

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

RAFAEL ANDRADE SOUZA

AVALIAÇÃO DE PONTES DE MADEIRA NA ZONA RURAL DO
MUNICÍPIO DE JERÔNIMO MONTEIRO, ES

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2012

RAFAEL ANDRADE SOUZA

AVALIAÇÃO DAS PONTES DE MADEIRA NA ZONA RURAL DO
MUNICÍPIO DE JERÔNIMO MONTEIRO, ES

Monografia apresentada ao
Departamento de Ciências
Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito
Santo, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2012

RAFAEL ANDRADE SOUZA

AVALIAÇÃO DAS PONTES DE MADEIRA NA ZONA RURAL DO
MUNICÍPIO DE JERÔNIMO MONTEIRO, ES

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovada em 16 de outubro de 2012.

COMISSÃO EXAMINADORA



Dr. Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Dr. Marcos Oliveira de Paula
Universidade Federal do Espírito Santo



Dr^a. Ana Aparecida Barbosa Pereira
Universidade Federal do Espírito Santo

“A vida sem luta é um mar morto no centro do organismo universal.”

Machado de Assis

AGRADECIMENTOS

A Deus pai, onipotente, onipresente e oniciente.

A todas as dificuldades que a vida me trouxe, pois sem elas não seria um homem melhor do que sou hoje.

Aos meus pais e irmãos por terem me acompanhado nesses anos.

À Universidade Federal do Espírito Santo, pelo aprendizado científico.

Ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira

Ao professor Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho pelo aprendizado e pela paciência que me foi dada.

Aos funcionários do setor de engenharia do Centro de Ciências Agrárias, Plínio Antonio Guerra, Leonor da Cunha Mastela, Rodrigo de Souza Caetano, Henrique Damasceno de Souza.

Aos professores Marcos de Paulo Oliveira, Claudio Moises e Wendel Andrade, pelas valiosas informações.

Aos grandes amigos de república pelas dificuldades compartilhadas, pois delas foram extraídas lições de vida.

Aos amigos Dercilio Junior Verly Lopes e Carolina Fernandes Xavier pelo auxílio e disponibilidade na construção desta monografia.

RESUMO

O conhecimento técnico adequado em estruturas de madeira é de fundamental importância para elaboração e construção de projeto de pontes de madeira, de forma a aperfeiçoar seu desempenho e reduzir seu custo de implantação. O planejamento e a execução da manutenção preventiva das pontes de madeira reduzem os custos de manutenção, pelo fato de se ter um menor custo de manutenção corretiva, já que há a substituição de quase todos os elementos estruturais. Neste trabalho foi elaborada uma avaliação estrutural das pontes de madeira da zona rural do município de Jerônimo Monteiro, localizado na região Sul do Estado do Espírito Santo. O estudo consta da verificação e elaboração do cálculo estrutural das pontes de madeira, sugerindo assim uma manutenção preventiva. Os dados foram coletados em campo e as informações foram cedidas pela prefeitura municipal de Jerônimo Monteiro com a finalidade de efetuar os estudos e dessa forma analisar os dados fornecidos e levantados, efetuando o cálculo estrutural e dimensionamento adequado do projeto e indicar uma melhor manutenção das pontes. Concluiu-se que as pontes de madeira estão subdimensionadas considerando veículo tipo de 30 toneladas e precisam ser reformadas urgentemente.

Palavras-chave: Estruturas de madeira, projetos de pontes, propriedades da madeira.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. O problema e sua importância	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo geral.....	2
1.2.2. Objetivo específico.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Aspectos gerais do setor	3
2.2. Materiais.....	4
2.3. Sistemas estruturais de pontes de madeira	5
2.3.1. Madeira roliça	5
2.3.2. Madeira falquejada.....	5
2.3.3. Madeira serrada.....	5
2.3.4. Madeira compensada.....	6
2.3.5. Madeira laminada.....	6
2.4. Classificação de pontes em vigas	6
2.4.1. Viga simples de peças roliças.....	6
2.4.2. Vigas de peças serradas.....	7
2.4.3. Vigas com peças serradas compostas.....	7
2.4.4. Vigas laminadas coladas	8
2.4.5. Vigas compostas por peças serradas e compensadas	8
2.4.6. Vigas treliças.....	8
2.5. Parâmetros estruturais	8
2.6. Cargas acidentais.....	9
2.7. Carregamentos.....	9
2.8. Elementos lineares.....	10
2.9. Elementos estruturais de superfície	10
2.10. Elementos estruturais de volume	11
2.11. Tratamento adequado.....	11
2.12. Tipos de ligações	12
2.13. Vida útil das pontes.....	13

3. METODOLOGIA	14
3.1. Coleta e preparo dos dados	14
3.2. Ligações das pontes	18
3.3. Cálculos estruturais das pontes	18
3.4. Documentos normativos.....	19
3.4.1. O procedimento utilizado para o cálculo estrutural foi realizado com base nas normas brasileiras	19
3.5. Características das pontes 1,2 e 3.....	19
3.6. Pré-dimensionamento das vigas circulares.....	20
3.6.1. Vigas Circulares:.....	20
3.6.2. Momento de cálculo Md	20
3.6.3. Determinação do diâmetro D da viga circular para a verificação da tensão normal.....	21
3.6.4. Cálculos das ações atuantes	21
3.6.5. Carregamento de multidão.....	22
3.6.6. Aceleração e frenagem dos veículos	23
3.6.7. Vento.....	23
3.6.8. Carga no guarda-corpo	23
3.7. Dimensionamento do tabuleiro.....	23
3.7.1. Carregamento a flexão.....	24
3.7.2. Cálculo da combinação de cálculo para a flexão	25
4. RESULTADOS	27
4.1. Diagnóstico das pontes	27
4.2. Momento de cálculo Md	30
4.2.1. Determinação do diâmetro D da viga circular para a verificação da tensão normal.....	31
4.2.2. Cálculos das ações atuantes	31
4.3. Capacidade de cargas das pontes	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
6. REFERÊNCIAS	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Seção transversal da superestrutura de uma ponte de madeira.....	3
Figura 2.2 – Tipo de ponte.....	6
Figura 2.3 – Ponte de vigas simples.....	7
Figura 2.4 – Pontes de peça serrada.....	7
Figura 2.5 – Solidarização dos postes componentes da viga bi-circular por anéis metálicos.....	8
Figura 2.6 – Representação de elemento linear.....	10
Figura 2.7 – Representação dos elementos estruturais.....	10
Figura 2.8 – Representação de chapas.....	11
Figura 2.9 – Representação dos elementos tridimensionais de volume.....	11
Figura 2.10 – Vida útil de pontes.....	13
Figura 3.1 – Município de Jerônimo Monteiro, ES.....	14
Figura 3.2 – Localização das pontes de madeira.....	15
Figura 3.3 – Corte transversal da estrutura da ponte 1.....	16
Figura 3.4 – Imagem da estrutura da ponte 1.....	16
Figura 3.5 – Corte transversal da estrutura da ponte 2.....	16
Figura 3.6 – Imagem da estrutura da ponte 2.....	17
Figura 3.7 – Corte transversal da estrutura da ponte 3.....	17
Figura 3.8 – Imagem da estrutura da ponte 3.....	17
Figura 3.9 – Elementos de ligação da ponte 1.....	18
Figura 3.10 – Base de concreto das pontes.....	18
Figura 3.11 – Seção Transversal da ponte 1.....	19
Figura 3.12 – Posição da linha de roda do trem-tipo sobre as vigas circulares.....	20
Figura 3.13 – Características dos veículos de carga móvel em pontes.....	22
Figura 3.14 – Carregamento de multidão e trem-tipo distribuído na pista de rolamento.....	23
Figura 3.15 – Carregamento crítico de flexão.....	24
Figura 3.16 – Diagrama do momento fletor.....	25
Figura 4.1 – Longarinas da ponte 2.....	27
Figura 4.2 – Extremidade em contato direto com a terra na ponte 2.....	28
Figura 4.3 – Podridão escura na ponte 2.....	28
Figura 4.4 – Podridão parda e escura da ponte 3.....	29

Figura 4.5 – Esforços de cisalhamento da ponte 2.....	29
Figura 4.6 – Danos causados devido abrasão e as sobrecargas no tabuleiro na ponte 3.....	30
Figura 4.7 – Fundação de concreto para sustentação da ponte 2.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Peças e respectivas seções transversais.....	4
Tabela 2 – Peças e respectivas seções transversais das pontes.....	19
Tabela 3 – Dados para o calculo do momento.....	31
Tabela 4 – Momento caracteristico e diâmetro.....	32
Tabela 5 – Cálculo das forças atuantes.....	32
Tabela 6 – Cálculos de combinações de calculo para flexão.....	32
Tabela 7 – Cálculos de forças atuantes em cima das pontes.....	33

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material amplamente usado pela humanidade, e acompanha gradativamente a evolução do homem em relação à utilização de recursos naturais, antes mesmo do desenvolvimento da idade da pedra, do ferro e do bronze. A madeira como fonte renovável sempre esteve presente no desenvolvimento da humanidade, estruturalmente e energeticamente. No Brasil a madeira é de fundamental importância, pois foi sua principal fonte de renda na época do descobrimento (ABDALLA, 2002).

