

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MAYANE HAACK**

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE INSPEÇÃO EM PONTES DE  
MADEIRA DO MUNICÍPIO DE CUNHA PORÃ – SC**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2015**

MAYANE HAACK

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE INSPEÇÃO EM PONTES DE  
MADEIRA DO MUNICÍPIO DE CUNHA PORÃ - SC**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco.

Orientador: Prof. Msc. Cleovir José Milani

PATO BRANCO

2015



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### SUBSÍDIOS PARA ANÁLISE DOS DANOS NAS PONTES EM MADEIRA

#### MAYANE HAACK

No dia 19 de novembro de 2015, às 16h30min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº31-TCC/2015.

Orientador: Prof. Msc. CLEOVIR JOSÉ MILANI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Esp. SÉRGIO TARCÍSIO RAMBO (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Dr. GUSTAVO LACERDA DIAS (DACOC/UTFPR-PB)

Dedico esse trabalho aos meus pais Ildomar Haack e Helena Maieron Haack, ao meu irmão Luan Haack, demais familiares e amigos pelo incentivo e apoio.

## **AGRADECIMENTOS**

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma colaboraram para que a realização deste trabalho fosse possível.

Aos meus pais Ildomar Haack e Helena Maieron Haack, ao meu irmão Luan Haack e a toda minha família que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Ao meu tio Neocir Petter, pela colaboração com a coleta de dados das pontes.

Aos meus amigos, sem vocês com certeza essa caminhada seria muito mais difícil. Obrigada pelo companheirismo.

Aos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus Pato Branco*, pelo conhecimento compartilhado ao longo da graduação, em especial ao meu Orientador Prof. Msc. Cleovir José Milani pela confiança, disponibilidade, dedicação e condução desse trabalho e também a Profa. Dra. Elizangela Marcelo Siliprandi por toda contribuição.

Enfim, gostaria de agradecer a todos que contribuíram com esse desafio.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

**Arthur Schopenhauer**

## RESUMO

HAACK, Mayane. **Aplicação de Técnicas de Inspeção em Pontes de Madeira do Município de Cunha Porã - SC**. 2015, 100 pág. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil – Departamento Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2015.

As estradas têm a importante função de promover o deslocamento e facilitar o acesso a serviços e mercadorias. Nessa categoria, se encontram as estradas vicinais, responsáveis pelo escoamento da produção agrícola e a integração das comunidades rurais. Em locais que existem obstáculos é necessário a construção de pontes, para se obter acesso as comunidades, onde na maioria dos casos essas pontes são construídas em madeira, por ser um material de fácil obtenção e durável. O objetivo deste trabalho é apresentar um levantamento de algumas pontes em madeira selecionadas no município de Cunha Porã, no estado de Santa Catarina, identificando os danos presentes na estrutura com a intenção de assegurar seu funcionamento, permitir o livre acesso de veículos e pessoas, além de preservar o patrimônio público. Diante disso, os métodos utilizados para as inspeções foram técnicas selecionadas pela revisão bibliográfica, na qual foram adotadas as técnicas de menor custo possível e de fácil manuseio, tais como: Técnica de Inspeção Visual, Técnica de Percussão: Interpretação Sonora com Martelo e Técnica de Sondagem Superficial com Picoteamento. A coleta de dados foi realizada através de acervo fotográfico e registro de informações. Com a verificação realizada, foram identificados danos na estrutura de pontes em madeira, tais como: deterioração da madeira, manchas por umidade e ataque por insetos, entre outros. Por fim, notou-se que não há nenhuma manutenção nas pontes e que a metodologia aplicada, através das técnicas adotadas, mostrou-se eficiente, na medida em que estipulou dados coerentes em relação a situação das pontes em estudo.

**Palavras-Chave:** Estradas vicinais. Pontes em madeira. Técnicas de inspeção.

## ABSTRACT

HAACK, Mayane. **Inspection techniques application wooden bridges of the city of Cunha Porã - SC.** 2015, 100 pág. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil – Departamento Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2015.

Roads and highways have an important role of promoting the displacement and making easier the access to services and commodities. In this category, there are the local roads, which are responsible for the agricultural production outflow and the rural communities' integration. In places that there are streams, it is needed the construction of bridges to obtain access to the communities. These bridges are made by wood in most of the cases because it is of an easy acquisition material and durable. The project's goal is to present a survey of some wooden bridges selected in the city of Cunha Porã, Santa Catarina state, identifying the damages present in the structure with the intention of ensuring its operation, allowing free access of vehicles and people, also preserving public property. The method used for the technical inspections were selected by literature review, which were adopted the techniques with the lowest cost possible and easy handling, such as: Visual Inspection Technique, Percussion Technique: sound interpretation with hammer and Shallow Drilling Technique with pecking actions. The survey's data was collected through photographic collection and registration of information. After the checking, it was identified damages in the structure of the wooden bridges, such as: wood deterioration, moisture stains and attack by insects and others. Finally, it was noted that there is no maintenance on the bridges and the applied methodology was efficient, in the terms that it was stipulated coherent data towards the bridges situation.

