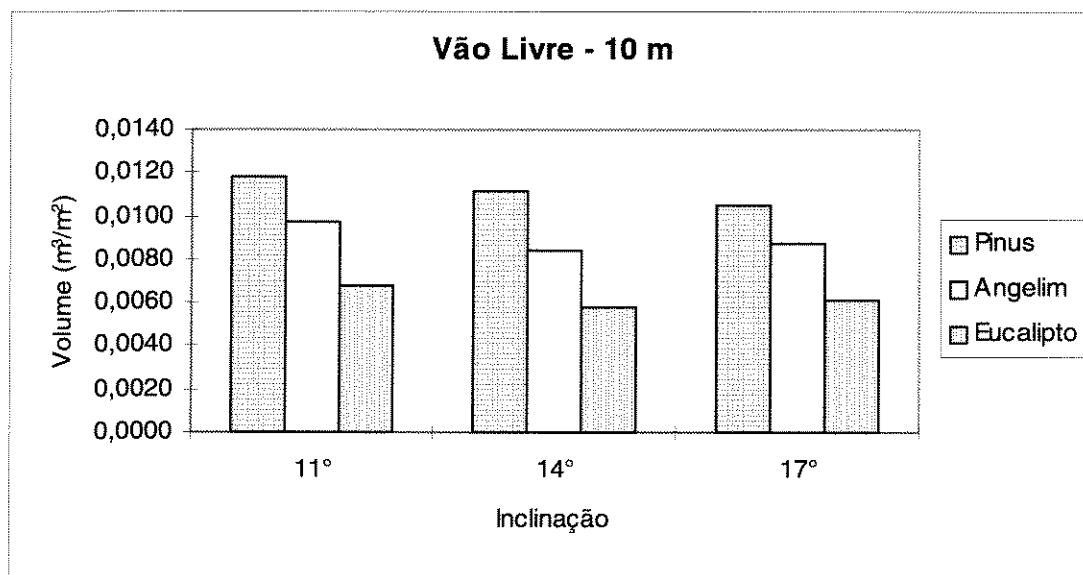


FIGURA 11 - Volume por área em função da inclinação para os três vãos. a) vão livre de 5 m. b) vão livre de 10 m. c) vão livre de 15 m - Seções comerciais.

a)



b)



c)

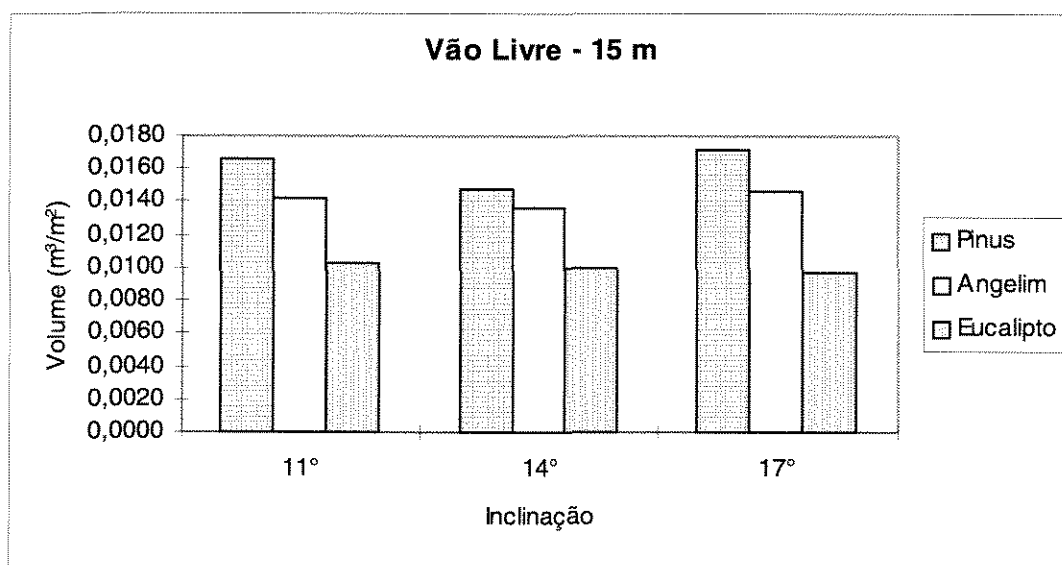
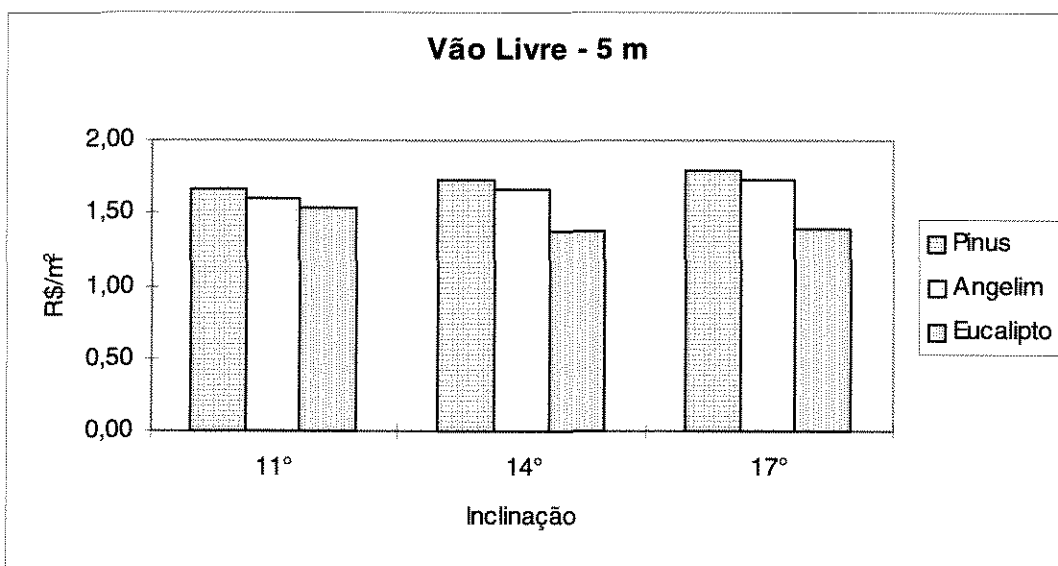
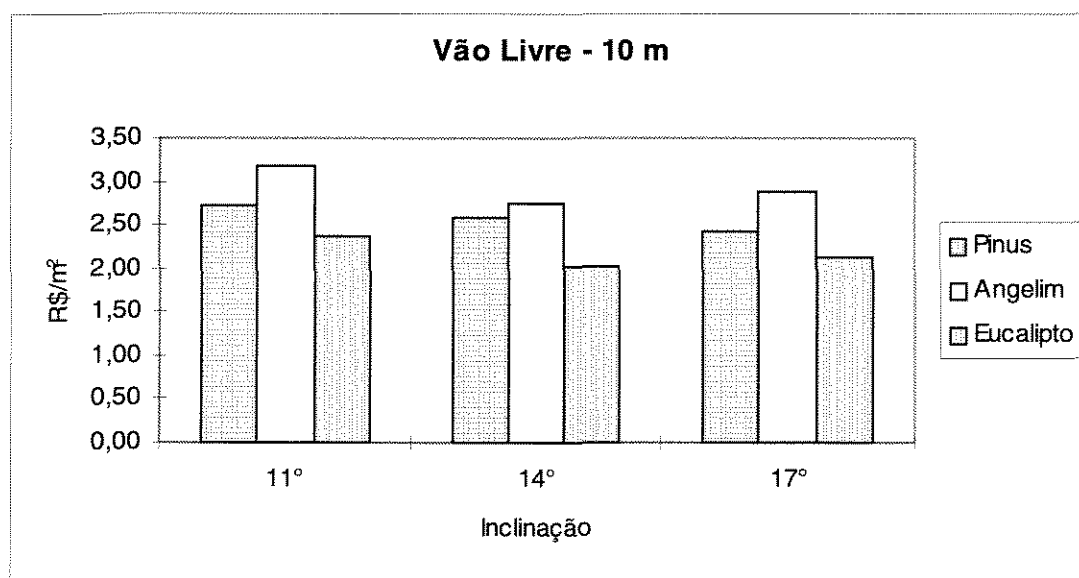


FIGURA 12 - Custo por área em função da inclinação para os três vãos. a) vão livre de 5 m
b) vão livre de 10 m. c) vão livre de 15 m - Seções comerciais.

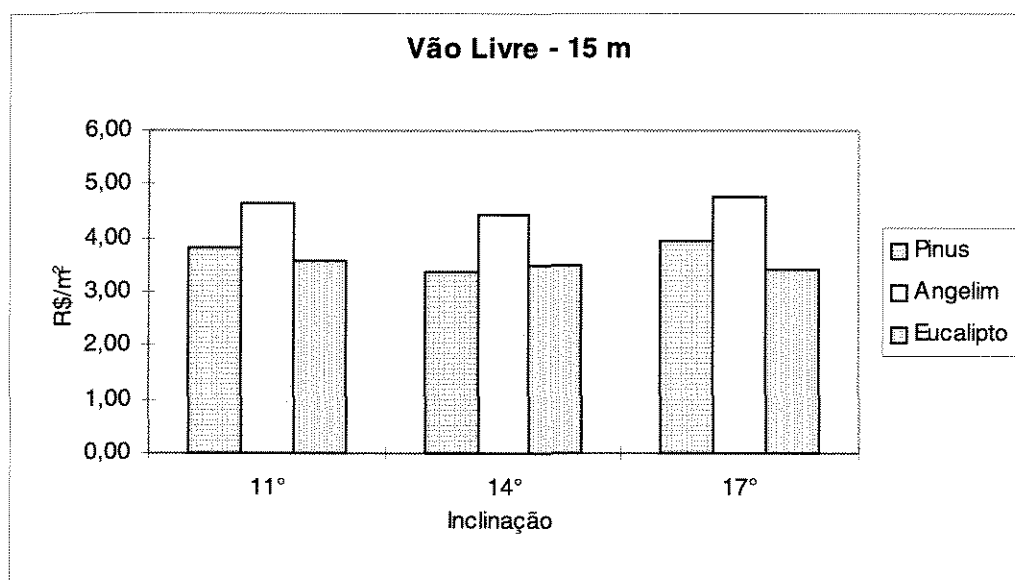
a)



b)



c)



Com os resultados obtidos foram realizadas análises estatísticas usando regressão linear e estudos de correlações utilizando-se o programa de análise estatística do software EXCEL do Word - versão 7.0.