A madeira aplica-se a usos diversos. Na construção civil ela é utilizada na produção de elementos estruturais, suporte e acabamento, podendo ser aplicadas em estruturas de grande porte para a madeira, a construções de casas até a construção de passarelas e pontes.

Na construção de pontes, a madeira é aplicada em larga escala especialmente na Europa e na América do Norte onde se tem uma alta valorização da madeira na utilização em construções.

1.1. O problema e sua importância

As pontes de madeira no Brasil são projetadas ou construídas por técnicos que possuem pouca especialização em madeira, conseqüentemente o custo dessas construções é relativamente alto, a durabilidade dessas construções não contempla a expectativa adequada, passando assim por manutenções corretivas ao longo da sua vida útil (CALIL, 2010).

A revisão e análise das estruturas das pontes entram no sistema de manutenção preventiva no qual há uma restauração da estrutura pretendida. A análise e classificação dessas peças podem ser feita por métodos não destrutivos, o que permite que as mesmas possam ser utilizadas sem nenhuma alteração em sua estrutura (FONTE, 2004).

As pontes de madeira são uma excelente opção para a zona rural, não só pela disponibilidade de matéria prima, mas também por sua resistência mecânica e durabilidade natural, o que reforça a sua viabilidade econômica.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Avaliação estrutural das pontes de madeira que se encontra em uso na zona rural do município de Jerônimo Monteiro, ES.

1.2.2. Objetivo específico

- Verificar os projetos existentes no Município de Jerônimo Monteiro, ES, e obter a localização das pontes de madeira em estudo.
- Verificar a situação de uso das pontes quanto ao estado de degradação devido ao ataque de agentes biológicos;
- Verificar o cálculo estrutural das pontes de segundo as normas NBR 7190 (ABNT, 1997) e NBR 7188 (ABNT, 1984);
- Sugerir manutenção preventiva das pontes de madeira.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais do setor

Há uma necessidade de desenvolver novos materiais e de alternativas que sejam economicamente viáveis para atender as construções em seus variados aspectos e formas. A madeira vem se destacando pelo seu baixo custo e alta flexibilidade perante as aplicações estruturais, podendo ser utilizada na construção civil, construção de pequenas barragens e de pontes (CALIL; BRITO, 2010).

De acordo com Hellmeister (1978), as duas pontes mais antigas construídas e existem até hoje estão na Suíça em Lucerna. Com os passar dos anos foram se desenvolvendo os métodos e o estudo em estruturas para construção de pontes. Wittfoht (1975 apud MARTINS, 2004) cita que os irmãos Grubenmann, fizeram na suíça em 1707 e 1783 duas pontes em arco de 61,0 m e 70,0 m de vão livre.

As pontes de madeira e concreto surgem como uma opção bastante competitiva em relação ao concreto e ao aço. Nas construções mistas de concreto e madeira, para se obter uma estrutura eficiente, o concreto deve atuar basicamente resistindo às solicitações de compressão e a madeira aos esforços de tração (SORIANO, 2004).

As peças que geralmente são componentes das pontes de madeira estão representadas na Figura 2.1.

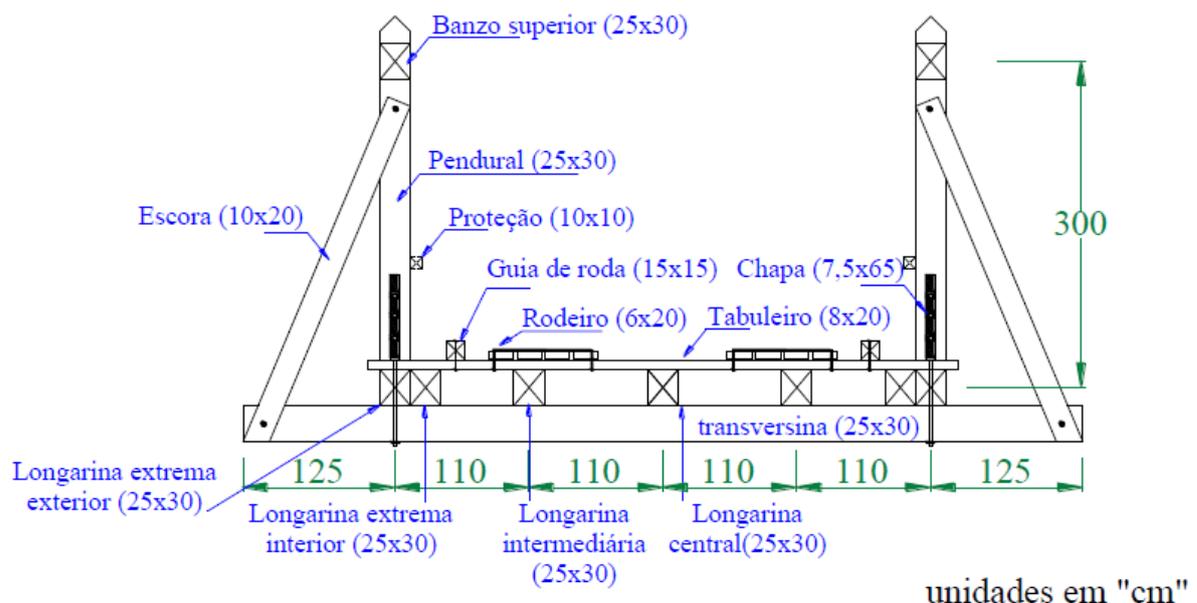


Figura 2.1 – Seção transversal da superestrutura de uma ponte de madeira
Fonte: Martins (2004).

De acordo com a Tabela 1, os principais componentes das pontes de madeira são encontrados nas seguintes dimensões padronizadas.

Tabela 1 – Peças e respectivas seções transversais

Peças Vigas	Dimensões (cm x cm)
Transversina	25 x 30
Banzo Superior	25 x 30
Pendural	25 x 30
Guia de Roda	15 x 15
Rodeiro	6 x 20
Tabuleiro	8 x 20
Longarina	25 x 30
Sub-viga	25 x 30
Travessa Superior	25 x 25
Travessa Inferior	20 x 20
Diagonal	25 x 30
Pilar	25 x 3

Fonte: DERSUL (apud MARTINS 2004,p. 28).

2.2. Materiais

As espécies utilizadas atualmente na construção das pontes são de reflorestamento, deixando o projeto com um custo competitivo comparado com outros materiais (OKIMOTO, 2002).

A utilização da madeira como material para engenharia estrutural se dá de forma mais lenta no Brasil do que nos países desenvolvidos como: Canadá, Estados Unidos, Austrália, Suíça e Japão. Dentre os diversos fatores que influenciam estão às questões culturais, a falta de apoio das universidades nas áreas de madeira e estruturas. Tais diferenças têm levado os profissionais a utilizarem materiais mais tradicionais como por exemplo o aço e concreto (ABDALLA, 2002).

Em projetos e construções de edificações, com madeira roliça, em que até pouco tempo atrás, eram empregados os sistemas estruturais de viga-coluna, na atualidade, com o avanço dos sistemas computacionais, é possível fazer análises e dimensionamentos de estruturas pelos sistemas de pórticos espaciais, com grande quantidade de elementos de barra, ou nos casos de paredes autoportantes como painéis, considerando pelo método dos elementos finitos, como elemento de chapa ou de placa (CALIL; BRITO 2010, p. 106).

2.3. Sistemas estruturais de pontes de madeira

A madeira é um material versátil e leve que proporciona soluções únicas para determinadas situações. Pode-se trabalhar com elementos lineares e elementos bidimensionais. Além de madeira maciça, em toras ou serrada, pode-se trabalhar com madeira compensada, Laminated Veneer Lumber o (LVL), o Medium Density Fiberboard (MDF), e a Madeira Laminada Colada (MLC).

As madeiras utilizadas em pontes para estrutura podem se apresentar da seguinte forma:

2.3.1. Madeira roliça

As madeiras roliças são madeiras *in natura*, que removem sua casca, deixando seu tronco para secar em local protegido do sol, os mais frequentes no Brasil são da espécie de *Pinus sp.*, e *Eucalyptus spp.*. As madeiras roliças que não passar por um período de um ano de secagem ficam sujeitas a retrações transversais que provocam rachaduras nas extremidades. As peças roliças de diâmetro variável são comparadas, para efeito de cálculo, a uma peça cilíndrica de diâmetro igual ao do terço da peça (PFEIL, 2003).