**Key words:** Local roads. Wooden Bridges. Inspection techniques.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ponte Kintai-Kyo, Iwakuni no Japão Fonte: Viaje Aqui (2015). .....	18
Figura 2 - Ponte em madeira localizada no estado do Mato Grosso .....	19
Figura 3 - Modelos de Pontes no Brasil .....	20
Figura 4 - Seção transversal do modelo de superestrutura.....	21
Figura 5 – Ponte em madeira na região do Extremo Oeste Catarinense .....	22
Figura 6 - Técnica de Inspeção Visual: (A) Máquina fotográfica de alta resolução. ...	31
Figura 7 – Drone .....	32
Figura 8 – Martelo .....	32
Figura 9 – Sondagem Superficial com Picoteamento:.....	33
Figura 10 - Perfuração com Análise Tátil/Visual:.....	34
Figura 11 - Lixi Profiler .....	35
Figura 12 - Medidores de umidade.....	36
Figura 13 - Aparelho medidor de condutividade elétrica .....	37
Figura 14 - Ensaio estático e resultados dos ensaios de Prova de Carga .....	38
Figura 15 - Equipamento de Ultrassom.....	38
Figura 16 - Equipamento de Raio-X portátil .....	39
Figura 17 - Scanners .....	40
Figura 18 - Equipamento de endoscopia industrial .....	41
Figura 19 - Equipamento de termografia .....	42
Figura 20 - Irradiador Gama .....	42
Figura 21 - Equipamento de Tomografia Industrial .....	43
Figura 22 - Medidor de emissão acústica.....	44
Figura 23 – Durômetro .....	44
Figura 24 - Equipamento portátil de arrancamento de parafusos.....	45
Figura 25 – Aplicação do Resistógrafo.....	46
Figura 26 – Dispositivo Pilodyn .....	46
Figura 27 – Diagrama das etapas da pesquisa. ....	54
Figura 28 – Extensão das Pontes .....	58
Figura 29 – Idade das Pontes .....	59
Figura 30– Ponte P001 .....	60
Figura 31 – Peças Danificadas no Tabuleiro da Ponte P001 .....	61
Figura 32 – Peças Danificadas no rodeiro da Ponte P001 .....	61
Figura 33 – Inspeção Visual da Ponte P001 .....	62
Figura 34 – Técnica de percussão: interpretação sonora com martelo da Ponte P001 .....	62
Figura 35 – Técnica de sondagem superficial da Ponte P001 .....	63
Figura 36 – Ponte P002 .....	64
Figura 37 – Peças Danificadas no Tabuleiro da Ponte P002 .....	65
Figura 38 – Peças Danificadas no rodeiro da Ponte P002 .....	65
Figura 39 – Inspeção Visual da Ponte P002 .....	66
Figura 40 – Técnica de percussão: interpretação sonora com martelo da Ponte P002 .....	66
Figura 41 – Técnica de sondagem superficial da Ponte P001 .....	67
Figura 42 – Ponte P003 .....	68
Figura 43 – Peças Danificadas no Tabuleiro da Ponte P003 .....	69
Figura 44 – Peças Danificadas na rodeiro da Ponte P003 .....	69
Figura 45 – Inspeção Visual da Ponte P003 .....	70

Figura 46 – Técnica de percussão: interpretação sonora com martelo da Ponte P003 .....	70
Figura 47 – Técnica de sondagem superficial da Ponte P003 .....	71
Figura 48 – Ponte P004 .....	72
Figura 49 – Peças Danificadas no Tabuleiro da Ponte P004 .....	73
Figura 50 – Peças Danificadas no rodeiro da Ponte P004 .....	73
Figura 51 – Inspeção Visual da Ponte P004 .....	74
Figura 52– Técnica de percussão: interpretação sonora com martelo da Ponte P004 .....	74
Figura 53 – Técnica de sondagem superficial da Ponte P004 .....	75
Figura 54 – Ponte P005 .....	76
Figura 55 – Peças Danificadas no Tabuleiro da Ponte P002 .....	77
Figura 56 – Peças Danificadas na rodeiro da Ponte P002 .....	77
Figura 57 – Inspeção Visual da Ponte P005 .....	78
Figura 58 – Técnica de percussão: interpretação sonora com martelo da Ponte P005 .....	78
Figura 59 – Técnica de sondagem superficial da Ponte P005 .....	79
Figura 60 – Atribuição de notas.....	80
Figura 61 – Principais danos nas pontes em madeira.....	80
Figura 62 – Pregos expostos.....	81
Figura 63 – Peças danificadas .....	82
Figura 64 – Peças danificadas pela sobrecarga.....	82