Estas análises visaram a obtenção de um modelo representativo do volume e custo de madeira em função dos parâmetros variáveis da estrutura de cobertura: vão e inclinação, para as três espécies de madeira.

Os quadros 22 e 23 apresentam os coeficientes do Modelo de Regressão Linear estimados pelo Método de Mínimos Quadrados e coeficientes de determinação para cada modelo ajustado.

No modelo encontrado, o termo "Y" da equação, corresponde a variável resposta, expressando o consumo de madeira ou custo. Para o coeficiente de determinação (R^2) verificou-se que os valores estão em torno de 99%, significando que os coeficientes estimados dos dados experimentais estão bem apresentados.

A seguir, é mostrado um exemplo do modelo da equação para consumo e custo para seções adotadas da espécie de madeira Eucalipto.

$$\text{Consumo} \times 100 = 0,162 + 0,060 (\text{Vão}) - 0,017 (\text{Inclinação})$$

$$\text{Custo} = 0,561 + 0,211 (\text{Vão}) - 0,058 (\text{Inclinação})$$

Por exemplo, para um vão de 5 m e inclinação de 17° (graus), temos:

$$\text{Consumo} \times 100 = 0,162 + 0,060 (5) - 0,017 (17) = 0,1730$$

$$\text{Custo} = 0,561 + 0,211 (5) - 0,058 (17) = 0,63$$

Em anexo é mostrado a listagem obtida pelo EXCEL.

Durante a análise, observou-se que os modelos apresentaram alguns pontos a serem investigados em trabalhos futuros, embora a explicação pelas variáveis *Vão* e *Inclinação* seja relativamente alta (coeficiente de determinação na faixa de 96% a 99%). Por exemplo, coeficientes dos termos do modelo de regressão muito próximos de zero para a variável *Inclinação* sob a norma NBR-7190/82, podem ter sido decorrente do intervalo considerado para esta variável. Em trabalho futuro, sugere-se que sejam consideradas intervalos mais abrangentes e a possibilidade de incluir uma tendência quadrática no modelo para a *Inclinação*.

QUADRO 22 - ANÁLISE PARCIAL DO MODELO $Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2$ para as três espécie de madeira com seção adotada, onde X_1 = vão, X_2 = inclinação e B_0 , B_1 , B_2 são os coeficientes estimados da regressão.

Variável	Parâmetro estimado	Pinus elliotti	Angelim araroba	Eucalipto citriodora
Consumo x 100	B0	0.191	0.136	0.162
	B1	0.094	0.087	0.060
	B2	-0.020	-0.019	-0.017
R^2		0.99	0.99	0.99
Custo/m ²	B0	0.446	0.453	0.561
	B1	0.216	0.286	0.211
	B2	-0.046	-0.064	-0.058
R^2		0.99	0.99	0.99

QUADRO 23 - Análise parcial do modelo $Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2$ para as três espécies de madeira com seção comercial, onde X_1 = vão, X_2 = inclinação e B_0 , B_1 , B_2 são os coeficientes estimados da regressão.

Variável	Parâmetro estimado	Pinus elliotti	Angelim araroba	Eucalipto citriodora
Consumo x 100	B0	0.312	0.044	0.214
	B1	0.086	0.090	0.059
	B2	-0.001	-0.001	-0.009
R^2		0.97	0.98	0.97
Custo/m ²	B0	0.724	0.143	0.744
	B1	0.198	0.295	0.205
	B2	-0.003	-0.002	-0.031
R^2		0.96	0.98	0.97

Os quadros 24 e 25 representam a correlação entre os parâmetros para as três espécies. Nota-se que há uma correlação muito alta, aproximando-se a 1, entre Vão e Consumo ou Custo, ou seja, com o aumento do vão, cresce o Consumo ou Custo; e como era de se esperar, Vão e Inclinação são variáveis não correlacionadas, pois são fatores independentes. Embora pequena, observa-se que Inclinação e Consumo ou Custo apresentam correlação negativa, isto é, o Consumo ou Custo decresce com o aumento da Inclinação.

QUADRO 24 - Coeficientes de correlação simples para as três espécies com seção adotado.

Relação das variáveis X1 = Vão, X2 = Inclinação, X3 = Volume e X4 = Custo.

Variáveis	Pinus elliotti	Angelim araroba	Eucalipto citriodora
X1 e X2	0	0	0
X1 e X3	0.988	0.984	0.980
X1 e X4	0.988	0.984	0.981
X2 e X3	-0.126	-0.131	-0.163
X2 e X4	-0.127	-0.133	-0.161

QUADRO 25 - Coeficientes de correlação simples para as três espécies com seção

comercial. Relação das variáveis X1 = Vão, X2 = Inclinação, X3 = Volume e X4 = Custo.

Variáveis	Pinus elliotti	Angelim araroba	Eucalipto citriodora
X1 e X2	0	0	0
X1 e X3	0.978	0.991	0.981
X1 e X4	0.978	0.991	0.981
X2 e X3	-0.008	-0.004	-0.089
X2 e X4	-0.008	-0.003	-0.088

7. CONCLUSÕES E PROPOSTAS

✓ Os resultados obtidos no dimensionamento das seções pelo método das tensões admissíveis e estados limites últimos (quadros 9 a 17) não apresentaram diferenças significativas, confirmando a calibração das normas. Esta calibração inicial é prevista e necessária para que a mesma possa ser mais facilmente aceita pelo meio técnico interessado, pois trata-se de uma revisão que propõe a mudança do modelo de segurança do cálculo do projeto estrutural. Desta maneira, os resultados obtidos neste trabalho comprovam, dentro dos limites pesquisados, que a nova norma foi calibrada para que, de início, conduza aos mesmos resultados da versão anterior.

✓ Os resultados obtidos para as seções provenientes do dimensionamento (quadros 9 a 17) mostram que, em geral, as seções comerciais hoje disponíveis no mercado pesquisado (região de Campinas) levam à um super-dimensionamento. Para um mesmo vão, quanto maior a inclinação, mais acentuado se torna o super-dimensionamento. Quanto menor o vão, maior é o super-dimensionamento.

✓ As seções obtidas no dimensionamento para as diferentes espécies não são diretamente comparativas tendo em vista que as distâncias entre as treliças foram variáveis. Para que os resultados obtidos fossem comparativos foram elaborados os quadros 18 e 20, que apresentam o consumo (volume/m^2) e os quadros 19 e 21 que apresentam o custo/ m^2 .

✓ O quadro 18 e figuras 5 e 7 mostram ainda que, para todos os casos, o consumo de madeira foi menor para a espécie eucalipto e maior para o pinus. Em relação a espécie angelim o consumo de pinus foi em média de 20% maior para os vãos de 5 e 10 m caindo para 12% para o vão de 15 m. Já com relação ao eucalipto o consumo foi em média de 60% maior para todos os vãos.

✓ O quadro 19 e figuras 6 e 8 mostram que para o custo o eucalipto continua sendo a melhor opção embora o pinus se aproxime muito (apenas 3% maior para o vão de 15 m) tornando-se igualmente competitivo. Neste caso a espécie angelim é a menos indicada sendo em média 19% maior em relação ao pinus e 25% em relação ao eucalipto para o vão de 5m, 16% maior em relação ao pinus e 26% em relação ao eucalipto para o vão de 10 m e 30% maior em relação ao eucalipto e pinus para o vão de 15 m.

✓ Quando se trata de seções comerciais, o Quadro 20 e figuras 9 e 11 mostram que o consumo do pinus é sempre maior e o de eucalipto sempre menor para todos os casos. Neste caso, as diferenças variam em média de 50% em relação ao angelim e 80% em relação ao eucalipto para o vão de 5m caindo para 14% em relação ao angelim e 54% em relação ao eucalipto para o vão de 15 m. Para o vão de 5m o angelim e o eucalipto apresentam diferença muito pequena, embora sempre com vantagem para o eucalipto.

✓ O quadro 21 e figuras 10 e 12 mostram que os custos relativos às seções comerciais não apresentam diferenças significativas entre as espécies pinus e angelim para o vão de 5 m e esta diferença é em média de 20% em relação ao eucalipto, sempre com vantagem para este último. Para os vãos de 10 e 15 m o angelim é sempre a espécie mais dispendiosa, 14% em média em relação ao pinus e 34% em relação ao eucalipto para o vão de 10 m e 25% em média em relação ao pinus e 32% em relação ao eucalipto para o vão de 15 m. Para o vão de 15 m os valores de custo se aproximam muito para o pinus e eucalipto.

✓ O quadro 22 apresenta os modelos encontrados para o consumo e custo/m² de madeira para o caso das seções de projeto. Os coeficientes de determinação bem como a

análise de resíduos mostram que os modelos são significativos e podem ser utilizados para a obtenção do consumo e custo/m² dentro dos limites adotados neste trabalho.

✓ O quadro 24 mostra que não existe correlação entre as 2 variáveis preditoras (vão e inclinação) envolvidas no modelo, tanto para o caso do consumo quanto para o custo/m² e para todas as espécies. Esta comprovação aponta também para o bom desempenho do modelo.

✓ O quadro das correlações (24 e 25) mostram que as variáveis consumo e vão e consumo e inclinação são dependentes tanto para o caso das seções de projeto quanto para as seções comerciais. As correlações se mantêm muito próximas para os dois casos quando se trata do vão, no entanto diminui muito, tornando-se próximas de zero para o caso de inclinação quando se trata de seções comerciais para o pinus e angelim e reduzindo de 16 para 9% para o caso do eucalipto. Isto indica que quando se utilizam seções comerciais as diminuições obtidas no volume de madeira quando se aumentam a inclinação se torna imperceptíveis pois as seções são superdimensionadas principalmente para as duas espécies citadas.

✓ As correlações são elevadas e diretamente proporcionais para o caso do vão, tanto para o custo quanto para o consumo e menores e inversamente proporcionais para a inclinação.