2.3.2. Madeira falquejada

É uma madeira obtida por cortes de machado, dependendo da classe diamétrica pode-se ter uma grande perda pelo corte do machado, é de interesse determinar a seção retangular de maior momento resistente, que se pode obter de um tronco circular (PFEIL, 2003).

2.3.3. Madeira serrada

É uma madeira que passa por um processamento mecânico desdobro primário e secundário do qual o produto final são tábuas, pranchas, pranchões ou blocos, antes de ser utilizada para estrutura, a madeira serrada deve passar por um período de secagem para reduzir a umidade, para evitar danos em sua estrutura tais como empenamentos e rachaduras (PFEIL, 2003). São organizados em tabuleiros de pranchas em pequenos vãos são práticos, sendo eles usados na disposição transversal e horizontal (PFEIL, 2003).

2.3.4. Madeira compensada

Formada pela colagem de 3 ou mais lâminas, que ficam alternando a direção das fibras, as madeiras coladas apresentam vantagens sobre a maciça em estados de tensões que aparecem nas almas das vigas, nas estruturas de placas dobradas ou nas cascas. As chapas compensadas são fabricadas com dimensões padronizadas 2,50 X 1,25 m e com espessura de 4 e 30 mm (PFEIL, 2003).

2.3.5. Madeira laminada

São os tipos mais comuns de tabuleiros de madeira e podem ser usados em duas configurações básicas, não-conectados e conectados. São mais resistentes e rígidos quando comparado com outros painéis, isso se deve a homogeneidade do adesivo entre lâminas. Esses tabuleiros oferecem uma base mais rígida para o pavimento asfáltico, isso ocorre devido ao aumento de sua rigidez (CALIL, 2010).

2.4. Classificação de pontes em vigas

As pontes podem ser classificadas quanto a estrutura: viga simples apoiada, ponte de viga simples continua, pontes de treliça, pontes em arco, em tabuleiro laminado (pregado, colado, protendido) e suspensas ABDALLA (2002), conforme Figura 2.2.

TIPO DE PONTE	ESQUEMA ESTÁTICO	g (kN/m ²)
VIGA MACICA, SIMPLEMENTE APOIADA		6,8-7,8
VIGA MACICA, CONTINUA		6,5-7,5
ESTRUTURA PRINCIPAL EM PORTICO		7,2-8,2
PENSIL, COM VIGA DE RIGIDEZ		6,5-7,5
VIGA TRELICADA, SIMP. APOIADA		6,5-7,5
VIGA TRELICADA CONTINUA		6,3-7,3
VIGA ARMADA		7,3-8,3

Figura 2.2 – Tipos de pontes

Fonte: Adaptado de Logsdon (1983 apud ABDALLA, 2002).

2.4.1. Viga simples de peças roliças

São conhecidas por apresentarem pequenos vãos, podem ser contínuas, com o vão menor que a peça roliça de madeira, ou podem ser bi-apoiados, com um apoio central quando o comprimento é excessivo (CALIL, 2006).

As pontes em viga simples têm o vão livre limitado ao máximo de 6,0 m. Para cobrir a largura maior do rio utilizam-se vários lances de pequenos vãos de viga simples, Figura 2.3, neste caso a ponte funciona como uma barragem, daí sua denominação também de ponte barragem (MARTINS, 2004).



Figura 2.3 – Ponte de vigas simples
Fonte: Martins (2004).

2.4.2. Vigas de peças serradas

Segundo CALIL (2010), são pontes aonde os vãos geralmente não ultrapassam 4,0 m sem que haja necessidade de se ter grandes seções, Figura 2.4. A geometria facilita as ligações entre os elementos estruturais. A ponte barragem é característica desse tipo de pontes serradas, elas são usadas para travessia de grandes rios.



Figura 2.4 – Ponte de peças serradas
Fonte: Hojems (2012).

2.4.3. Vigas com peças serradas compostas

São também chamadas de longarinas e são pontes feitas com madeiras roliças ou serradas com vão livre limitado pelo comprimento da madeira, formados

por madeiras roliças sobrepostas solidarizadas por anéis metálicos (ABDALLA, 2002), Figura 2.5.

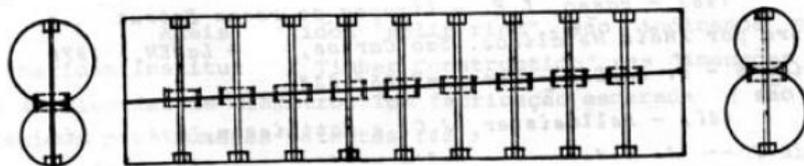


Figura 2.5 – Solidarização dos postes componentes da viga bi-circular por anéis metálicos.

Fonte: Hellmeister (1978 apud ABDALLA, 2002).

2.4.4. Vigas laminadas coladas

Com altura entre 1,5 m a 3,0 m, geralmente as vigas são montadas em outro lugar diferente do seu local de uso, ou seja, ela é transportada até o local final. A qualidade do produto é superior ao de madeira natural (CALIL, 2010).

2.4.5. Vigas compostas por peças serradas e compensadas

Permitem seções de alta rigidez e resistência, possibilitando a sua utilização em pontes de madeira. São associadas com peças de madeira serradas, absorvendo assim as tensões normais e as chapas estruturais LVL, MDF ou OSB as tensões tangenciais (CALIL, 2010).

2.4.6. Vigas treliças

As treliças foram muito utilizadas nas estruturas de madeira e aço. O formato estrutural permite rigidez e baixo peso final, no entanto, isso é influenciado pelo local e pela tecnologia aplicada ao meio. As ligações podem ser através de pregos, parafusos, cavilhas, anéis, chapas com dentes estampados e encaixes (CALIL, 2006).

2.5. Parâmetros estruturais

Os parâmetros estruturais são constituídos pelo peso dos elementos estruturais, admite-se uma variação de no máximo 10% entre o peso próprio real e o estimado inicialmente (CALIL, 2010).

A norma brasileira NBR 7190 (ABNT, 1997) cita os parâmetros estruturais recomendados, para análise das ações:

- Ações permanentes: ações que ocorrem de forma constante ou que ocorrem pouca variação em um período curto de tempo, durante toda vida útil da estrutura.
- Ações variáveis: que ocorrem com variações significativas durante a vida útil da estrutura.
- Ações excepcionais: que tem um período muito curto, ou que são de baixa probabilidade de acontecimento. No entanto devem ser consideradas no projeto.

2.6. Cargas acidentais

São cargas variáveis que atuam na estrutura em função de seu uso, podendo ser ela por pessoas, veículos, ventos etc, segundo a norma brasileira NBR 7190 (ABNT, 1997).

De acordo com a norma brasileira NBR 7188 (ABNT, 1982) - Carga móvel em pontes rodoviárias e passarela de pedestres, as cargas acidentais podem ser classificadas como:

- Classe única de carregamento de pedestre $p = 5 \text{ kN/m}^2$, sem impacto.

Para pontes rodoviárias são divididas em três classes:

- Classe 45: Veículo – Tipo pesando 450 kN;
- Classe 30: Veículo – Tipo pesando 300 kN;
- Classe 12: Veículo – Tipo pesando 120 kN.

2.7. Carregamentos

Os carregamentos de acordo com a norma brasileira NBR 7190 (ABNT, 1997) podem ser:

- Carregamento normal: é quando incluem somente ações decorrentes de uso previsto, classificado como carregamento de classe de longa duração.
- Carregamento especial: é quando inclui a atuação de ações variáveis ou especiais, classificado como carregamento de duração acumulada prevista para a ação variável especial prevista.

- Carregamento excepcional: são aquelas ações que provocam efeitos catastróficos, classificada como carregamento de duração instantânea.
- Carregamento de construção: é um carregamento transitório que tenha risco de ocorrer no estado limite e que pode ocorrer durante a construção.

Em CALIL (2010), os critérios que dimensionam a estrutura em propriedades se dividem em elementos lineares, elementos de superfície, elementos de volume.

2.8. Elementos lineares

Elementos no quais o seu comprimento é muito superior à dimensão da seção transversal, sendo também denominados por elementos de barras. Os esforços de flexão são predominantes na estrutura, Figura 2.6.

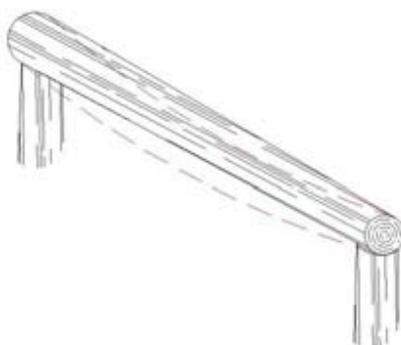


Figura 2.6 – Representação de elemento linear denominado de viga.
Fonte: BRITO (2010).