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Métodos indicados pela bibliografia.....	30
Quadro 2 – Atribuição de Nota .....	57

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS .....	15
1.1.1 Objetivo Geral.....	15
1.1.2 Objetivos Específicos .....	16
1.2 JUSTIFICATIVA .....	16
<b>2. PONTES DE MADEIRA</b> .....	<b>18</b>
2.1 PONTES DE MADEIRA NO MUNDO.....	18
2.2 PONTES DE MADEIRA NO BRASIL.....	19
2.2.1 Tipologia das Pontes no Brasil .....	19
2.2.2 Tipologia das Pontes de Madeira no Brasil .....	20
2.2.3 Pontes de madeira na região do extremo Oeste Catarinense .....	21
<b>3. MADEIRA</b> .....	<b>23</b>
3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS MADEIRAS.....	23
3.3 PROPRIEDADES DA MADEIRA .....	23
<b>4. DANOS EM ESTRUTURAS DE MADEIRA</b> .....	<b>25</b>
4.1 CONCEITO DE DANOS EM ESTRUTURAS .....	25
4.1.1 Origem.....	25
4.1.2 Sintomas.....	25
4.1.3 Consequências .....	25
4.1.4 Mecanismos .....	26
4.2 DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA .....	26
4.2.1 Ataque por micro-organismos: bactérias e fungos .....	26
4.2.2 Infestação de insetos.....	27
4.2.3 Abrasão mecânica.....	27
4.2.4 Danos devido ao fogo.....	28
4.2.5 Defeitos das madeiras .....	28
<b>5. TÉCNICAS DE INSPEÇÃO EM PONTES DE MADEIRA</b> .....	<b>29</b>
5.1 TÉCNICA DE INSPEÇÃO VISUAL.....	31
5.2 PERCUSSÃO: INTERPRETAÇÃO SONORA COM MARTELO.....	32
5.3 SONDAGEM SUPERFICIAL COM PICOTEAMENTO .....	33
5.4 PERFURAÇÃO COM ANÁLISE TÁTIL/VISUAL .....	33
5.5 PERFURAÇÃO COM TRADO DE AMOSTRAGEM .....	34
5.6 SONDAGEM SUPERFICIAL AO PUNÇIONAMENTO .....	35
5.7 MEDIDOR DE DENSIDADE SUPERFICIAL .....	35
5.8 MEDIDOR DE UMIDADE .....	36
5.9 MEDIDOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	36

5.10 PROVAS DE CARGA.....	37
5.11 ULTRASSOM .....	38
5.12 RAIO-X.....	39
5.13 SCANNERS DE TOMOGRAFIA.....	39
5.14 ENDOSCOPIA.....	40
5.15 TERMOGRAFIA .....	41
5.16 RAIO-GAMA .....	42
5.17 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA .....	43
5.18 EMISSÃO ACÚSTICA .....	43
5.19 ENSAIOS DE DUREZA.....	44
5.20 ENSAIOS DE ARRANCAMENTO .....	45
5.21 MICROPERFURAÇÃO CONTROLADA POR RESISTÓGRAFO .....	45
5.22 MEDIDOR DE DENSIDADE SUPERFICIAL PYLODIN.....	46
5.23 DETECÇÃO ACÚSTICA DE INSETOS XILÓFAGOS .....	47
<b>6. PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA PARA INSPEÇÕES EM PONTES DE MADEIRA .....</b>	<b>48</b>
6.1 PROCEDIMENTOS GERAIS .....	48
6.2 PROCEDIMENTOS PARTICULARES.....	48
6.2.1 Acessos.....	48
6.2.2 Cursos d'água .....	48
6.2.3 Aparelhos de apoio.....	49
6.2.4 Equipamentos comuns .....	49
6.3 MÉTODO DE ACESSO.....	49
6.3.1 Equipamentos de acesso .....	49
6.4 PRÁTICAS DE SEGURANÇA .....	50
6.4.1 Fundamentos de segurança .....	50
6.4.2 Proteção pessoal.....	50
6.4.2.1 Vestimenta adequada.....	50
6.4.2.2 Acessórios de segurança .....	50
6.4.3 Causa de acidentes .....	51
6.4.3.1 Causas gerais.....	51
6.4.3.2 Causas específicas.....	51
<b>7. METODOLOGIA DE PESQUISA.....</b>	<b>52</b>
7.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	52
7.2 ESTUDO DE CASO.....	53
7.3 ETAPAS DA PESQUISA .....	53
7.3.1 Avaliação das condições das Pontes de Madeira .....	56