Propostas

- ✓ Continuidade do trabalho iniciado nesta dissertação com a obtenção de resultados complementares com diferentes inclinações, estruturas de cobertura e espécies. Tais resultados poderiam acrescentar pontos ao modelo encontrado, aumentar os limites de utilização dos mesmos bem como possibilitar a tentativa de se encontrar um modelo por classe de resistência, independente da espécie a ser estudada.
- ✓ Mostrar, com a divulgação dos resultados deste e de outros trabalhos nesta linha, a necessidade de serem executados projetos estruturais adequados ao projeto arquitetônico e à disponibilidade regional de espécies de madeira racionalizando-se assim a utilização do material e reduzindo-se os custos da obra.
- ✓ Mostrar, com a divulgação dos resultados deste e de outros trabalhos nesta linha, a necessidade de serem repensadas as seções comerciais hoje existentes no mercado, pois estas, em muitos casos, não acompanharam a evolução das normas de projeto estrutural e a utilização de novas espécies.
- ✓ Considerar intervalos de variação de inclinações mais abrangentes de maneira a se obter melhor avaliação estatística.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ações e Segurança nas Estruturas. **NBR-8681**. Rio de Janeiro, 21p, Dezembro/1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cálculo e execução de estruturas de madeira **NBR 7190/82**. Rio de Janeiro, 22 p., 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Estruturas de Madeira. **NBR 7190/95**. São Paulo, 138 p., 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Forças devidas aos ventos em edificações. **NBR 6123**. Rio Janeiro, 52 p., 1980.

BAÊTA, F.C.; SANTOS, A.C.; CECOM, P.R.; CARDOSO, R.M. Análise de diferentes formatos de bezerreiros individuais móveis, para região de Viçosa, MG. In: **XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Ilhéus, Bahia, 1993. Anais. v1. p137-146.

BARTHOLOMEU, André. **Análise Teórico-Experimental de Pórtico-Treliça de Madeira**. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas/SP, 1995.

BOND, T.E.; KELLY, C.F.; ITTNER, N.R. **Radiation studies of painted shade materials, Agricultural Engineering**, St. Joseph, USA, 1954, 35(6): 389-392.

- BORTOLETTO JÚNIOR, G. **Indicações para utilização da madeira de seis espécies e variedade de Pinus na Construção Civil**. Dissertação de Mestrado. São Carlos-SP. EESC/USP. 1993. 119p.
- CAMPOS, A.T. de. **Determinação dos índices de conforto e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa-MG**. Dissertação de Mestrado. Viçosa-MG. UFV. 1986. 66p.
- COSTA, E.C. **Arquitetura Ecológica. Condicionamento Térmico Natural**. São Paulo, Edgard Blucher, 1982. 264p.
- CZARICK, M. Reflective roof coatings. **Poultry International**, Netherlands. 23(8):26-32, 1989.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport, C.T. Avi Publishing, 1979. 325p.
- FERREIRA, L.A.A. **Diretrizes arquitetônicas nas instalações para bovinos**. Dissertação de Mestrado. São Carlos-SP. EESC/USP. 1990. 241p.
- GANG-NAIL do Brasil Industria e Comércio Ltda. **Sistema GANG-NAIL para estruturas de madeira** - Manual para engenheiros. São Paulo 1994.
- HARDOIM, P.C.; LOPES, S.P. Análise comparativa de cinco tipos de materiais de cobertura em condições de temperatura máxima em Lavras. In: **XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Ilhéus, Bahia, 1993. Anais. vl. p107-117.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Est. De São Paulo S.A. **Cobertura com Estruturas de Madeira e Telhados com Telhas Cerâmicas**. São Paulo. IPT. 1988. 59p.

KONZEN, E.A. e BARBOSA, H.P. **Áreas de Construções para diversas categorias Suínas**. DZ/EV - UFMG, Belo Horizonte/MG, 1980, 12p.

LEAL, P.A.M.; OLIVEIRA, P.A.V.; TERESO, M.J.A. Metodologia para avaliação do desempenho térmico de instalações para confinamento animal. In: **XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Ilhéus, Bahia, 1993. Anais. vl. p26-36.

LOPES, S.P.; HARDOIM, P.C. Metodologia de dimensionamento de beirais nas coberturas para instalação de animais, In: **XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Ilhéus, Bahia, 1993. Anais. vl. p251-261.

MARTA FILHO, J.; TARGA, L.A. Avaliação do desempenho térmico de abrigos para animais por modelos estatísticos. In: **XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Ilhéus, Bahia, 1993. Anais. vl. p17-24.

MOURA, D.J.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I.J.O. Avaliação de materiais de Cobertura através dos índices de conforto térmico durante as estações do ano. In: **XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Santa Maria, RS. 1992. Anais. vl. p30-40.

NOGUEIRA, M.C.J.A. **Indicações para o emprego de dezesseis espécies de eucalipto na construção civil**. Dissertação de Mestrado. São Carlos-SP. EESC/USP. 1991. 119p.

PARKER, B.F. Heat transmission characteristics of sloped roofs exposed to solar radiation. **Transactions of the Asae**, St. Joseph, USA, 1963, 8(1): 1-5.

PERDOMO, C.C. e NICOLAIEWSKY, S. Comportamento Ambiental de Diferentes Modelos de Edificações, durante a estação quente. CNPSA/EMBRAPA. **Com. Téc. n°99, 3p.** Fevereiro/86. Concórdia/SC.

PERDOMO, C.C. e NICOLAIEWSKY, S. Características da Construções para Suínos utilizada no Sul do Brasil. CNPSA/EMBRAPA. **Com.Téc. n°101, 5p.** Março/86. Concórdia/SC.

PERDOMO, C.C. e OLIVEIRA, P.A.V.de. Características Construtivas de Instalações para Suínos. CNPSA/EMBRAPA. **Manual Técnico. n°03, 45p.** Dezembro/87. Concórdia/SC.

PINHEIRO, R. V. **Emprego da madeira do gênero pinus na construção de estruturas de cobertura.** Dissertação de Mestrado. São Carlos/SP. EESC/USP. 1996. 163p.

PINHEIRO, R. V.e ROCCO LAHR, F. A. Emprego do gênero pinus em estruturas de cobertura para construções rurais. In: **XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, II CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA AGRICOLA**, Bauru-SP, 1996. Anais. v1, p238.

RODRIGUES, E.H.V e ARAÚJO, R.C.L.C. Influência da orientação sobre o conforto ambiental em instalações destinadas à criação de frangos de corte. In: **XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Viçosa-MG. 1995. Anais. v1. p126.

RODRIGUES, E.H.V.; ARAÚJO, R.C.L.C. Influência da inclinação e do beiral do telhado sobre o conforto térmico em instalações para frangos de corte. In: **XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, II CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA AGRÍCOLA**. Bauru/SP. 1996. Resumos. p116.

ROSA, Y.B.C.T. **Influência de três materiais de cobertura no índice de conforto térmico, em condições de verão, para Viçosa-MG.** Dissertação de Mestrado. Viçosa-MG. UFV. 1984. 77p.

SANTOS, A.C.; BAÊTA, F.C.; CECOM, P.R.; CARDOSO, R.M. Análise de diferentes tipos de bezerreiros individuais móveis, para as estações de outono e inverno, na região de Viçosa, MG, In: **XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Ilhéus, Bahia**, 1993. Anais. v1. p124-136.

SILVA, I.J.O.; GHELF FILHO, H.; CONSIGLIERO, F.R. Influência dos Materiais de Cobertura no Conforto Térmico de Abrigos. **Engenharia Rural**. v1. p125-132. Piracicaba/SP. 1990

TANAAMI, R.G.; LAHR, F.A.R.; BARROS JR., O.B. A importância do uso de espécies alternativas na construção de estruturas de madeira. In: **XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Santa Maria, RS, 1992. Anais. v1. p5-10.

TANAAMI, R.G.; LAHR, F.A.R.; BARROS JR., O.B. A importância da verificação das estruturas de madeira quando existe modificação no tipo de ocupação da construção. In: **XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Ilhéus, Bahia, 1993. Anais. v1. p37-41.

TANAAMI, R.G. Projeto de cobertura treliçada em madeira: Seções necessárias e seções disponíveis comercialmente. In: **XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Viçosa/MG, 1995. Anais. v1. p119.

TANAAMI, R.G.; SIQUEIRA, S.R. Análise de uma estrutura de cobertura em madeira em função da espécie utilizada. In: **INTERNACIONAL SEMINAR ON AGRICULTURAL BUILDING**, Campinas, 1991. Anais.

TARGA, L.A.; BALLARIN, A.W.; MARTA FILHO, J. Ventilação natural em instalações para animais. In: **XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Ilhéus, Bahia, 1993. Anais. v1. p98-106.

TRUSS PLATE INTITUTE, Unc. TPI-78 - Design specification for metal plate connected wood trusses. Glenview, 1978. 35p.

UJVARI, Walter Zago. Ligações em madeira, feitas com conectores dentados “GANG-NAIL”. **1º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira**. Universidade de São Paulo, 1983. São Carlos. Volume II - Ligações. 25p.

APÊNDICE

Tabelas referentes aos resultados dos esforços críticos da NBR-7190/95 para cálculo de estruturas de madeira.

Tabela 1 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 5 m com inclinação de 11 graus, de espécie pinus elliotii.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico (N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	85	-26440		Banzo Inferior	7	83	-5050	25960
	2	85	-21240			8	83	-5050	25960
	3	85	-15670			9	84	-4500	20850
	4	85	-15670			10	84	-4500	20850
	5	85	-21240			11	83	-5050	25960
	6	85	-26440			12	83	-5050	25960
Montante	13	16	0		Diagonal	18	85	-5200	560
	14	32	-100			19	90	-5880	620
	15	49	-440			20	90	-5880	620
	16	32	-100			21	85	-5200	560
	17	16	0						

Tabela 2 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 5 m com inclinação de 11 graus, de espécie angelim araroba.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	85	-39520		Banzo Inferior	7	83	-7600	38810
	2	85	-31730			8	83	-7600	38810
	3	85	-23420			9	84	-6770	31150
	4	85	-23420			10	84	-6770	31150
	5	85	-31730			11	83	-7600	38810
	6	85	-39520			12	83	-7600	38810
Montante	13	16	0		Diagonal	18	85	-7790	850
	14	32	-160			19	90	-8780	950
	15	49	-680			20	90	-8780	950
	16	32	-160			21	85	-7790	850
	17	16	0						

Tabela 3 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 5 m com inclinação de 11 graus, de espécie eucalipto citriodora.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	85	-55260	9700	Banzo Inferior	7	83	-8570	54260
	2	85	-44350	9450		8	83	-8570	54260
	3	85	-32730	9160		9	84	-7770	43550
	4	85	-32730	9160		10	84	-7770	43550
	5	85	-44350	9450		11	83	-8570	54260
	6	85	-55260	9700		12	83	-8570	54260
Montante	13	16	0	0	Diagonal	18	85	-10910	810
	14	32	-150	2060		19	90	-12280	930
	15	49	-660	8740		20	90	-12280	920
	16	32	-150	2060		21	85	-10910	810
	17	16	0	0					