2.9. Elementos estruturais de superfície

São os elementos em que a espessura é a menor medida das demais. Podem ser uniões de pranchas de madeira roliças, placas ou lajes: os esforços são geralmente no seu maior plano, ou, seja os esforços normais são aplicadas no plano, Figura 2.7.

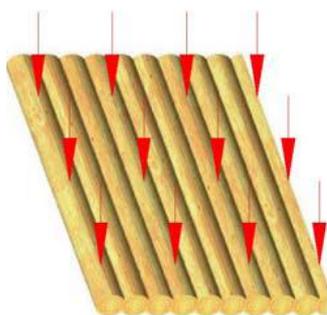


Figura 2.7 – Representação dos elementos estruturais da placa.
Fonte: BRITO (2010).

As chapas: são elementos de superfície representados em outro ângulo, conforme Figura 2.8.

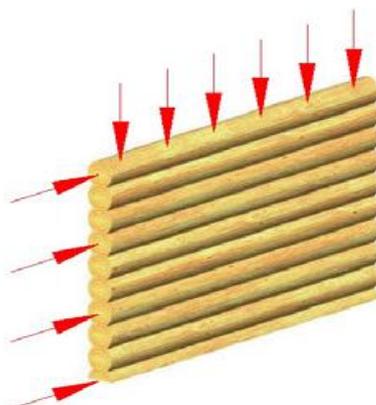


Figura 2.8 – Representação de chapas.
Fonte: BRITO (2010).

2.10. Elementos estruturais de volume

Apresentam as três dimensões com a mesma ordem de grandeza. A análise desse caso deve ser considerada tridimensional. As dimensões relativas de peças fazem com que elas tenham comportamentos diferentes, como os blocos ciclópicos, Figura 2.9.

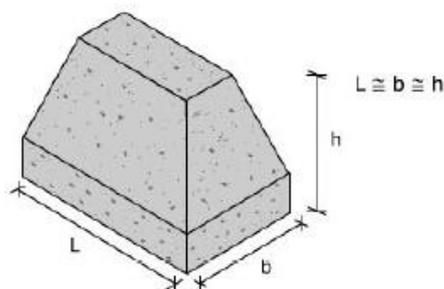


Figura 2.9 – Representação dos elementos tridimensionais de volume.
Fonte: BRITO (2010).

2.11. Tratamento adequado

Para o tratamento da madeira, existem os métodos não industriais (pincelamento, aspersão, imersão, substituição de seiva e o banho quente-frio), sendo o de substituição da seiva de fácil operacionalidade e baixo custo. O método consiste em colocar a madeira, recém-abatida, disposta verticalmente, com a base submersa em um recipiente contendo preservativo hidrossolúvel (HUNT, GARRATT, 1967, citado por FARIAS SOBRINHO; PAES; FURTADO, 2005).

Dentre os processos industriais, os de célula cheia e célula vazia são mais utilizados no Brasil. A diferença entre os métodos é a aplicação do vácuo inicial no

método de célula vazia, em que o preservativo é injetado na madeira sem a retirada do ar de seu interior. Como consequência, ocorre uma compressão do ar dentro da madeira durante o período de impregnação e, quando a pressão é interrompida, esse ar expande e expulsa parte do preservativo, tendo um consumo menor de preservativo (BARREIROS, 2008).

Segundo CALIL et al. (2006), ao se utilizar peças roliças de madeira de reflorestamento como material de engenharia na construção civil, as seguintes etapas devem ser consideradas obrigatórias:

- Elaboração do projeto com foco para diminuição dos processos de instalação e desenvolvimento de organismos xilófagos.
- Definição do nível de desempenho necessário para o componente ou estrutura de madeira, tais como: vida útil, responsabilidade estrutural, garantias comerciais e legais, entre outras.
- Avaliação dos riscos biológicos aos quais à madeira será submetida durante a sua vida útil, ataque de fungos e insetos xilófagos e perfuradores marinhos.
- Determinação da necessidade de tratamento preservativo, em função da durabilidade natural e tratabilidade do cerne e alburno das espécies botânicas que serão utilizadas.

A definição dos tratamentos é realizada em função das seguintes escolhas:

- espécie botânica que deve permitir este tratamento (tratabilidade);
- umidade da madeira no momento do tratamento;
- processo de aplicação do produto de preservação;
- parâmetros de qualidade necessários: retenção e penetração do produto preservativo na madeira;
- produto preservativo e processo de aplicação que satisfaça à classe de uso determinada.

2.12. Tipos de ligações

As peças de madeira bruta têm o comprimento limitado pelo tamanho das árvores, meios de transporte e etc. Para confeccionar as estruturas, as peças são ligadas entre si. Os principais tipos de ligações empregados são colagem, pregos, grampos, braçadeiras, pinos, parafusos, conectores metálicos, tarugos e entalhes (PFEIL, 2003).

As ligações devem ser consideradas pontos fundamentais na estrutura de madeira. Em algumas situações a falha de uma conexão poderá ser responsável pelo colapso da estrutura (CALIL, et al. 2003).

2.13. Vida útil das pontes

HOLZ (1995 apud CALIL, 2010), afirma que na Europa as construções rurais com madeiras roliças estão crescendo devido ao baixo custo construtivo e baixo custo do material básico. Conforme CALIL (2010), a vida útil da estrutura está ligado diretamente com o tratamento que a madeira recebeu, o custo de fabricação da madeira tratada aumenta consideravelmente, no entanto há um custo de manutenção muito baixo, vide Figura 2.10.

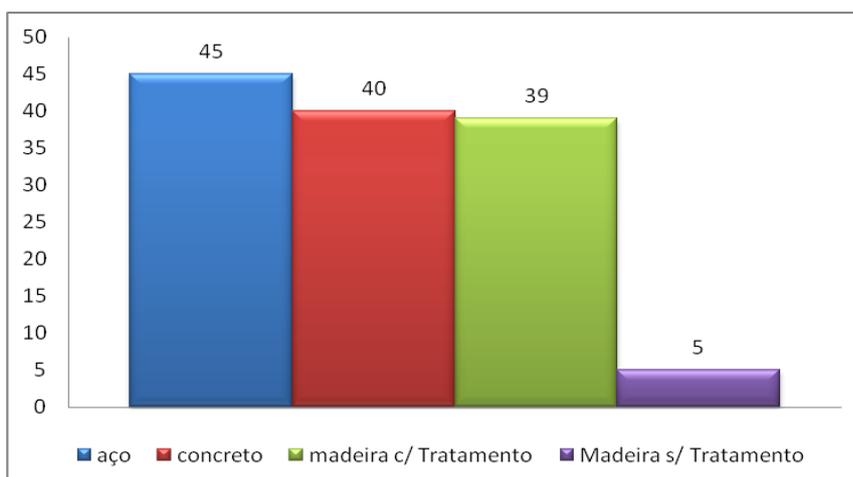


Figura 2.10 – Vida útil de pontes.
Fonte: Okimoto e Calil (2002).

3. METODOLOGIA

3.1. Coleta e preparo dos dados

A coleta dos dados foi realizada no município de Jerônimo Monteiro situado na região sul do Estado do Espírito Santo, Figura 3.1, na rodovia estadual ES 177, que liga os municípios de Jerônimo Monteiro e Muqui, ES.



Figura 3.1 – Município de Jerônimo Monteiro, ES.
Fonte: Guia geográfico do Espírito Santo (2012)

De acordo com entrevista com a secretária de obras da prefeitura municipal as pontes de madeira situadas no município em sua grande maioria são construídas em vigas simples (PREFEITURA MUNICIPAL DE JERÔNIMO MONTEIRO, 2012).

A coleta dos dados foi realizada em 3 visitas a campo das pontes rurais de madeira do município de Jerônimo Monteiro, ES. A análise dos dados foi feita com base em estudos dos elementos estruturais, a fim de verificar o correto dimensionamento das pontes, e dos componentes das ligações dos elementos estruturais das pontes de madeira.

A coleta dos dados foi realizada com o auxílio de trenas de 5 metros e 50 metros, foi feito o registro fotográfico da coleta dos dados dos defeitos encontrados nas pontes, por imagens e croquis.

A localização dessas pontes está de acordo com a Figura 3.2. Além dos dados coletados foram obtidos os dados de longitude, latitude e altitude das pontes da estrada principal de acesso às localidades e a rodovia estadual ES 177, que liga os municípios de Jerônimo Monteiro e Muqui, ES.