7.3.1.1 Atribuição de notas de avaliação .....	56
<b>8. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
8.1 PONTE P001 .....	59
8.2 PONTE P002 .....	63
8.3 PONTE P003 .....	67
8.4 PONTE P004 .....	71
8.5 PONTE P005 .....	75
8.6 DANOS NAS PONTES EM MADEIRA .....	79
<b>9. CONCLUSÕES .....</b>	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE A – FICHA DE INSPEÇÃO DA PONTE P001 .....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICE B – FICHA DE INSPEÇÃO DA PONTE P002 .....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE C – FICHA DE INSPEÇÃO DA PONTE P003 .....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE D – FICHA DE INSPEÇÃO DA PONTE P004 .....</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE E – FICHA DE INSPEÇÃO DA PONTE P005 .....</b>	<b>96</b>
<b>APÊNDICE F - REGISTRO DAS FOTOGRAFIAS DA PONTE P001 .....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE G - REGISTRO DAS FOTOGRAFIAS DA PONTE P002 .....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE I - REGISTRO DAS FOTOGRAFIAS DA PONTE P004 .....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE J - REGISTRO DAS FOTOGRAFIAS DA PONTE P005 .....</b>	<b>101</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A infraestrutura é um fator determinante para o desenvolvimento de um país, estando diretamente ligada as atividades econômicas, pois afeta o retorno dos insumos privados e desta forma estimula o desenvolvimento de outras atividades, que assim ajudam a manter um determinado padrão de vida para sua população (MILANI, 2010).

Dentro das obras de infraestrutura, encontram-se as pontes, que tem a importante função de permitir e/ou facilitar o acesso a lugares até então inacessíveis, além de promover a entrada de insumos agrícolas, assim como o escoamento da produção e o livre deslocamento (CALIL JÚNIOR et al., 2006).

Essas pontes são elementos imprescindíveis nas estradas vicinais, pois elas exercem diversas funções sociais para a sociedade, já que vinculam pessoas e povos (MILANI, 2010). Todavia, nestas pontes é possível observar processos construtivos e manutenções aplicadas de forma incorreta, pelo fato de ausência de informações técnicas por parte das administrações tanto estaduais como municipais, o que causa insegurança e desconforto para os cidadãos que fazem o uso destas (CALIL JÚNIOR et al., 2006).

Diante disso, é necessário a formulação de políticas públicas que garantam o incremento de programas de manutenções para essas pontes, baseadas em técnicas de inspeções, além de serem pautadas com a finalidade de aumentar a vida útil da estrutura, com o menor custo possível e de uma forma que aumente a qualidade de vida dos cidadãos.

O uso da madeira como material para a concepção de elementos estruturais, é uma técnica muito antiga, utilizada desde as construções mais primitivas até nas mais atuais. Isto se deve ao fato de a madeira ser um material renovável, fácil de trabalhar, versátil, durável e de fácil obtenção. Cerca de metade da área do território brasileiro, é coberta por florestas. Se tecnologicamente manuseada e privada de desastres naturais, as florestas podem garantir reabastecimento de madeira para as gerações futuras (BRITO, 2010).

Apesar de a madeira ser sujeita ao apodrecimento e em algumas condições ao ataque de insetos, ela é um material extremamente durável quando usada com

técnicas adequadas, pois pode ser tratada e assim protegida contra a deterioração, além de que a madeira tratada exige pouca manutenção (BRITO, 2010).

A madeira é um excelente material, para a execução de pontes em estradas vicinais, que será o estudo deste trabalho pois ela é capaz de suportar cargas de curta duração sem efeitos nocivos. E do ponto de vista econômico, a madeira é competitiva com os outros materiais, pois apresenta vantagens econômicas a curto e longo prazo (CALIL JÚNIOR et al., 2006).

O presente trabalho analisa as técnicas de inspeções em pontes de madeira, para assim elaborar uma metodologia de inspeções, de tal modo que possa ser aplicada na pontes vicinais da zona rural do município de Cunha Porã – SC, onde será escolhida uma técnica que una o melhor custo x benefício com a segurança, elencando dessa forma os principais danos encontrados na estrutura da ponte e com isso, estudando se há necessidade de restauração ou substituição de peças, oferecendo assim as possíveis interferências que serão necessárias realizar, uma vez que proporcionam risco a segurança de quem faz o uso da mesma. Deste modo, sempre indagando quais os danos que ocorrem nas pontes de madeira em estradas vicinais? E como fazer a inspeção para as pontes de madeira?