Tabela 4 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 10 m com inclinação de 11 graus, de espécie pinus elliotii.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	101	-57230	12290	Banzo Inferior	11	99	-11230	56200
	2	102	-50060	11280		12	100	-11530	56200
	3	102	-44260	10710		13	100	-10170	49090
	4	102	-37760	10000		14	100	-9260	43480
	5	102	-31600	9450		15	101	-8200	37030
	6	102	-31600	9450		16	101	-8200	37030
	7	102	-37760	10010		17	100	-9260	43480
	8	102	-44260	10710		18	100	-10160	49080
	9	102	-50050	11290		19	100	-11520	56200
	10	101	-57220	12280		20	99	-11520	56200
Montante	21	19	0	0	Diagonal	30	102	-7240	1380
	22	39	-260	1350		31	107	-6020	980
	23	58	-350	2190		32	116	-7460	1230
	24	78	-620	3740		33	128	-7550	1120
	25	97	-1370	9230		34	128	-7550	1120
	26	78	-610	3740		35	116	-7460	1230
	27	58	-350	2190		36	107	-6020	970
	28	39	-260	1350		37	102	-7240	1380
	29	19	0	0					

Tabela 5 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 10 m com inclinação de 11 graus, de espécie angelim araroba.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	101	-81210	20930	Banzo Inferior	11	99	-19750	79750
	2	102	-70830	19260		12	100	-19750	79750
	3	102	-62520	18180		13	100	-17530	69460
	4	102	-53270	16860		14	100	-15970	61420
	5	102	-44520	15750		15	101	-14110	52230
	6	102	-44520	15750		16	101	-14110	52230
	7	102	-53270	16860		17	100	-15970	61420
	8	102	-62520	18180		18	100	-17530	69460
	9	102	-70840	19260		19	100	-19750	79760
	10	101	-81220	20930		20	99	-19750	79760
Montante	21	19	0	0	Diagonal	30	102	-10480	2250
	22	39	-420	1960		31	107	-8620	1670
	23	58	-610	3140		32	116	-10630	2160
	24	78	-1080	5330		33	128	-10710	2020
	25	97	-2470	13090		34	128	-10710	2020
	26	78	-1080	5330		35	116	-10630	2160
	27	58	-610	3140		36	107	-8630	1670
	28	39	-420	1960		37	102	-10480	2260
	29	19	0	0					

Tabela 6 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 10 m com inclinação de 11 graus, de espécie eucalipto citriodora.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	101	-118610	21620	Banzo Inferior	11	99	-20170	116480
	2	102	-103700	20040		12	100	-20170	116480
	3	102	-91650	19190		13	100	-17870	101680
	4	102	-78160	18120		14	100	-16370	90040
	5	102	-65400	17300		15	101	-14570	76650
	6	102	-65400	17300		16	101	-14570	76650
	7	102	-78170	18120		17	100	-16360	90040
	8	102	-91650	19190		18	100	-17880	101690
	9	102	-103700	20040		19	100	-20160	116500
	10	101	-118620	21630		20	99	-20160	116500
Montante	21	19	0	0	Diagonal	30	102	-15060	2330
	22	39	-440	2810		31	107	-12500	1620
	23	58	-590	4540		32	116	-15480	2070
	24	78	-1040	7760		33	128	-15630	1870
	25	97	-2290	19110		34	128	-15640	1870
	26	78	-1040	7770		35	116	-15480	2070
	27	58	-590	4540		36	107	-12510	1610
	28	39	-440	2820		37	102	-15070	2340
	29	19	0	0					

Tabela 7 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 15 m com inclinação de 11 graus, de espécie pinus elliotii.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	109	-87450	15790	Banzo Inferior	15	107	-14930	85810
	2	109	-81020	15000		16	107	-14930	85810
	3	109	-75570	14490		17	107	-13770	79500
	4	109	-68730	13760		18	107	-12900	74280
	5	109	-61860	13090		19	107	-11780	67440
	6	109	-54940	12310		20	107	-10720	60700
	7	111	-47240	11720		21	108	-9630	53000
	8	111	-47580	11800		22	108	-9650	53430
	9	109	-54450	12390		23	107	-10670	60150
	10	109	-61300	13030		24	107	-11720	66890
	11	109	-68170	13710		25	107	-12840	73730
	12	109	-75010	14430		26	107	-13720	78960
	13	109	-80470	14950		27	107	-14870	85280
	14	109	-86910	15730		28	107	-14870	85280
Montante	29	21	0	0	Diagonal	42	109	-6430	1190
	30	42	-230	1240		43	115	-5610	930
	31	62	-340	2050		44	124	-7900	1300
	32	83	-650	3960		45	135	-8530	1330
	33	104	-820	5230		46	149	-12930	2270
	34	125	-1830	10390		47	165	-8500	930
	35	146	-1750	13490		48	165	-10290	1480
	36	125	-990	6530		49	149	-9370	1410
	37	104	-820	5230		50	135	-8530	1330
	38	83	-650	3960		51	124	-7900	1290
	39	62	-340	2050		52	115	-5620	930
	40	42	-220	1240		53	109	-6440	1180
	41	21	0	0					

Tabela 8 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 15 m com inclinação de 11 graus, de espécie angelim araroba.

Elemento estrutural	Barra	Compr (cm)	Esforço crítico(N)		Elemento estrutural	Barra	Compr (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	109	-130020	21670	Banzo Inferior	15	107	-20440	127590
	2	109	-120390	20520		16	107	-20440	127590
	3	109	-112230	19700		17	107	-18730	118140
	4	109	-102030	18590		18	107	-17380	110320
	5	109	-91790	17540		19	107	-15680	100120
	6	109	-81510	16410		20	107	-14060	90070
	7	111	-70090	15370		21	108	-12100	78640
	8	111	-70590	15480		22	108	-11510	79270
	9	109	-80790	15530		23	107	-11810	89260
	10	109	-90960	15260		24	107	-11550	99300
	11	109	-101190	14380		25	107	-10090	109490
	12	109	-111390	12290		26	107	-11550	117330
	13	109	-119570	13200		27	107	-13270	126790
	14	109	-129200	14360		28	107	-13270	126790
Montante	29	21	0	0	Diagonal	42	1090	-9630	1750
	30	42	-330	1860		43	1150	-8410	1440
	31	62	-530	3070		44	1240	-11790	1970
	32	83	-990	5910		45	1350	-12710	2040
	33	104	-1250	7790		46	1490	-19210	3300
	34	125	-2650	15440		47	1650	-12610	1640
	35	146	-1820	20020		48	1650	-15260	950
	36	125	-310	9710		49	1490	-13930	440
	37	104	0	7790		50	1350	-12700	0
	38	83	0	5910		51	1240	-11780	0
	39	62	0	3080		52	1150	-8420	1560
	40	42	-330	1860		53	1090	-9640	1750
	41	21	0	0					

Tabela 9 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 15 m com inclinação de 11 graus, de espécie eucalipto citriodora.

Elemento estrutural	Barra	Compr (cm)	Esforço crítico(N)		Elemento estrutural	Barra	Compr (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	109	-180680	27280	Banzo Inferior	15	107	-27240	177290
	2	109	-167300	26040		16	107	-27240	177290
	3	109	-155970	25280		17	107	-25250	164170
	4	109	-141800	24140		18	107	-23760	153310
	5	109	-127580	23060		19	107	-21820	139140
	6	109	-113300	21800		20	107	-20010	125190
	7	111	-97430	20910		21	108	-17640	109310
	8	111	-98120	21050		22	108	-17950	110190
	9	109	-112300	23330		23	107	-19690	124070
	10	109	-126430	24330		24	107	-21520	138020
	11	109	-140650	25410		25	107	-23460	152180
	12	109	-154820	26550		26	107	-24920	163060
	13	109	-166170	27300		27	107	-26910	176180
	14	109	-179540	28550		28	107	-26910	176180
Montante	29	21	0	0	Diagonal	42	109	-13380	2030
	30	42	-390	2570		43	115	-11670	1580
	31	62	-580	4270		44	124	-16370	2240
	32	83	-1120	8210		45	135	-17660	2310
	33	104	-1420	10820		46	149	-26690	3960
	34	125	-3180	21450		47	165	-17530	1550
	35	146	-2720	27830		48	165	-21220	2210
	36	125	-1690	13490		49	149	-19350	2430
	37	104	-1420	10820		50	135	-17650	2320
	38	83	-1130	8210		51	124	-16370	2250
	39	62	-570	4270		52	115	-11690	1570
	40	42	-390	2580		53	109	-13370	2030
	41	21	0	0					

Tabela 10 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 5 m com inclinação de 14 graus, de espécie pinus elliotii.

elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	86	-20630	3340	Banzo Inferior	7	83	-2690	20000
	2	86	-16640	3450		8	84	-2690	20000
	3	86	-12660	3620		9	83	-2460	16140
	4	86	-12660	3620		10	83	-2460	16140
	5	86	-16640	3450		11	84	-2680	20000
	6	86	-20630	3340		12	83	-2680	20000
Montante	13	21	0	0	Diagonal	18	87	-3980	230
	14	42	-60	960		19	93	-4290	170
	15	62	-160	3870		20	93	-4290	170
	16	42	-60	960		21	87	-3980	230
	17	21	0	0					

Tabela 11 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 5 m com inclinação de 14 graus, de espécie angelim araroba.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	86	-28090	4220	Banzo Inferior	7	83	-3250	27230
	2	86	-23500	4410		8	84	-3250	27230
	3	86	-18000	4680		9	83	-2950	22800
	4	86	-18000	4680		10	83	-2950	22800
	5	86	-23500	4410		11	84	-3250	27230
	6	86	-28090	4220		12	83	-3250	27230
Montante	13	21	0	0	Diagonal	18	87	-4570	-3830
	14	42	-70	1110		19	93	-5930	-4130
	15	62	-230	5360		20	93	-5930	-4130
	16	42	-70	1110		21	87	-4570	-3860
	17	21	0	0					

Tabela 12 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 5 m com inclinação de 14 graus, de espécie eucalipto citriodora.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	86	-43320	4420	Banzo Inferior	7	83	-3170	42000
	2	86	-34910	4890		8	84	-3170	42000
	3	86	-26570	5480		9	83	-2970	33870
	4	86	-26570	5480		10	83	-2970	33870
	5	86	-34910	4890		11	84	-3170	42000
	6	86	-43320	4420		12	83	-3170	42000
Montante	13	21	0	0	Diagonal	18	87	-8380	210
	14	42	-60	2030		19	93	-9010	80
	15	62	-70	8140		20	93	-9010	80
	16	42	-60	2030		21	87	-8380	210
	17	21	0	0					