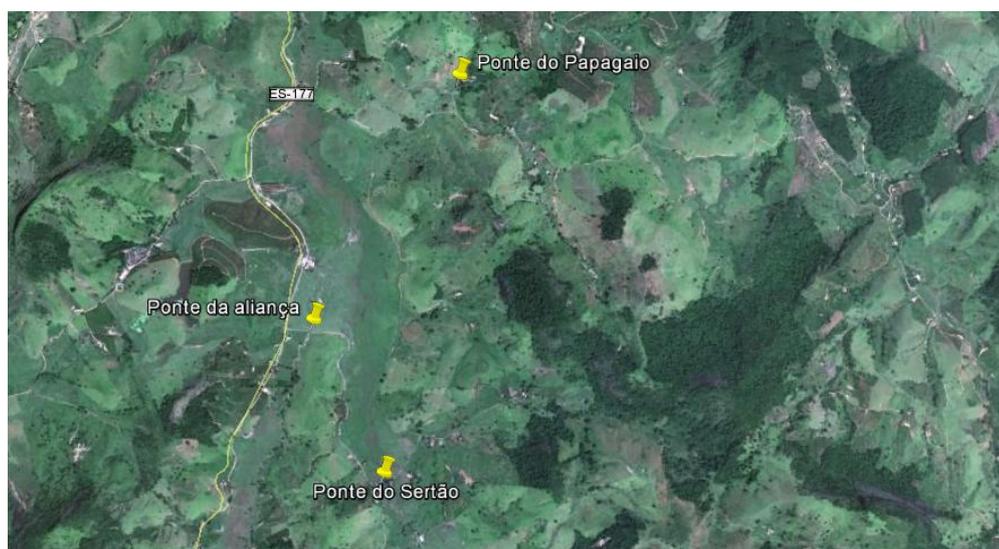


Figura 3.2 – Localização das pontes de madeira.
Fonte: Google Earth (2012).

As pontes da região do papagaio, aliança e sertão serão renomeadas respectivamente como 1, 2 e 3.

A Ponte 1 está na localidade de Papagaio, os pontos geográficos são longitude de 20°49' 50.66" S e latitude de 41°21' 45.77" O, altitude de 156,0 m em relação ao nível do mar está apoiada em uma estrutura de concreto armado com o vão de 4,0 m, conforme Figura 3.3 e Figura 3.4.

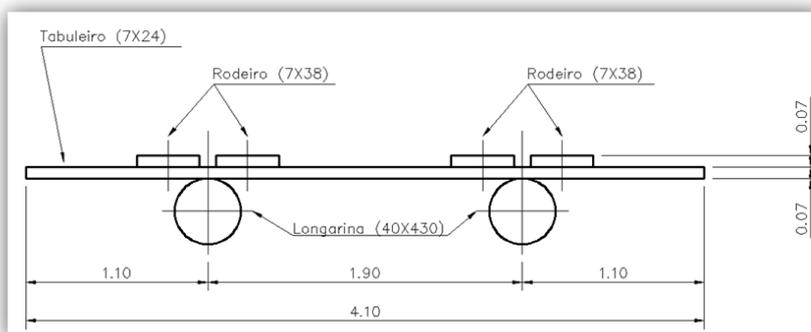


Figura 3.3 – Corte transversal da estrutura da ponte 1.
Fonte: O autor (2012).



Figura 3.4 – Imagem da estrutura da ponte 1.
Fonte: O autor (2012).

A ponte 2 localizada nos pontos geográficos, longitude de 20°50' 46.60" S e latitude de 41°22'14.89" O, altitude de 128,0 m em relação ao nível do mar, contendo um vão de 4,0 m de comprimento, conforme Figura 3.5 e Figura 3.6.

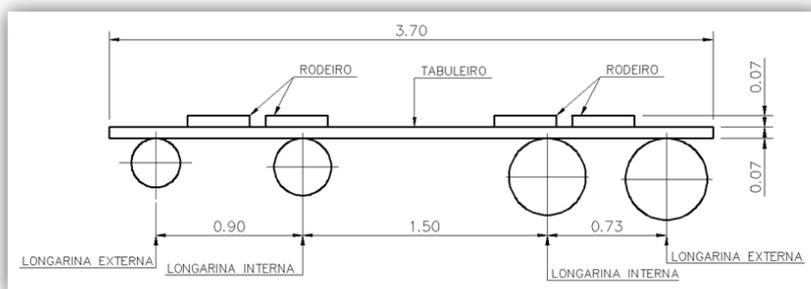


Figura 3.5 – Corte transversal da estrutura da ponte 2.
Fonte: O autor (2012).



Figura 3.6 – Imagem da estrutura da ponte 2.
Fonte: O autor (2012).

A ponte 3 localizada na longitude de $20^{\circ}51'18.69''$ S, latitude de $41^{\circ}21'55.44''$ O, altitude de 135,0 m em relação ao nível do mar com o vão de 6,0 m de comprimento, conforme Figura 3.7 e Figura 3.8.

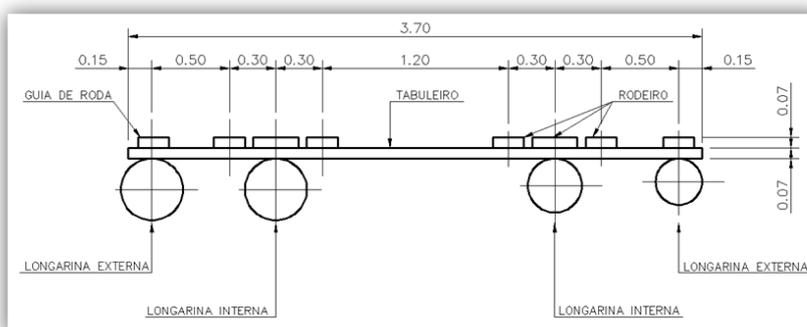


Figura 3.7 – Corte transversal da estrutura da ponte 3.
Fonte: O autor (2012).



Figura 3.8 – Imagem da estrutura da ponte 3.
Fonte: O autor (2012).

3.2. Ligações das pontes

As ligações estudadas são pinos metálicos sendo representados na forma de pregos, conforme Figura 3.9.



Figura 3.9 – Elementos de ligação das ponte 1.
Fonte: O autor (2012).

As peças roliças que estão sendo representadas na forma de longarinas externas e internas precisam ser cortadas e sobrepostas, a base de concreto armado proporciona uma melhor fixação para os entalhes das madeiras roliças, conforme Figura 3.10.



Figura 3.10 – Base de concreto das pontes.
Fonte: O autor (2012).

3.3. Cálculos estruturais das pontes

O trabalho é o cálculo estrutural de uma ponte de madeira de Classe 30, conforme apresentado na Figura 3.11.

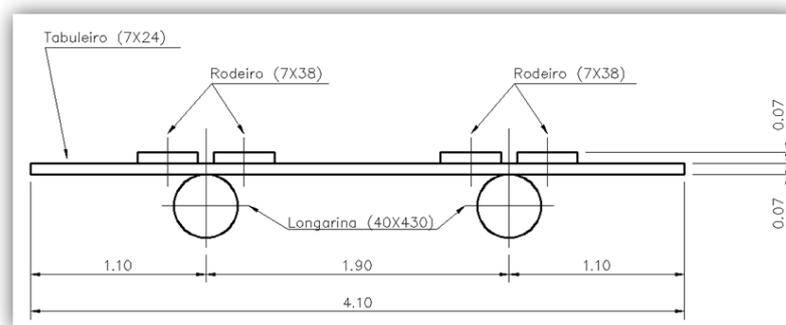


Figura 3.11 – Seção transversal da ponte 1, medidas em (m)
Fonte: O autor (2012).

3.4. Documentos normativos

3.4.1.O procedimento utilizado para o cálculo estrutural foi realizado com base nas normas brasileiras

NBR 6120 (ABNT, 1980) – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;

NBR 6123 (ABNT, 1988) – Força devida ao vento nas edificações;

NBR 7188 (ABNT, 1984) – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre: procedimento;

NBR 7190 (ABNT, 1997) – Projeto de estruturas de madeira: procedimento;

NBR 8681 (ABTN, 2003) – Ações e segurança nas estruturas.

3.5. Características das pontes 1,2 e 3

As características das pontes são descritas na tabela 2.

Tabela 2 – Peças e respectivas seções transversais das pontes

Características	Ponte 1	Ponte 2	Ponte 3
Comprimento (m)	4,0	4,0	6,0
Largura Transversal (m)	4,1	3,7	3,7
Tipo de classe	30	30	30

Fonte: O autor (2012).

Madeira da espécie de *Eucalyptus grandis* com o valor da força de cálculo de $f_{c0,m} = 40,3 MPa$, NBR 7190 (ABNT, 1997), e multiplicando esse valor por 0,7 encontramos o valor de $f_{c0,k} = 2,821 kN / cm^2$.

Sistema estrutural: Vigas circulares e madeira serrada para o rodeiro e tabuleiro.

A fixação das vigas circulares com tabuleiro e rodeiro não tem função estrutural.