Nesse contexto, a estruturação desse trabalho se dará primeiramente por uma pesquisa bibliográfica acerca dos conceitos técnicos de inspeções em pontes de madeira. Em seguida, elaborar-se-á a metodologia para a aplicação do estudo de caso em questão. Far-se-á a avaliação da condição atual das pontes em estudo, identificando as necessidades de restauração, apresentando assim as possíveis intervenções admissíveis como resultados. Por fim, serão apresentadas as considerações finais sobre o assunto.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo colocar em prática as inspeções, selecionadas através da bibliografia, para as pontes de madeira das estradas vicinais

no município de Cunha Porã –SC, na região do Extremo Oeste de Santa Catarina, além de oferecer um alerta para a sociedade sobre a importância dessas pontes.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Conhecer as técnicas adotadas nas inspeções em pontes de madeira, através da revisão bibliográfica;
- Selecionar as técnicas mais viáveis para aplicação nas pontes em madeira do município de Cunha Porã – SC;
- Apresentar um relatório procedimentos das inspeções sobre os danos mais recorrentes nas pontes, para exibir seus respectivos resultados e fornecer subsídios sobre as pontes inspecionadas, para que sejam tomadas as medidas necessárias.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

As estradas vicinais são parte integrante da infraestrutura no Brasil e possuem uma importante função econômica, assim como, social e ambiental. Estas são responsáveis pelo escoamento da produção agrícola, além de promover a integração das comunidades rurais.

Em locais que existem córregos, rios ou obstáculos é necessário a construção de pontes, para se obter acesso as comunidades. Porém em muitas estradas e pontes vicinais é lamentável o estado em que se encontram, e esta situação desestimula a permanência dos indivíduos nas comunidades rurais, pois colocam em risco a segurança de quem transita por este local, além de dificultar seu livre acesso.

Uma técnica muito usual, é o uso estrutural da madeira de reflorestamento para a construção de pontes vicinais, por ser um material abundante, de fácil execução e de baixo custo se comparado com o concreto armado. Porém a maioria das pontes de madeira no Brasil são projetadas e executadas por construtores não especializados em madeira, o que resulta em estruturas onerosas, inseguras e com uma baixa durabilidade (CALIL JÚNIOR et al., 2006). E infelizmente, a falta de uma cultura em

inspeções e manutenção, faz com que os órgãos responsáveis pelas obras públicas priorizem apenas a execução destas pontes, não havendo maiores preocupações com as questões que dizem respeito a sua conservação (BRITO, 2014).

Frente a isso, verificou-se a importância desse estudo para elaborar um programa apropriado de metodologia em inspeções em pontes de madeira, para assim poder avaliar qual o estado em que a estrutura se encontra, principalmente daquelas pontes, executadas e muitas vezes esquecidas. Todavia, se associada a manutenção preventiva e/ou corretiva, pode trazer uma melhor relação quanto ao custo e a sua segurança, além de prolongar a vida útil dessa estrutura.

O estudo tem sua originalidade, pelo fato de no Brasil existir poucas bibliografias que tratam das inspeções em pontes de madeira, principalmente em estradas vicinais, e assim poderá, portanto, ser utilizado por profissionais da área como ferramenta de estudo, bem como no auxílio para a execução destas inspeções.

Deste modo o trabalho torna-se viável, pois serão analisadas e aplicadas as técnicas de menor custo possível, desde que sejam eficientes e que provejam dados na qual seja possível inferir resultados, para assim ter o conhecimento a qual circunstância a ponte em estudo se apresenta, qual seu nível de deterioração, se apresenta algum tipo de patologia, se será possível fazer alguma restauração ou será necessário executar uma nova ponte, e o mais importante, se oferece algum tipo de risco a vida dos cidadãos que fazem o uso desta.

## 2. PONTES DE MADEIRA

### 2.1 PONTES DE MADEIRA NO MUNDO

Conforme a necessidade do homem ao longo da sua evolução, ele se viu obrigado a procurar novos horizontes e promover a continuidade de sua espécie, surgindo com isso a obrigação de aprimorar a técnica de superar os obstáculos naturais, como por exemplo a travessia de um rio (DEUS, 1997).

Os projetistas de pontes na idade média se fundamentavam pelas obras executadas pelos romanos, e foi apenas no século XV, no período histórico do Renascimento, na Itália, que surgiram os primeiros fundamentos científicos na engenharia de pontes (DEUS, 1997).

A madeira, ao lado da pedra, foi um dos primeiros materiais a ser utilizado pelo homem na construção de pontes (MARTINS, 2004). Durante o período abrangido entre os séculos XVI e XVIII, a França foi um país que contribuiu fortemente para o desenvolvimento das pontes de pedra. E no início do século XVI a madeira e o ferro fundido aparecem como opções inovadoras para a execução de pontes, o que proporcionou o aparecimento de formas geométricas em sua estrutura (DEUS, 1997).

A Figura 1 ilustra a ponte de madeira Kintai-Kyo, originalmente construída no início do século XVII, onde foi totalmente restaurada em 1953. Ela fica sobre o rio Nishiki, na província de Yamaguchi, próxima a Hiroshima, no Japão.