Tabela 13 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 10 m com inclinação de 14 graus, de espécie pinus elliotii.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	103	-45170	3500	Banzo Inferior	11	100	-2810	43820
	2	103	-40330	3560		12	100	-2810	43820
	3	103	-35390	3700		13	100	-2470	39120
	4	103	-30390	3870		14	100	-2200	34330
	5	103	-25350	4060		15	100	-1960	29480
	6	103	-25350	4060		16	100	-1960	29480
	7	103	-30390	3870		17	100	-2190	34330
	8	103	-35390	3700		18	100	-2470	39120
	9	103	-40330	3560		19	100	-2810	43820
	10	103	-45170	3500		20	100	-2810	43820
Montante	21	25	0	0	Diagonal	30	103	-4840	350
	22	50	-90	1170		31	112	-5360	310
	23	75	-140	2400		32	125	-6060	300
	24	100	-180	3630		33	141	-6920	300
	25	125	-430	9780		34	141	-6920	300
	26	100	-180	3640		35	125	-6060	300
	27	75	-140	2400		36	112	-5360	310
	28	50	-80	1180		37	103	-4840	350
	29	25	0	0					

Tabela 14 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 10 m com inclinação de 14 graus, de espécie angelim araroba.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	103	-67270	5400	Banzo Inferior	11	100	-4350	65260
	2	103	-59990	5520		12	100	-4350	65260
	3	103	-52610	5710		13	100	-3880	58200
	4	103	-45160	5930		14	100	-3470	51030
	5	103	-37660	6200		15	100	-3100	43810
	6	103	-37660	6200		16	100	-3100	43810
	7	103	-45160	5930		17	100	-3470	51040
	8	103	-52610	5700		18	100	-3880	58200
	9	103	-59990	5520		19	100	-4350	65200
	10	103	-67270	5410		20	100	-4350	65200
Montante	21	25	0	0	Diagonal	30	103	-7280	490
	22	50	-120	1760		31	112	-8010	460
	23	75	-210	3580		32	125	-9030	470
	24	100	-280	5420		33	141	-10290	470
	25	125	-670	14560		34	141	-10290	470
	26	100	-280	5420		35	125	-9030	470
	27	75	-210	3580		36	112	-8010	460
	28	50	-110	1770		37	103	-7280	490
	29	25	0	0					

Tabela 15 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 10 m com inclinação de 14 graus, de espécie eucalipto citriodora.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	103	-93530	4830	Banzo Inferior	11	100	-3490	90740
	2	103	-83430	5230		12	100	-3490	90740
	3	103	-73180	5730		13	100	-3090	80940
	4	103	-62820	6310		14	100	-2790	70990
	5	103	-52390	6920		15	100	-2550	60950
	6	103	-52390	6920		16	100	-2550	60950
	7	103	-62820	6310		17	100	-2790	70990
	8	103	-73180	5740		18	100	-3090	80940
	9	103	-83430	5230		19	100	-3490	90740
	10	103	-93530	4820		20	100	-3490	90740
Montante	21	25	0	0	Diagonal	30	103	-10100	410
	22	50	-90	2450		31	112	-11120	340
	23	75	-150	4970		32	125	-12550	300
	24	100	-180	7530		33	141	-14310	270
	25	125	-380	20240		34	141	-14310	270
	26	100	-180	7530		35	125	-12550	300
	27	75	-150	4970		36	112	-11120	340
	28	50	-90	2450		370	1030	-10100	410
	29	25	0	0					

Tabela 16 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 15 m com inclinação de 14 graus, de espécie pinus elliotii.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	110	-70050	3370	Banzo Inferior	15	107	-2660	67920
	2	110	-65760	3490		16	106	-2660	67920
	3	110	-60260	3620		17	107	-2360	63860
	4	110	-55190	3800		18	107	-2060	58430
	5	111	-49750	3990		19	108	-1830	53630
	6	111	-44210	4200		20	107	-1580	48270
	7	111	-38630	4450		21	108	-1360	42870
	8	111	-38630	4450		22	108	-1360	42870
	9	111	-44210	4200		23	107	-1580	48270
	10	111	-49750	3990		24	108	-1830	53630
	11	110	-55190	3800		25	107	-2060	58420
	12	110	-60260	3620		26	107	-2360	63860
	13	110	-65750	3490		27	106	-2660	67920
	14	110	-70050	3370		28	107	-2660	67920
Montante	29	27	0	0	Diagonal	42	109	-4190	310
	30	53	-80	1040		43	119	-6070	340
	31	80	-150	5690		44	134	-5980	290
	32	106	-180	3580		45	151	-7520	340
	33	133	-240	5270		46	171	-8610	350
	34	160	-270	6710		47	193	-9640	320
	35	187	-520	15980		48	193	-9640	320
	36	160	-270	6710		49	171	-8610	350
	37	133	-240	5270		50	151	-7520	340
	38	106	-170	3580		51	134	-5980	290
	39	80	-150	2690		52	119	-6070	340
	40	53	-80	1030		53	109	-4190	310
	41	27	0	0					

Tabela 17 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 15 m com inclinação de 14 graus, de espécie angelim araroba.

Elemento estrutural	Barra	Com (cm)	Esforço crítico(N)		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	110	-103870	61700	Banzo Inferior	15	107	-5090	100710
	2	110	-97430	62900		16	106	-5090	100710
	3	110	-89240	63800		17	107	-4580	94630
	4	110	-81700	65700		18	107	-4030	86530
	5	111	-73630	6770		19	108	-3590	79400
	6	111	-65420	7000		20	107	-3130	71430
	7	111	-57150	7290		21	108	-2710	63430
	8	111	-57150	7290		22	108	-2710	63430
	9	111	-65410	7000		23	107	-3130	71430
	10	111	-73630	6760		24	108	-3590	79390
	11	110	-81700	6570		25	107	-4030	86520
	12	110	-89230	6390		26	107	-4580	94620
	13	110	-97430	6290		27	106	-5080	100700
	14	110	-103860	6170		28	107	-5080	100700
Montante	29	27	0	0	Diagonal	42	109	-6280	520
	30	53	-120	1550		43	119	-9040	620
	31	80	-270	4010		44	134	-8900	550
	32	106	-330	5330		45	151	-11160	650
	33	133	-460	7820		46	171	-12760	650
	34	160	-520	9550		47	193	-14270	630
	35	187	-1060	23660		48	193	-14270	630
	36	160	-520	9940		49	171	-12760	650
	37	133	-450	7820		50	151	-11160	650
	38	106	-330	5330		51	134	-8900	550
	39	80	-270	4010		52	119	-9040	620
	40	53	-120	1550		53	109	-6270	520
	41	27	0	0					

Tabela 18 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 15 m com inclinação de 14 graus, de espécie eucalipto citriodora.

Elemento estrutural	Barra	Com (cm)	Esforço crítico(N)		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	110	-144270	4110	Banzo Inferior	15	107	-2780	139880
	2	110	-135370	4530		16	106	-2780	139880
	3	110	-124030	5000		17	107	-2360	131470
	4	110	-113570	5580		18	107	-1950	120260
	5	111	-102350	6170		19	108	-1690	110350
	6	111	-90940	6800		20	107	-1400	99290
	7	111	-79450	7510		21	108	-1170	88170
	8	111	-79450	7510		22	108	-1170	88170
	9	111	-90940	6800		23	107	-1400	99290
	10	111	-102350	6160		24	108	-1690	110360
	11	110	-113580	5580		25	107	-1950	120270
	12	110	-124040	5000		26	107	-2360	131490
	13	110	-135390	4540		27	106	-2770	139900
	14	110	-144290	4100		28	107	-2770	139900
Montante	29	27	0	0	Diagonal	42	109	-8680	420
	30	53	-110	2140		43	119	-12520	450
	31	80	-200	5560		44	134	-12360	340
	32	106	-200	7400		45	151	-15510	400
	33	133	-280	10860		46	171	-17730	380
	34	160	-290	13820		47	193	-19830	300
	35	187	-490	32880		48	193	-19840	300
	36	160	-290	13820		49	171	-17740	370
	37	133	-280	10860		50	151	-15510	400
	38	106	-210	7410		51	134	-12370	330
	39	80	-200	5560		52	119	-12520	450
	40	53	-100	2140		53	109	-8680	420
	41	27	0	0					

Tabela 19 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 5 m com inclinação de 17 graus, de espécie pinus elliotii.

elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	87	-18020	2100	Banzo Inferior	7	84	-1340	17270
	2	87	-14190	2250		8	83	-1340	17270
	3	87	-10690	2480		9	83	-1060	13540
	4	87	-10690	2480		10	83	-1060	13540
	5	87	-14190	2250		11	83	-1340	17270
	6	87	-18020	2100		12	84	-1340	17270
Montante	13	25	0	0	Diagonal	18	87	-3890	290
	14	51	-80	1120		19	97	-3880	200
	15	76	-210	4070		20	97	-3880	200
	16	51	-80	1120		21	87	-3890	290
	17	25	0	0					

Tabela 20 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 5 m com inclinação de 17 graus, de espécie angelim araroba.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	87	-26890	1020	Banzo Inferior	7	84	0	25770
	2	87	-21170	1250		8	83	0	25770
	3	87	-15940	1580		9	83	0	20200
	4	87	-15940	1580		10	83	0	20200
	5	87	-21170	1250		11	83	0	25770
	6	87	-26890	1020		12	84	0	25770
Montante	13	25	0	0	Diagonal	18	87	-5820	400
	14	51	-110	1680		19	97	-5800	330
	15	76	-340	6070		20	97	-5800	330
	16	51	-110	1680		21	87	-5820	400
	17	25	0	0					

Tabela 21 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 10 m com inclinação de 17 graus, de espécie pinus elliotii.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	104	-38580	2500	Banzo Inferior	11	99	-1670	36930
	2	104	-34130	2670		12	100	-1670	36930
	3	105	-29860	2890		13	100	-1350	32600
	4	105	-25740	3150		14	100	-1080	28520
	5	105	-21450	3440		15	101	-860	24650
	6	105	-21450	3440		16	101	-860	24650
	7	105	-25740	315		17	100	-1080	28520
	8	105	-29860	289		18	100	-1350	32600
	9	104	-34130	267		19	100	-1670	36930
	10	104	-38590	250		20	99	-1670	36930
Montante	21	30	0	0	Diagonal	30	104	-4510	340
	22	61	-100	1300		31	117	-4780	330
	23	92	-170	2490		32	136	-5250	300
	24	122	-200	2560		33	158	-6500	330
	25	153	-510	10010		34	158	-6500	330
	26	122	-200	3560		35	136	-5250	300
	27	92	-170	2490		36	117	-4780	330
	28	61	-100	1300		37	104	-4510	340
	29	30	0	0					