3.6. Pré-dimensionamento das vigas circulares

3.6.1. Vigas Circulares:

Inicialmente para o levantamento das ações que atuam na estrutura fez-se uma estimativa das dimensões das vigas circulares de madeira de *Eucalyptus grandis*. Esta estimativa foi feita com base no esforço solicitante de momento fletor devido ao trem-tipo, ponderado pelo coeficiente de ações variáveis igual a 1,4, segundo NBR 7190 (ABNT, 1997). Pois, essa é a ação mais relevante quando comparada com as outras ações atuantes na estrutura. Considerando-se que o veículo-tipo de Classe 30 está posicionado com uma linha de rodas sobre o rodeiro que está sobre duas vigas circulares, têm-se a distribuição das cargas e o cálculo do momento fletor pelo programa “Ftool” conforme mostrado na Figura 3.12.

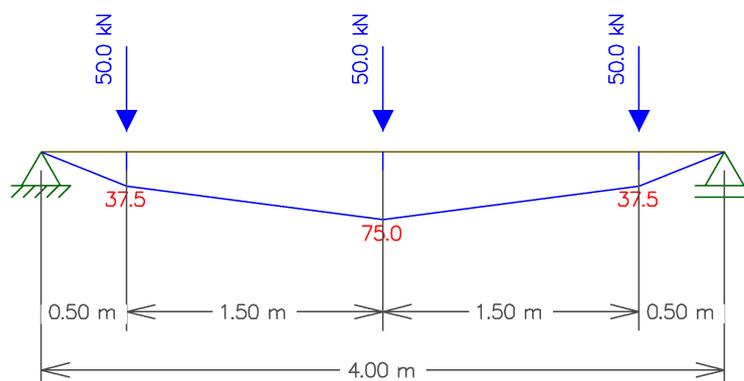


Figura 3.12 – Posição da linha de roda do trem-tipo sobre as vigas circulares
Fonte: O autor (2012).

3.6.2. Momento de cálculo M_d

Cálculo do momento.

$$M_d = 1,4 \cdot M_k \quad (3.1)$$

Resistência de cálculo $f_{c0,d}$ da madeira de $f_{c0,k} = 2,821 \text{ kN/cm}^2$, *Eucalyptus grandis* na compressão paralela.

$$f_{c0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c0,k}}{\gamma_c} \quad (3.2)$$

Segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997) a resistência à compressão característica na direção paralela às fibras para madeiras de *Eucalyptus grandis* é efetuado pela resistência de calculo igual a 40,3 MPa.

Cálculo do coeficiente de modificação k_{mod} que leva em consideração as particularidades das estruturas de madeira.

$k_{mod,1}$: (carregamento de longa duração, madeira laminada ou colada);

$k_{mod,2}$: (classe de umidade: $\leq 65\% U_{amb}$);

$k_{mod,3}$: (madeira de 2ª categoria, não passa por inspeção visual ou mecânica).

Logo,

$$k_{mod} = k_{mod,1} \times k_{mod,2} \times k_{mod,3} \quad (3.3)$$

Nos ELU devem ser verificadas as condições de segurança para as tensões nominais e cisalhantes.

3.6.3. Determinação do diâmetro D da viga circular para a verificação da tensão normal

$$\sigma_{c0,d} \leq f_{c0,d} \quad (3.4)$$

$$\sigma_{c0,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{M_d}{I} \cdot y \quad (3.5)$$

$$y = \frac{D}{2} \quad (3.6)$$

$$I = \frac{\pi \cdot D^4}{64} \quad (3.7)$$

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_d}{\pi \cdot f_{c0,d}}} \quad (3.8)$$

3.6.4. Cálculos das ações atuantes

Ações permanentes:

Peso próprio das vigas circulares

$$g_1 = 2 \cdot A \cdot \rho \quad (3.9)$$

Peso próprio do rodeiro

$$g_2 = A \cdot \rho \quad (3.10)$$

Peso próprio do tabuleiro

$$g_3 = A \cdot \rho \quad (3.11)$$

Elementos metálicos

De acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997) o peso próprio dos elementos metálicos pode ser estimado como 3% do peso próprio total da estrutura.

$$g_4 = \frac{3}{100} \cdot (g_1 + g_2 + g_3) \quad (3.12)$$

$$\text{Soma} = \sum (g_1 + g_2 + g_3 + g_4) \quad (3.13)$$

Ações variáveis:

Trem-tipo e seu efeito dinâmico

O trem-tipo especificado pelas normas brasileiras para a Classe 30 é composto por 3 cargas concentradas com valores iguais a 50 kN com distancia de 1,50 m, para todas as pontes estudadas, conforme Figura 3.13.

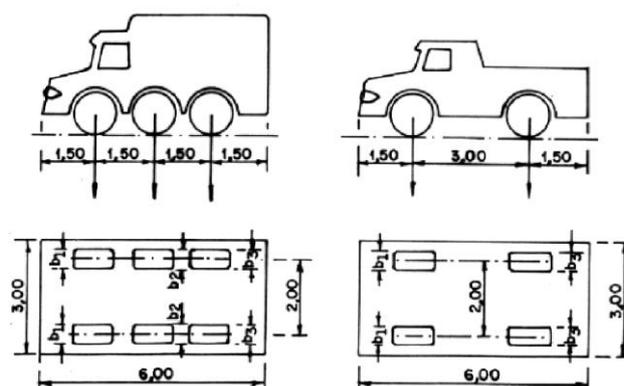


Figura 3.13 – Características dos veículos de carga móvel em pontes rodoviárias.

Fonte: NBR 7188 (1984).

3.6.5. Carregamento de multidão

O carregamento de multidão deve ser aplicado em toda a superfície, exceto onde estiver localizado o trem-tipo em planta, conforme apresentado na Figura 3.14.

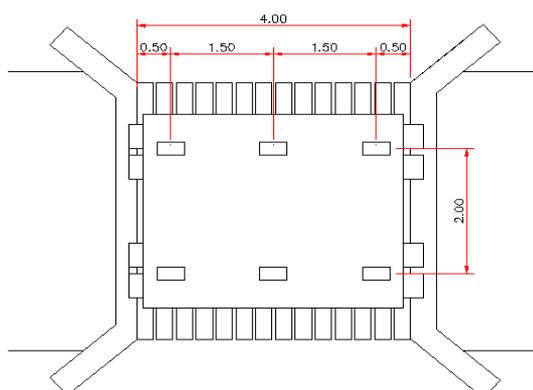


Figura 3.44 – Carregamento de multidão e trem-tipo distribuído na pista de rolamento

Fonte: O autor (2012).

O carregamento de multidão aplicado uniformemente distribuído para pontes de Classe 30 é igual a $5,0 \text{ kN/m}^2$ na pista de rolamento.

3.6.6. Aceleração e frenagem dos veículos

É uma ação horizontal longitudinal igual ao maior dentre os seguintes valores:
5% do carregamento total do tabuleiro com carga móvel uniformemente distribuída, aceleração;

30% do veículo-tipo para cada faixa de tráfego, frenagem.

3.6.7. Vento

Devido ao pequeno vão e a alta permeabilidade do guarda-corpo a ação do vento não configura uma situação crítica, não sendo necessária a verificação de nenhuma situação na qual o vento atue.

3.6.8. Carga no guarda-corpo

O carregamento no guarda-corpo deve ser considerado somente para o dimensionamento do elemento, uma vez que, esse não configura uma situação crítica no dimensionamento do tabuleiro.

3.7. Dimensionamento do tabuleiro

Após ter sido feito um pré-dimensionamento das vigas circulares fez-se o cálculo utilizando essas dimensões no dimensionamento.

3.7.1. Carregamento a flexão

O tabuleiro é dimensionado para a situação de máxima flexão nas duas vigas circulares, conforme o carregamento mostrado na Figura 3.15. Essa configuração de carregamento crítica é composta pela associação da carga permanente uniformemente distribuída ao longo do vão, pelo trem-tipo posicionado centralmente no vão e pelo carregamento de multidão aplicado fora da área do veículo-tipo.

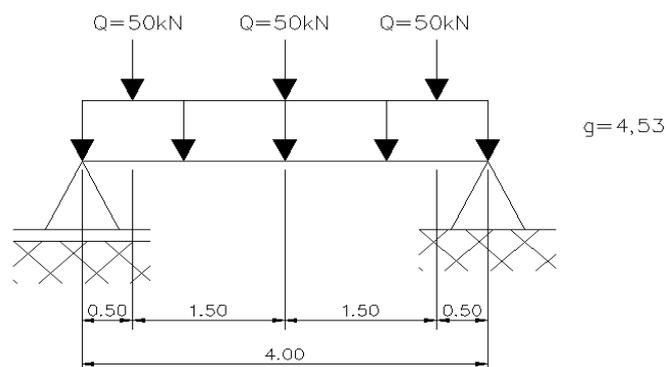


Figura 3.55 – Carregamento crítico para flexão
Fonte: O autor (2012).