**Figura 1 - Ponte Kintai-Kyo, Iwakuni no Japão**  
Fonte: Viaje Aqui (2015).

## 2.2 PONTES DE MADEIRA NO BRASIL

A necessidade de comunicação entre dois pontos separados por um curso de água e o propósito de modernizar o transporte acarretou ao advento de novas vias e pontes, também no Brasil. As pontes de madeira promovem o desenvolvimento econômico e social dos municípios do Brasil, especialmente daqueles em que a sua economia é fruto das atividades agrícolas.

Contudo a maior parte das pontes de madeira no Brasil não é projetada e construída por técnicos e/ou construtores especializados em madeiras. E as consequências são estruturas caras, de baixa durabilidade e inseguras. Além do mais, muitas das pontes em madeira não foram projetadas para as cargas às quais estão sujeitas atualmente e, ainda, não têm recebido a manutenção adequada (MORAES et al., 2007).

A Figura 2 ilustra a ponte de madeira localizada na estrada estadual MT 160 sentido Alta Floresta, Mato Grosso.

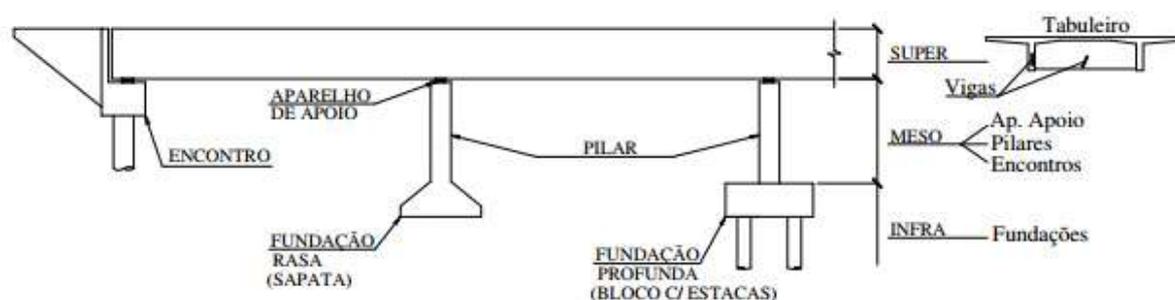


**Figura 2 - Ponte em madeira localizada no estado do Mato Grosso**

**Fonte: Nortão News (2011).**

### 2.2.1 Tipologia das Pontes no Brasil

As pontes podem ser divididas em três partes principais: Infraestrutura, Mesoestrutura e Superestrutura. E são compostas por fundações, pilares, vigas e tabuleiro. Onde o tabuleiro recebe as cargas que atuam sobre a ponte, como veículos e pedestres, que por sua vez transfere para as vigas, do qual estas transmitem para os pilares, e os pilares transfere para as fundações, que por fim transfere para o solo (MILANI, 2010). A Figura 3, exemplifica modelos (com fundação rasa e profunda) de pontes comuns no Brasil.



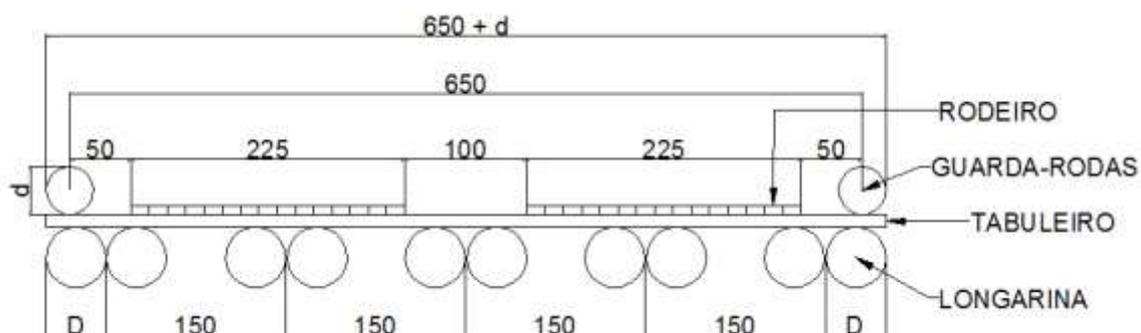
**Figura 3 - Modelos de Pontes no Brasil**

**Fonte: Laboratório de Estruturas e Materiais Estruturais – USP (2002).**

### 2.2.2 Tipologia das Pontes de Madeira no Brasil

O modelo mais utilizado no Brasil para as pontes de madeira é o sistema de ponte em viga simples de peças roliças, devido ao fato da facilidade na sua execução, assim como seu baixo custo (CALIL; GOES, 2004). As pontes em vigas simples de peças roliças, geralmente são executadas nas estradas vicinais, por possuir um baixo volume de tráfego (MILANI, 2010).

A Figura 4, ilustra a configuração das pontes em vigas simples de peças roliças, com a localização dos elementos da ponte, assim como os espaçamentos entre o rodeiro, longarina, guarda-rodas e tabuleiro.