Tabela 22 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 10 m com inclinação de 17 graus, de espécie angelim araroba.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	104	-57460	7930	Banzo Inferior	11	99	-6500	54990
	2	104	-50790	8130		12	100	-6500	54990
	3	105	-44390	8010		13	100	-5980	48510
	4	105	-38240	7870		14	100	-5140	42400
	5	105	-31860	7670		15	101	-4300	36620
	6	105	-31860	7670		16	101	-4300	36620
	7	105	-38240	7870		17	100	-5140	42400
	8	105	-44390	8010		18	100	-5980	48510
	9	104	-50790	8130		19	100	-6500	54990
	10	104	-57460	7930		20	99	-6500	54990
Montante	21	30	0	0	Diagonal	30	104	-6770	540
	22	61	-160	1940		31	117	-7160	980
	23	92	-510	3730		32	136	-7850	1140
	24	122	-770	5310		33	158	-9660	1430
	25	153	-2210	14890		34	158	-9660	1430
	26	122	-770	5310		35	136	-7850	1140
	27	92	-510	3730		36	117	-7160	980
	28	61	-160	1940		37	104	-6770	550
	29	30	0	0					

Tabela 23 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 10 m com inclinação de 17 graus, de espécie eucalipto citriodora.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	104	-79840	3170	Banzo Inferior	11	99	-1590	76410
	2	104	-70570	372		12	100	-1590	76410
	3	105	-61680	4380		13	100	-1150	67410
	4	105	-53150	5130		14	100	-800	58920
	5	105	-44300	5920		15	101	-560	50910
	6	105	-44300	5920		16	101	-560	50910
	7	105	-53150	5130		17	100	-800	58920
	8	105	-61680	4380		18	100	-1150	67410
	9	104	-70570	3720		19	100	-1590	76410
	10	104	-79840	3170		20	99	-1590	76410
Montante	21	30	0	0	Diagonal	30	104	-9400	460
	22	61	-130	2700		31	117	-9940	400
	23	92	-210	5180		32	136	-10880	330
	24	122	-220	7370		33	158	-13430	360
	25	153	-550	20680		34	158	-13430	360
	26	122	-220	7370		35	136	-10880	330
	27	92	-210	5180		36	117	-9940	400
	28	61	-130	2700		37	104	-9400	460
	29	30	0	0					

Tabela 24 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 15 m com inclinação de 17 graus, de espécie pinus elliotii.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	112	-59450	1920	Banzo Inferior	15	107	-1080	56810
	2	112	-55820	2130		16	107	-1080	56810
	3	112	-51220	2360		17	107	-780	53480
	4	112	-46590	2620		18	107	-480	48950
	5	112	-41980	2920		19	107	-220	44520
	6	112	-37440	3260		20	107	0	40120
	7	112	-32800	3640		21	108	0	35870
	8	112	-32800	3640		22	108	0	35870
	9	112	-37440	3260		23	107	0	40120
	10	112	-41980	2920		24	107	-220	44520
	11	112	-46590	2620		25	107	-480	48950
	12	112	-51220	2360		26	107	-770	53480
	13	112	-55820	2130		27	107	-1080	56810
	14	112	-59450	1920		28	107	-1080	56810
Montante	29	33	0	0	Diagonal	42	112	-3480	320
	30	65	-90	1030		43	125	-5310	350
	31	98	-180	2760		44	145	-6000	350
	32	131	-240	4050		45	169	-6960	360
	33	164	-280	5390		46	196	-7770	330
	34	196	-270	6510		47	224	-9320	330
	35	229	-570	16330		48	224	-9320	330
	36	196	-270	6510		49	196	-7770	330
	37	164	-270	5390		50	169	-6960	360
	38	131	-240	4050		51	145	-6000	350
	39	98	-180	2760		52	125	-5310	350
	40	65	-90	1030		53	112	-3480	320
	41	33	0	0					

Tabela 25 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 15 m com inclinação de 17 graus, de espécie angelim araroba.

Elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço		elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	112	-88040	3510	Banzo Inferior	15	107	-2250	84120
	2	112	-82590	3850		16	107	-2250	84120
	3	112	-75740	4180		17	107	-1790	79130
	4	112	-68850	4550		18	107	-1330	72370
	5	112	-62000	4970		19	107	-910	65790
	6	112	-55280	5440		20	107	-520	59250
	7	112	-48430	5960		21	108	-200	52960
	8	112	-48430	5960		22	108	-200	52960
	9	112	-55280	5440		23	107	-520	59250
	10	112	-62000	4970		24	107	-910	65790
	11	112	-68850	4550		25	107	-1330	72370
	12	112	-75740	4190		26	107	-1790	79130
	13	112	-82590	3850		27	107	-2250	84130
	14	112	-88040	3510		28	107	-2250	84120
Montante	29	33	0	0	Diagonal	42	112	-5230	470
	30	65	-140	1540		43	125	-7910	550
	31	98	-290	4110		44	145	-8920	570
	32	131	-390	6030		45	169	-10340	600
	33	164	-470	8010		46	196	-11500	580
	34	196	-490	9630		47	224	-13780	620
	35	229	-1080	24130		48	224	-13780	620
	36	196	-490	9630		49	196	-11500	580
	37	164	-470	8010		50	169	-10340	600
	38	131	-390	6030		51	145	-8920	570
	39	98	-290	4110		52	125	-7910	550
	40	65	-140	1540		53	112	-5230	470
	41	33	0	0					

Tabela 26 - Esforços críticos das barras da treliça de vão de 15 m com inclinação de 17 graus, de espécie eucalipto citriodora.

Elemento estrutural	Barra	Com (cm)	Esforço crítico(N)		elemento estrutural	Barra	Comp (cm)	Esforço crítico(N)	
			Compr	Tração				Compr	Tração
Banzo Superior	1	112	-122290	1680	Banzo Inferior	15	107	-1200	116860
	2	112	-114760	2280		16	107	-1200	116860
	3	112	-105250	2940		17	107	-3200	109950
	4	112	-95700	3650		18	107	-720	100580
	5	112	-86190	4440		19	107	-1070	91450
	6	112	-76850	5290		20	107	-1350	82360
	7	112	-67320	6200		21	108	-1540	73630
	8	112	-67320	6200		22	108	-1540	73630
	9	112	-76850	5290		23	107	-1350	82360
	10	112	-86190	4440		24	107	-1070	91450
	11	112	-95700	3650		25	107	-720	100590
	12	112	-105260	2940		26	107	-320	109950
	13	112	-114770	2280		27	107	-120	116860
	14	112	-122300	1680		28	107	-120	116860
Montante	29	33	0	0	Diagonal	42	112	-7230	460
	30	65	-130	2130		43	125	-10960	470
	31	98	-240	5690		44	145	-12380	460
	32	131	-310	8360		45	169	-14370	440
	33	164	-340	11130		46	196	-15980	360
	34	196	-300	13390		47	224	-19150	340
	35	229	-600	33550		48	224	-19150	340
	36	196	-300	13390		49	196	-15990	360
	37	164	-340	11130		50	169	-14370	440
	38	131	-310	8360		51	145	-12380	460
	39	98	-240	5690		52	125	-10960	470
	40	65	-130	2130		53	112	-7230	460
	41	33	0	0					

ANEXO

Listagem dos resultados das regressões múltiplas e correlações dos dados
pelo programa de análise de estatística do software EXCEL

RESUMO DOS RESULTADOS

Pinus - vol/adotado

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,99634938
R-Quadrado	0,992712086
R-quadrado ajustad	0,990282782
Erro padrão	0,000405974
Observações	9

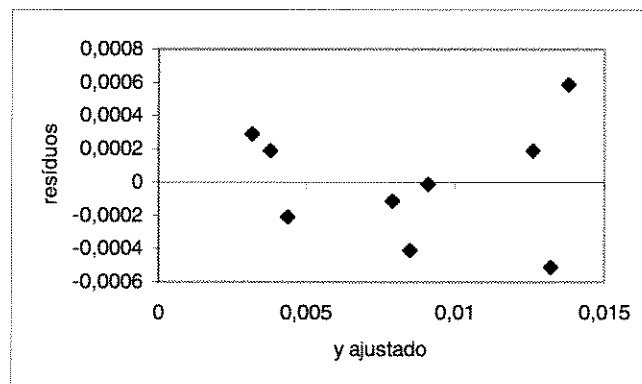
ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	2	0,0001347	0,00006735	408,6404494	3,87088E-07
Resíduo	6	9,88889E-07	1,64815E-07		
Total	8	0,000135689			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção B0	0,001911111	0,000852295	2,2423129	0,066136402
Variável B1	0,00094	3,31476E-05	28,35798443	1,27285E-07
Variável B2	-0,0002	5,52461E-05	-3,62016823	0,011094936

RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	Y previsto	Resíduos
1	0,004411111	-0,00021111
2	0,003811111	0,000188889
3	0,003211111	0,000288889
4	0,009111111	-1,1111E-05
5	0,008511111	-0,00041111
6	0,007911111	-0,00011111
7	0,013811111	0,000588889
8	0,013211111	-0,00051111
9	0,012611111	0,000188889



	X1	X2	X3
X1	1		
X2	0	1	
X3	0,988329	-0,12617	1

onde:

X1 = Vão

X2 = Inclinação

X3 = Volume ou custo

RESUMO DOS RESULTADOS

Angelim - vol/adotado

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,992562585
R-Quadrado	0,985180485
R-quadrado ajustar	0,980240647
Erro padrão	0,000540319
Observações	9