A partir da definição da seção crítica e dos carregamentos faz a combinação de ações de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997).

$$M_d = \gamma_g \cdot M_g + \gamma_{(Q+q)} \cdot M_{(Q+q)} + \gamma_{(Q+q)} \cdot 0,75 \cdot (\varphi - 1) \cdot M_{(Q+q)} \quad (3.14)$$

Em que:

γ_g : coeficiente de ponderação das cargas permanentes igual a 1,4 para ações de pequena variabilidade;

γ_q : coeficiente de ponderação das cargas acidentais igual a 1,4;

φ : impacto vertical calculado pela equação com L sendo o vão teórico da ponte e α igual a 20 pontes com revestimento de madeira;

$$\varphi = 1 + \frac{\alpha}{40 + L} \quad (3.15)$$

O coeficiente 0,75 leva em consideração a alta capacidade que a madeira possui em receber carregamento dinâmico segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997).

Obtenção dos esforços utilizando o programa “Ftool”, ver Figura 3.16.

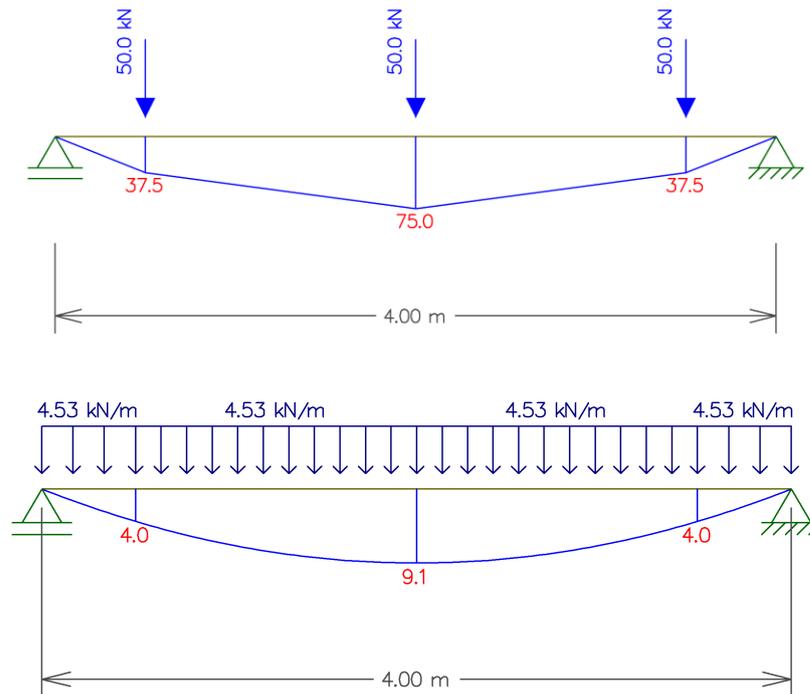


Figura 3.66 – Diagramas de momentos fletor de cálculo
Fonte: O autor (2012).

3.7.2. Cálculo da combinação de cálculo para a flexão

Cálculo do momento: Equação (3.16).

$$M_d = \gamma_g \cdot M_g + \gamma_{(Q+q)} \cdot M_{(Q+q)} + \gamma_{(Q+q)} \cdot 0,75 \cdot (\varphi - 1) \cdot M_{(Q+q)}$$

Verificação de segurança:

Para a verificação: Equações (3.4), (3.5), (3.6) e (3.7).

$$\sigma_{c0,d} \leq f_{c0,d}$$

$$f_{c0,d} = \frac{K_{mod} \cdot f_{c0,k}}{\gamma_c}$$

$$\sigma_{c0,d} = \frac{M_d}{w} = \frac{M_d}{I} \cdot y$$

$$y = \frac{D}{2}$$

$$I_{total} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{D^4}{64}$$

Em que:

$\sigma_{c0,d}$: tensão máxima atuante na flexão;

$f_{c0,d}$: resistência de cálculo para a compressão paralela às fibras para a madeira;

k_{mod} : coeficiente de modificação.

3.7.3. CAPACIDADE DE CARGA DA PONTE 1,2 e 3

O calculo para encontrar M_d é feito através de $f_{c0,d}$ encontrado em cada madeira.

$$M_d = \frac{f_{c0,d} \cdot I}{y} \quad (3.17)$$

O calculo total do momento da ponte nos mostra um somatório de forças para cada ponte que distribuídos em três pontos de força sobre o vão das pontes.

Para encontrar a força resultante através do calculo do momento temos a seguinte equação:

$$\sum_{i=1}^n M_d = x_1 \cdot F_1 + x_2 \cdot F_1 + x_3 \cdot F_1 \quad (3.18)$$

Em que:

M_d = Momento no instante da ação das três forças atuando sobre a ponte;

X_i = distancia entre as forças sobre a ponte;

F_1 = força máxima que as pontes suportam em kN.

Encontrando o momento, pode-se encontrar a força através de:

M_d = Carga concentrada + carga distribuída.

M_k = Momento total característico.

A equação (3.1) é manipulada para obter a equação

$$M_d = 1,4 \cdot M_k$$

$$M_k = \frac{M_d}{1,4} \quad (3.19)$$

Calculo da carga distribuída.

$$M_k = \frac{1}{8} \cdot g \cdot l^2 \quad (3.20)$$

Portanto temos que:

$$M_{k \text{ (trem tipo)}} = M_d - M_k \quad (3.21)$$

4. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico das pontes

Com base na visita de campo observou-se que as três pontes possuem como elementos estruturais na sua parte superior as seguintes estruturas: guia de roda, tabuleiro, rodeiro. Enquanto na parte inferior, complementando a estrutura, encontram-se as longarinas. Verificou-se ainda que todas as pontes tem vãos simples e são apoiados em estruturas de concreto. Não existe contraventamento horizontal entre os pilares que impeça o deslocamento lateral da estrutura da ponte.

As dimensões das tabuas que compõem os tabuleiros da ponte 3 estão acima da média das pontes supracitadas e variavam em torno de 3,0 a 4,0 cm de largura, tendo como dimensão 30,0 cm X 7,0 cm.

Os rodeiros estavam presentes em todas as pontes estudadas, os rodeiros das pontes 1 e 2 estavam com as seguintes dimensões 38,0 cm X 7,0 cm, e os rodeiros da ponte do 3 estão dispostos de acordo com a Figura 3.5, com dimensões 20,0 cm X 7,0 cm.

As longarinas são as estruturas que apresentavam maior desvio em suas dimensões, são toras *in natura*, que não passaram por processamento mecânico, sem classificação diamétrica, apresentavam casca e injurias mecânica, conforme Figura 4.1. As dimensões das longarinas internas e externas tiveram maior variação na ponte 2, as longarinas externas estavam com 10,0 cm e 60,0 cm, as internas com 35,0 cm e 47,0 cm de diâmetro.



Figura 4.1 – Longarinas em base de concreto ponte 2.
Fonte: O autor (2012).

No diagnóstico das estruturas das pontes de madeira foram verificadas situações de deterioração, desgaste, abrasividade e injúrias mecânicas das peças.

As pontes de madeira da zona rural de Jerônimo Monteiro - ES estão em contato direto com a terra favorecendo a deterioração das estruturas, conforme Figura 4.2.



Figura 4.2 – Extremidade em contato direto com a terra na ponte 2.
Fonte: O autor (2012).

As longarinas externas e internas também estão em contato direto com a terra e quando há um aumento do nível da água ocorre o contato direto com a mesma, favorecendo assim o lixiviamento da estrutura.

A ausência de tratamentos adequados das madeiras utilizadas na estrutura da ponte potencializa os danos causados na estrutura. Sem o tratamento prévio das madeiras há uma queda da sua vida útil. Segundo a secretaria de obras da prefeitura municipal de Jerônimo Monteiro a troca das peças era efetuada a cada dois anos, devido às biodegradações ocasionadas por fungos apodrecedores, insetos xilófagos e ao constante contato com a água, conforme Figuras 4.3 e 4.4.



Figura 4.3 – Podridão escura na ponte 2.
Fonte: O autor (2012).



Figura 4.4 – Podridão parda e escura da ponte 3
Fonte: O autor (2012).

A presença de sobrecarga acima do permitido foi verificada por intermédio de danos causados na estrutura das pontes, o cisalhamento da madeira, Figura 4.5, pode ser verificado nas tabuas e pranchas que estão localizadas nas estruturas dos tabuleiros das pontes, em especial na localidade do Sertão e da Aliança.



Figura 4.5 – Esforços de cisalhamento da ponte 2.
Fonte: O autor (2012).

Calil (2012) afirma que a injúria e danos mais severos na estrutura dos tabuleiros e longarinas são classificados como abrasão mecânica, os danos mecânicos mais severos são causados por sobrecargas de veículos originando afundamentos como observado no tabuleiro da ponte 3, conforme Figura 4.6.