**Figura 4 - Seção transversal do modelo de superestrutura**

**Fonte: Silva; Philippsen (2015).**

### 2.2.3 Pontes de Madeira na Região do Extremo Oeste Catarinense

As pontes podem ser caracterizadas como obras-de-arte, na qual tem a função de proporcionar a transposição de obstáculos naturais e à locomoção de diversos veículos e cidadãos com segurança e conforto. Nas estradas vicinais da região em estudo, essas obras são de fundamental importância para o desenvolvimento da comunidade, e também para o setor do agronegócio, para assim permitir o escoamento final da produção agrícola, bem como viabilizar condições para o tráfego de caminhões e máquinas durante a safra (SORIANO; MASCIA, 2009).

A maioria das pontes de estradas vicinais é executada em madeira, pelo fato de tais estruturas serem de baixo custo construtivo. Além, da madeira ser um recurso renovável e necessitar de baixo consumo energético para a sua produção (STEINBERG et al., 2003; GUTKOWSKI et al., 2004).

A Figura 5 ilustra a uma ponte localizada no município de Cunha Porã, no Extremo Oeste Catarinense.



**Figura 5 – Ponte em madeira na região do Extremo Oeste Catarinense**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

### 3. MADEIRA

#### 3.1 ESTRUTURA E ULTRAESTRUTURA DA MADEIRA

Seja qual for o emprego industrial e construtivo que se deseje destinar a madeira, é importante ter conhecimento da anatomia desse material. O comportamento mecânico da madeira, a trabalhabilidade, a secagem e outros fatores estão intensamente associados à sua estrutura celular (FIGUEROA, 2012).

Segundo Kollmann e Côté (1968), “a madeira é um produto do tecido xilemático dos vegetais superiores, localizado, em geral, no tronco e nos galhos das árvores, com células especializadas na sustentação e condução de seiva”. É importante ressaltar que o xilema é encontrado em várias regiões dos vegetais, não só no caule, como na raiz e nos ramos (FENGEL; WEGENER, 1989). Do ponto de vista comercial, a madeira somente é encontrada em árvores com altura superior a 6 m. Conforme Figueroa (2012), “o xilema é um tecido estruturalmente complexo, composto por um conjunto de células com forma e função diferenciadas, sendo o principal tecido condutor de água nas plantas vasculares”. E ainda conduz os sais minerais, armazena substâncias e sustenta o vegetal.

#### 3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS MADEIRAS

Consideradas plantas de alta complexidade fisiológica e anatômica, as árvores são plantas botanicamente compreendidas na divisão das fanerógamas. E as fanerógamas, subdividem-se em Gimnospermas e Angiospermas. Logo as madeiras são consideradas taxonomicamente como gimnospermas, também designadas como resinosas ou coníferas, ou angiospermas, também designadas como folhosas. (FIGUEROA, 2012).

#### 3.3 PROPRIEDADES DA MADEIRA

A madeira é considerada um material ortotrópico, por consequência de sua estrutura interna, o que denota que as suas propriedades mecânicas e físicas divergem nas três direções principais: longitudinal, radial e tangencial (FIGUEROA, 2012).

É necessário ter conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira, pois elas determinam sua qualidade para fins tecnológicos e industriais, conforme o uso adequado para cada espécie (FIGUEROA, 2012). E as variações das propriedades da madeira ocorrem dentro de troncos individuais de cada espécie (MALAN, 1995).

Segundo Figueroa (2012), “A umidade, massa específica, tipos de água presente na madeira, contração e inchamento, são os principais fatores que afetam principalmente as propriedades físicas da madeira”.

## 4. DANOS EM ESTRUTURAS DE MADEIRA

### 4.1 CONCEITO DE DANOS EM ESTRUTURAS

Denomina-se por Danos em Estruturas, a parte da Engenharia das Estruturas que estuda as origens, os sintomas, consequências e os mecanismos de ocorrência dos danos encontrados nas obras da construção civil [(FERNÁNDEZ CÁNOVAS,1988); (SOUZA; RIPPER,1998)].

#### 4.1.1 Origem

O aparecimento de algum problema patológico, de um modo geral, pode estar vinculado a uma ou mais falhas durante o processo construtivo, a maioria dos problemas patológicos são consequências do que se designa de vício construtivo (MILANI, 2010). Assim sendo, conforme Machado (2002), os problemas patológicos decorrentes dos vícios construtivos podem ser aliados nas seguintes etapas da construção:

- Fase de planejamento;
- Fase de fabricação dos materiais que irão compor a construção;
- Fase de construção em que irão ser incorporados os diversos materiais e processos;
- Fase de utilização da construção.