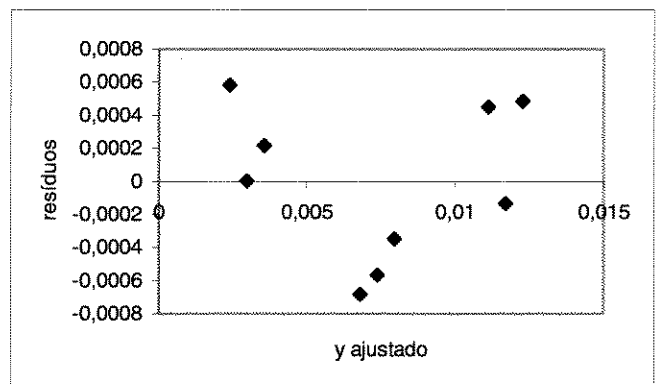
ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	0,000116448	5,82242E-05	199,4357755	3,25463E-06
Resíduo	6	1,75167E-06	2,91944E-07		
Total	8	0,0001182			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção B0	0,001355556	0,001134336	1,195021214	0,277167249
Variável B1	0,000873333	4,41168E-05	19,795914	1,07777E-06
Variável B2	-0,00019444	7,35281E-05	-2,64449233	0,03830961

RESULTADOS DE RESÍDUOS

<i>Observação</i>	<i>Y previsto</i>	<i>Resíduos</i>
1	0,003583333	0,000216667
2	0,003	2,1684E-18
3	0,002416667	0,000583333
4	0,00795	-0,00035
5	0,007366667	-0,00056667
6	0,006783333	-0,00068333
7	0,012316667	0,000483333
8	0,011733333	-0,00013333
9	0,01115	0,00045



	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>
X1	1		
X2	0	1	
X3	0,983823	-0,13143	1

onde:

X1 = Vão

X2 = Inclinação

X3 = Volume ou custo

RESUMO DOS RESULTADOS

Eucalipto - vol/adotado

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,993872572
R-Quadrado	0,98778269
R-quadrado ajustac	0,983710254
Erro padrão	0,000340071
Observações	9

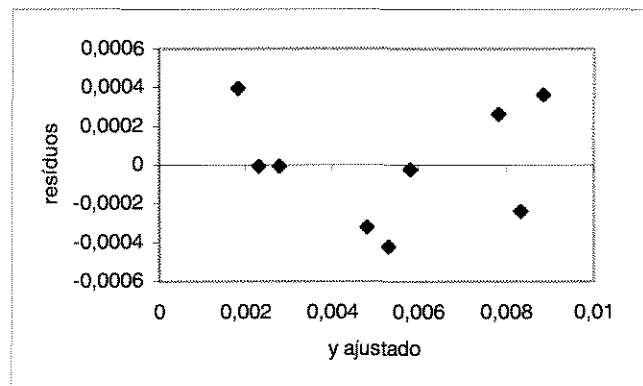
ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	2	5,61017E-05	2,80508E-05	242,5532426	1,82359E-06
Resíduo	6	6,93889E-07	1,15648E-07		
Total	8	5,67956E-05			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção B0	0,001622222	0,000713939	2,272214915	0,063474397
Variável B1	0,000603333	2,77667E-05	21,72869322	6,20445E-07
Variável B2	-0,00016667	4,62778E-05	-3,60144086	0,011346864

RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	Y previsto	Resíduos
1	0,002805556	-5,5556E-06
2	0,002305556	-5,5556E-06
3	0,001805556	0,000394444
4	0,005822222	-2,2222E-05
5	0,005322222	-0,00042222
6	0,004822222	-0,00032222
7	0,008838889	0,000361111
8	0,008338889	-0,00023889
9	0,007838889	0,000261111



	X1	X2	X3
X1	1		
X2	0	1	
X3	0,980496	-0,16251	1

onde:

X1 = Vão

X2 = Inclinação

X3 = Volume ou custo

RESUMO DOS RESULTADOS

Pinus - custo/adotado

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,996300287
R-Quadrado	0,992614262
R-quadrado ajustado	0,990152349
Erro padrão	0,093778699
Observações	9

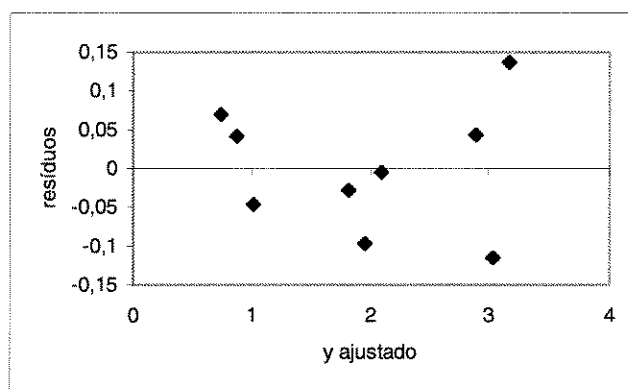
ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	2	7,091633333	3,545816667	403,1882502	4,02886E-07
Resíduo	6	0,052766667	0,008794444		
Total	8	7,1444			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção B0	0,445555556	0,196877372	2,263112064	0,064272803
Variável B1	0,215666667	0,007656999	28,16595302	1,32546E-07
Variável B2	-0,04611111	0,012761665	-3,61325209	0,011187246

RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	Y previsto	Resíduos
1	1,016666667	-0,04666667
2	0,878333333	0,041666667
3	0,74	0,07
4	2,095	-0,005
5	1,956666667	-0,09666667
6	1,818333333	-0,02833333
7	3,173333333	0,136666667
8	3,035	-0,115
9	2,896666667	0,043333333



	X1	X2	X3
X1	1		
X2	0	1	
X3	0,988202	-0,12677	1

onde:

X1 = Vão

X2 = Inclinação

X3 = Volume ou custo

RESUMO DOS RESULTADOS

Angelim - custo/adotado

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,992477598
R-Quadrado	0,985011783
R-quadrado ajustad	0,980015711
Erro padrão	0,177797742
Observações	9

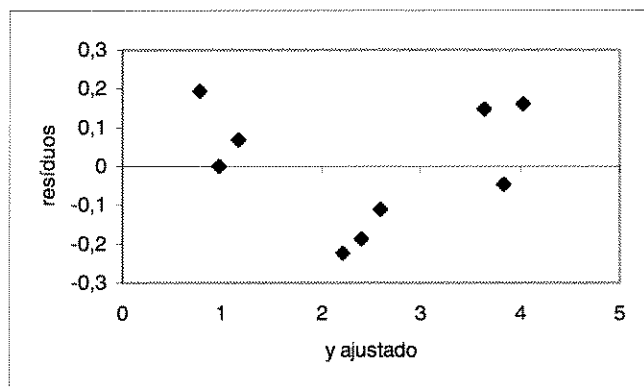
ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	2	12,46508333	6,232541667	197,1572303	3,36705E-06
Resíduo	6	0,189672222	0,031612037		
Total	8	12,65475556			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção B0	0,453333333	0,37326549	1,214506418	0,270179765
Variável B1	0,285666667	0,014517125	19,67790935	1,1166E-06
Variável B2	-0,06444444	0,024195208	-2,66352099	0,037348069

RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	Y previsto	Resíduos
1	1,172777778	0,067222222
2	0,979444444	0,000555556
3	0,786111111	0,193888889
4	2,601111111	-0,111111111
5	2,407777778	-0,187777778
6	2,214444444	-0,224444444
7	4,029444444	0,160555556
8	3,836111111	-0,046111111
9	3,642777778	0,147222222



	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3
Coluna 1	1		
Coluna 2	0	1	
Coluna 3	0,983509	-0,13312	1

onde:

X1 = Vão

X2 = Inclinação

X3 = Volume ou custo

RESUMO DOS RESULTADOS

Eucalipto - custo/adotado

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,994058143
R-Quadrado	0,988151591
R-quadrado ajustad	0,984202121
Erro padrão	0,117252497
Observações	9

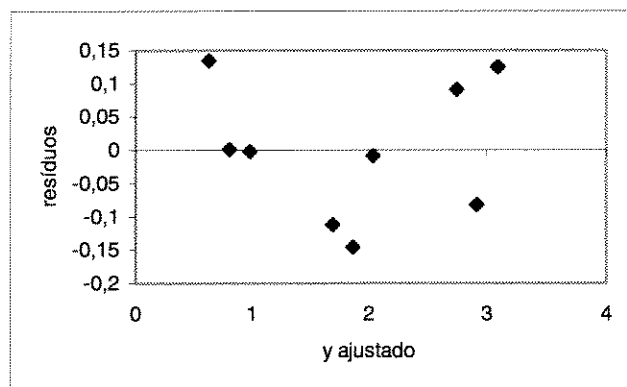
ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	2	6,879533333	3,439766667	250,1985453	1,66334E-06
Resíduo	6	0,082488889	0,013748148		
Total	8	6,962022222			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção B0	0,561111111	0,246157856	2,279476758	0,062844848
Variável B1	0,211333333	0,009573626	22,07453333	5,64938E-07
Variável B2	-0,05777778	0,015956044	-3,62105909	0,011083107

RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	Y previsto	Resíduos
1	0,982222222	-0,00222222
2	0,808888889	0,001111111
3	0,635555556	0,134444444
4	2,038888889	-0,00888889
5	1,865555556	-0,14555556
6	1,692222222	-0,11222222
7	3,095555556	0,124444444
8	2,922222222	-0,08222222
9	2,748888889	0,091111111



	X1	X2	X3
X1	1		
X2	0	1	
X3	0,980948	-0,16091	1

onde:

X1 = Vão

X2 = Inclinação

X3 = Volume ou custo

RESUMO DOS RESULTADOS

Pinus - vol/comercial

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,97806335
R-Quadrado	0,956607917
R-quadrado ajustado	0,942143889
Erro padrão	0,00091939
Observações	9

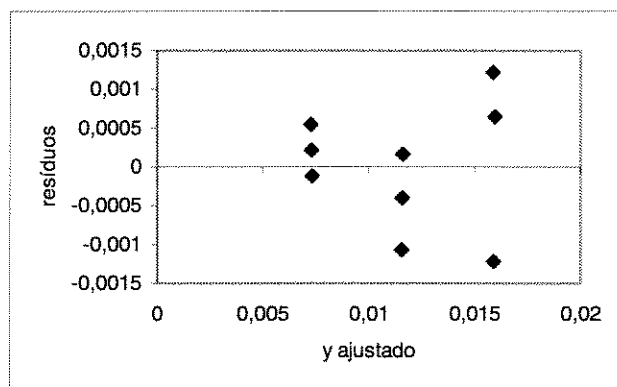
ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	2	0,000111808	5,59042E-05	66,13703582	8,17018E-05
Resíduo	6	5,07167E-06	8,45278E-07		
Total	8	0,00011688			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção B0	0,003122222	0,001930151	1,61760502	0,15687511
Variável B1	0,000863333	7,50679E-05	11,50070366	2,59629E-05
Variável B2	-1,1111E-05	0,000125113	-0,08880852	0,932124203

RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	Y previsto	Resíduos
1	0,007316667	-0,00011667
2	0,007283333	0,000216667
3	0,00725	0,00055
4	0,011633333	0,000166667
5	0,0116	-0,0004
6	0,011566667	-0,00106667
7	0,01595	0,00065
8	0,015916667	-0,00121667
9	0,015883333	0,001216667



	X1	X2	X3
X1	1		
X2	0	1	
X3	0,978034	-0,00755	1

onde:

X1 = Vão

X2 = Inclinação

X3 = Volume ou custo

RESUMO DOS RESULTADOS

Angelim - vol/comercial

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,990668996
R-Quadrado	0,981425059
R-quadrado ajustado	0,975233412
Erro padrão	0,000621378
Observações	9

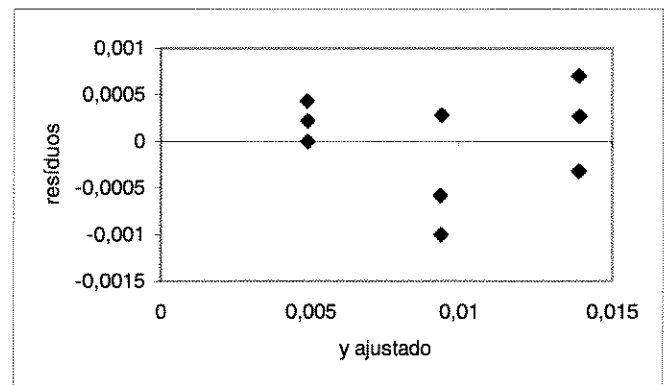
ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	2	0,000122403	6,12017E-05	158,5079137	6,40888E-06
Resíduo	6	2,31667E-06	3,86111E-07		
Total	8	0,00012472			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção B0	0,000444444	0,001304511	0,340698117	0,744943541
Variável B1	0,000903333	5,07353E-05	17,80481707	2,01697E-06
Variável B2	-5,5556E-06	8,45589E-05	-0,06570043	0,949750753

RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	Y previsto	Resíduos
1	0,0049	-2,1684E-17
2	0,004883333	0,000216667
3	0,004866667	0,000433333
4	0,009416667	0,000283333
5	0,0094	-0,001
6	0,009383333	-0,00058333
7	0,013933333	0,000266667
8	0,013916667	-0,00031667
9	0,0139	0,0007



	X1	X2	X3
X1	1		
X2	0	1	
X3	0,990662	-0,00366	1

onde:

X1 = Vão

X2 = Inclinação

X3 = Volume ou custo

RESUMO DOS RESULTADOS

Eucalipto - vol/comercial

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,984548534
R-Quadrado	0,969335816
R-quadrado ajustado	0,959114422
Erro padrão	0,000523874
Observações	9

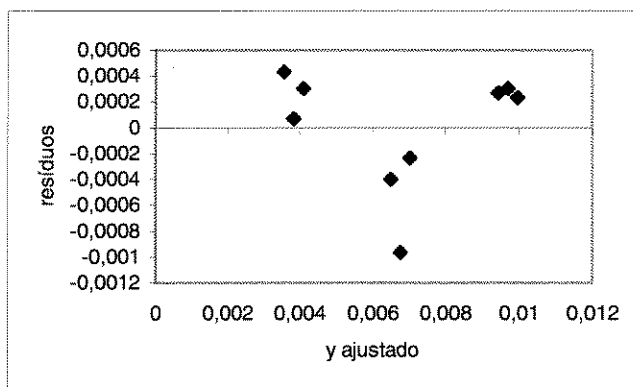
ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	2	5,20533E-05	2,60267E-05	94,8340081	2,88333E-05
Resíduo	6	1,64667E-06	2,74444E-07		
Total	8	0,0000537			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção B0	0,002144444	0,001099813	1,949826547	0,099082788
Variável B1	0,000586667	4,27742E-05	13,7154424	9,33763E-06
Variável B2	-8,8889E-05	7,12903E-05	-1,2468584	0,258915471

RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	Y previsto	Resíduos
1	0,0041	0,0003
2	0,003833333	6,6667E-05
3	0,003566667	0,000433333
4	0,007033333	-0,000233333
5	0,006766667	-0,000966667
6	0,0065	-0,0004
7	0,009966667	0,000233333
8	0,0097	0,0003
9	0,009433333	0,000266667



	X1	X2	X3
X1	1		
X2	0	1	
X3	0,980505	-0,08914	1

onde:

X1 = Vão

X2 = Inclinação

X3 = Volume ou custo

RESUMO DOS RESULTADOS

Pinus - custo/comercial

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,978381286
R-Quadrado	0,957229941
R-quadrado ajustac	0,942973254
Erro padrão	0,209624885
Observações	9

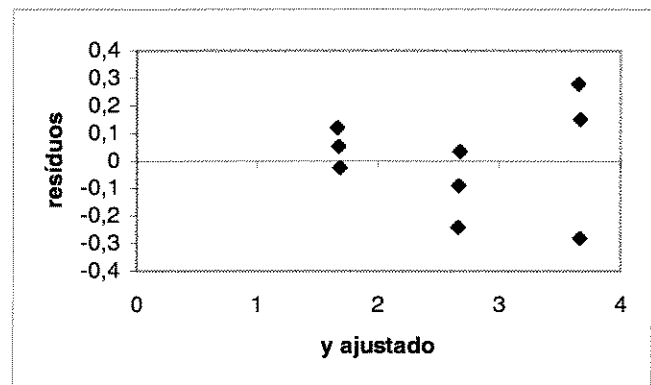
ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	5,900833333	2,950416667	67,14252602	7,82383E-05
Resíduo	6	0,263655556	0,043942593		
Total	8	6,164488889			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção B0	0,724444444	0,440082842	1,646154712	0,150832386
Variável B1	0,198333333	0,0171158	11,5877336	2,48571E-05
Variável B2	-0,00277778	0,028526334	-0,09737591	0,92559923

RESULTADOS DE RESÍDUOS

<i>Observação</i>	<i>Y previsto</i>	<i>Resíduos</i>
1	1,685555556	-0,02555556
2	1,677222222	0,052777778
3	1,668888889	0,121111111
4	2,677222222	0,032777778
5	2,668888889	-0,08888889
6	2,660555556	-0,24055556
7	3,668888889	0,151111111
8	3,660555556	-0,28055556
9	3,652222222	0,277777778



	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>
X1	1		
X2	0	1	
X3	0,978347	-0,00822	1

onde:

X1 = Vão

X2 = Inclinação

X3 = Volume ou custo

RESUMO DOS RESULTADOS

Angelim - custo/comercial

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,990923242
R-Quadrado	0,981928871
R-quadrado ajustad	0,975905162
Erro padrão	0,200326123
Observações	9

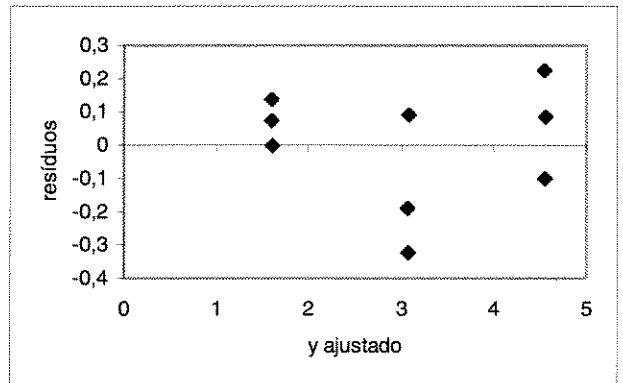
ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	13,08341667	6,541708333	163,0106597	5,90141E-06
Resíduo	6	0,240783333	0,040130556		
Total	8	13,3242			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção B0	0,143333333	0,420561182	0,340814463	0,744860261
Variável B1	0,295333333	0,016356559	18,05595695	1,85689E-06
Variável B2	-0,00166667	0,027260932	-0,06113755	0,953235295

RESULTADOS DE RESÍDUOS

<i>Observação</i>	<i>Y previsto</i>	<i>Resíduos</i>
1	1,601666667	-0,00166667
2	1,596666667	0,073333333
3	1,591666667	0,138333333
4	3,078333333	0,091666667
5	3,073333333	-0,323333333
6	3,068333333	-0,188333333
7	4,555	0,085
8	4,55	-0,1
9	4,545	0,225



	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>
X1	1		
X2	0	1	
X3	0,990918	-0,00336	1

onde:

X1 = Vão

X2 = Inclinação

X3 = Volume ou custo

RESUMO DOS RESULTADOS

Eucalipto - custo/comercial

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,984559125
R-Quadrado	0,96935667
R-quadrado ajustado	0,959142227
Erro padrão	0,183265139
Observações	9

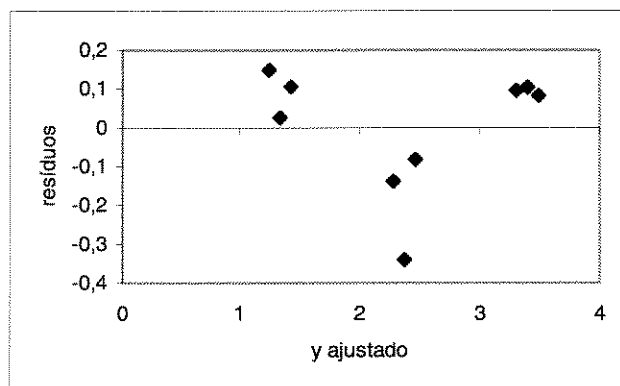
ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	2	6,374683333	3,187341667	94,90058721	2,87745E-05
Resíduo	6	0,201516667	0,033586111		
Total	8	6,5762			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção B0	0,744444444	0,384743648	1,934910291	0,101153197
Variável B1	0,205333333	0,014963536	13,72224682	9,31064E-06
Variável B2	-0,03055556	0,024939227	-1,22520061	0,26640999

RESULTADOS DE RESÍDUOS

Observação	Y previsto	Resíduos
1	1,435	0,105
2	1,343333333	0,026666667
3	1,251666667	0,148333333
4	2,461666667	-0,081666667
5	2,37	-0,34
6	2,278333333	-0,138333333
7	3,488333333	0,081666667
8	3,396666667	0,103333333
9	3,305	0,095



	X1	X2	X3
X1	1		
X2	0	1	
X3	0,980658	-0,08756	1

onde:

X1 = Vão

X2 = Inclinação

X3 = Volume ou custo