Figura 4.6 – Danos causados devido abrasão e as sobrecargas no tabuleiro na ponte 3.

Fonte: O autor (2012).

As vigas de apoio das pontes são em concreto armado, variando com as dimensões 10,0 cm em largura e o comprimento varia em relação à largura da estrada sendo no máximo 6,0 m de largura e com altura variando de acordo com a altura das pontes, Figura 4.7.



Figura 4.7 – Fundação de concreto para sustentação da ponte 2.

Fonte: O autor (2012).

4.2. Momento de cálculo M_d

Para o cálculo do momento característico e momento de cálculo faz-se referência as equações (3.1) e (3.2).

Tabela 3 – Dados para o cálculo do momento.

	γ_c	$M_k(kN/m)$	$M_d(kN/m)$	$f_{c0,m}(MPa)$	$f_{c0,k}(kN/cm^2)$	$f_{c0,d}$
Ponte 1	1,4	75	105	40,3	2,821	0,90
Ponte 2	1,4	75	105	40,3	2,821	0,90
Ponte 3	1,4	150	210	40,3	2,821	0,90

Fonte: O autor (2012).

4.2.1. Determinação do diâmetro D da viga circular para a verificação da tensão normal

Os Dados fornecidos pela tabela 4 informam os diâmetros juntamente com o momento característico de cada ponte, calculando assim o diâmetro encontrado nas longarinas das pontes.

Tabela 4 – Momento característico e diâmetro.

	$M_k (kN / m)$	$D (cm)$
Ponte 1	75	40
Ponte 2	75	39
Ponte 3	150	50

Fonte: O autor (2012).

4.2.2. Cálculos das ações atuantes

Ações permanentes:

Nos cálculos das ações permanentes, foram verificados os pesos de cada elemento estrutural (Tabela 5), fazendo o somatório e verificando as ações atuantes nas pontes.

Tabela 5 – Calculo das forças atuantes

	$g_1 (kN / m)$	$g_2 (kN / m)$	$g_3 (kN / m)$	$g_4 (kN / m)$	Permanentes <i>Soma(kN / m)</i>	Variáveis (kN)
Ponte 1	2,513	0,49	1,40	0,1320	4,53	50,0
Ponte 2	2,389	0,49	1,40	0,1283	4,40	50,0
Ponte 3	3,93	0,49	1,26	0,1703	5,85	50,0

Fonte: O autor (2012).

Para os calculos estruturais estão listados de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997) calculos de flexão, calculo de cisalhamento e o calculo de limite de deformações (flecha máxima).

Tabela 6 – Cálculos de combinações de calculo para flexão.

	φ	$M_d (kN.m)$	$I_{total} (cm^4)$	$y (cm)$	$f_{c0,d} (kN / cm^2)$	$\sigma_{c0,d} (kN / cm^2)$
Ponte 1	1,45	153,42	251327,41	20	0,90	1,22
Ponte 2	1,45	152,75	227121,54	19,5	0,90	1,31
Ponte 3	1,43	314,54	613592,31	25	0,90	1,28

Fonte: O autor (2012).

Os calculos de flexão não passaram nas condições de segurança de acordo com a NBR 7188 (ABNT, 1988).

4.3. Capacidade de cargas das pontes

A tabela 7 demonstra a força máxima que cada ponte suporta, pelo fato de que elas não suportaram o peso máximo estabelecido de acordo com a norma NBR 7188 (ABNT, 1988).

Tabela 7 – Cálculos de forças atuantes em cima das pontes.

Tipos de pontes	$F_1(kN)$
Ponte 1	18,85
Ponte 2	17,47
Ponte 3	24,54

Fonte: O autor (2012).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as informações do secretário de obras do município de Jerônimo Monteiro, não existe projetos das pontes de madeira da zona rural, e foram localizadas as pontes de madeira do município, sendo encontradas apenas três pontes, nas localidades de Papagaio, Lavrinha e sertão. Entre os municípios de Muqui e Jerônimo Monteiro pela rodovia estadual ES 177.

As pontes estudadas apresentam um elevado estado de degradação dos elementos estruturais, causados pela ausência de tratamento dos mesmos, e o contato direto com a terra, propiciando assim a proliferação de fungos apodrecedores de podridão parda e escura, danificando assim os elementos estruturais de tabuleiros e rodeiros de todas as pontes estudadas, a ausência de placas informativas de limite de carga nas estradas causaram uma sobrecarga das pontes causando injurias mecânicas dos elementos estruturais.

O estudo conclui que nenhuma das três pontes estudadas suportam as cargas mínimas determinadas pela NBR 7188 (ABNT, 1998) para Classe 30. As pontes estudadas não atentem aos esforços necessários de cálculo. O calculo do pré-dimensionamento mostrou que o diâmetro das toras utilizadas como longarinas é insuficiente para suportar as tensões atuantes na estrutura.

A manutenção das estruturas de madeira tem por finalidade remover sujeiras para evitar acúmulo de umidade e refazer os protetores no tempo adequado. A manutenção das estruturas de acordo com a prefeitura de Jerônimo Monteiro são feitas a cada dois anos, pois as madeiras não são tratadas de acordo com o que é desejado, caso haja tal manutenção e um tratamento prévio dos elementos estrutura a vida útil desses elementos pode aumentar em 30 anos.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1997). **NBR 7190**. Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, ABNT. 107 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1997). **NBR 7188**. Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre: procedimento. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1980). **NBR 6120**. Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1988). **NBR 6123**. Força devida ao vento nas edificações. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1988). **NBR 8681**. Ações e segurança nas estruturas. Rio de Janeiro, ABNT.
- ABDALLA, Anna Cristina Pacheco Ballassini. **Utilização de Madeira de *Eucalyptus* em Estruturas de Pontes**. 2002. 108 pg. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- BARREIROS, R, M. **Preservação de madeiras**. Itapeva: Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Itapeva, 2008. 3 p. Disponível em: <<http://www.itapeva.unesp.br/.../%5B101510091026%5D7cCelula%20cheia%20e%20vazia.pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2011.
- CALIL, J. C.; BRITO D.L. **Manual de projetos e construção de estrutura com peças roliças de madeira de reflorestamento**. São Carlos: EESC/USP, 2010.
- CALIL, C. J.; ROCCO LAHR, F. A.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de elementos estruturais de madeira**. São Paulo: Manole, 2003, 152 p.
- EKEBERG, K. P.; SOYLAND, K. **Flisa Bridge, Norway: a record breaking timber bridge** Bridger Engineering, 2004, 158 p,
- FARIAS SOBRINHO, D. W; PAES, J. B; FILGUEIRAS, J. F. Viabilidade econômica do tratamento preservativo da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.) submetida ao método de substituição de seiva. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 2, p. 118-125, abr./jun. 2008.
- FONTE, T. F. **Pontes protendidas de *Eucalyptus citriodora***. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, 2004.
- GOOGLE EARTH. Disponível em <<http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl>>, acesso em 14 de jun. 2012.
- Guia Geográfico do Espírito Santo. Disponível em <<http://www.brasil-turismo.com/espírito-santo/mapas/mapa-politico.htm>> acesso em: 19 de out. 2012.

HELLMEISTER, João Cesar. **Pontes de *Eucalyptus Citriodora***. 1978. Tese (livre docência) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos: 1978.

HOJEMS. Disponível em <<http://www.hojems.com.br>> acesso em: 19 de out. 2012.

HOLZ. **A. Timber Engineering. Step Eurofortech** — EU Comett Programme . v. 2. 1ªed. Centrum Hout. Netherlands. Roundwood structures,1995, p. 19.

LOGSON, N.B. **Contribuição ao estudo das pontes de madeira**. 1983, 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, São Paulo, 1983.

MARTINS, Marcio. **Estudo de caso das pontes de madeira do mato grosso do sul**. 2004.137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2004.

Prefeitura Municipal de Jerônimo Monteiro do Estado do Espírito Santo. Disponível em <<http://www.jeronimomonteiro.es.gov.br/>> acesso em: 19 de out. 2012.

PFEIL, W. **Estruturas de madeira**: dimensionamento segundo as normas brasileiras NB 11 e os modernos critérios das normas alemãs e americanas. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1977.

PFEIL, W. **Estruturas de madeira**: dimensionamento segundo as normas brasileiras NBR 7190/97 e critérios das Normas Norte-Americana NDS e Européia EUROCODE 5. 6 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2003.

SORIANO J. **Estrutura mista em concreto e em madeira: análise de vigas e painéis e aplicações na construção civil**. 2001. 254 f. Tese (doutorado)– Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2001.

OKIMOTO, F. S.; CALIL JR., C. **Pontes protendidas de madeira**. São Carlos: – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002, p. 25 - 48. (Cadernos de Engenharia de Estruturas n. 18).