#### 4.1.2 Sintomas

Os sintomas são uma forma de analisar a enfermidade que está afetando a estrutura, pois com a manifestação de um efeito anormal, as estruturas reagem emitindo sinais externos (FERNÁNDES CÁNOVAS, 1988).

#### 4.1.3 Consequências

Segundo Milani (2010, p. 54), “os problemas patológicos evoluem e acabam se agravando com o tempo, além de envolver outros problemas associados ao problema inicial”.

#### 4.1.4 Mecanismos

Ter conhecimento dos mecanismos do problema é indispensável para proporcionar um tratamento apropriado a patologia, como por exemplo conhecer os fatores que ocasionam determinada patologia.

Devido ao fato da madeira ter sido um ser vivo, o que a caracteriza como um material orgânico, geralmente, os defeitos na madeira são irreversíveis. Em razão disso, a solução mais seguida é substituí-la, pois não há como fazer correções, apenas reparos. Assim, mostra-se a importância de uma manutenção periódica (VERÇOSA, 1991).

As duas causas principais atribuídas a deterioração da madeira são:

**Agentes abióticos:** Segundo Calil Júnior et. al. (2006, p.59):

Os agentes abióticos (não vivos) incluem os condicionantes físicos, mecânicos, químicos e climáticos. Embora destrutivos, os agentes abióticos podem também danificar o tratamento preservativo, expondo a madeira não tratada ao ataque de agentes bióticos.

**Agentes bióticos:** Segundo Calil Júnior et al. (2006, p.59):

Os agentes bióticos (vivos) são principalmente os fungos, insetos e furadores marinhos. Estes organismos necessitam de algumas condições para a sua sobrevivência, entre elas: temperatura, oxigênio, umidade e fonte adequada de alimento, geralmente a madeira. Embora o grau de dependência destes parâmetros seja variável, cada um precisa estar presente para ocorrer a deterioração.

## 4.2 DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA

### 4.2.1 Ataque por micro-organismos: bactérias e fungos

Segundo Bauer (1994), os micro-organismos são causadores do apodrecimento e ardidura da madeira. Vivem a expensas de outros organismos vivos

na condição de parasitas ou saprófitas, porque estão privados da função clorofiliana para absorção do carbono.

As bactérias são microrganismos unicelulares e são os principais colonizadores de madeira não tratadas que se encontram em ambientes com umidade muito elevada, provocando assim o amolecimento e a permeabilidade da superfície da madeira (BRITO, 2014).

Os fungos são microrganismos vegetais, que utilizam a madeira como fonte de alimento, além de provocar a degradação (HIGHLEY; SCHEFFER, 1989). Segundo Brito (2014, p.49):

Os fungos locomovem-se através da madeira como uma rede de hifas filiformes microscópicas, que crescem em cavidades ou penetram diretamente na parede celular da madeira. Como as hifas alongadas, os fungos segregam enzimas que degradam a celulose, hemicelulose, ou lignina e absorvem o material degradado para completar o processo de digestão. Uma vez que o fungo obtém uma quantidade suficiente de energia a partir da madeira, produz um corpo de frutificação sexuada ou assexuada para distribuir os esporos reprodutivos e infectam peças de madeira próximas às contaminadas. Os basidiomas ou corpos de frutificação, conhecidos popularmente como cogumelos, variam a partir de esporos de uma única célula gerados no final das hifas, para germinar os corpos de frutificação perenes que produzem milhões de esporos. E quando detectados, a madeira já indica alto nível de biodeterioração por apodrecimento.

#### 4.2.2 Infestação de insetos

A madeira é suscetível ao ataque de insetos xilófagos, por ser um material orgânico, e estes se alimentam do seu tecido lenhoso, o que pode ocasionar um grande estrago na madeira. Suas larvas, alimentam-se da madeira e alastram-se nas galerias nos tecidos lenhosos, na qual facilita a entrada da umidade que é indispensável para o desenvolvimento de fungos (BAUER, 1994).

#### 4.2.3 Abrasão mecânica

A abrasão mecânica é o agente físico que mais tem influência na deterioração das pontes de madeira. É ocasionado por vários fatores, o mais comum é a abrasão de veículo que origina gastos na superfície de rolamento, diminuindo a seção efetiva de madeira. Um exemplo deste dano seria no tabuleiro, onde a abrasão degrada a superfície de revestimento e também do guarda rodas. Outros danos mecânicos, considerados mais severos, seriam os proporcionados por recalques diferenciais,

sobrecargas de veículos e os impactos que os entulhos no canal de fluxo causam (CALIL JÚNIOR et al., 2006).

#### 4.2.4 Danos devido ao fogo

Conforme Calil Júnior et al. (2006, p.61):

Resultado da exposição ao fogo ou a altas temperaturas. Podem permanecer presentes na estrutura por anos. A carbonização superficial isola e protege a parte central da peça de madeira, que pode manter parte significativa de sua resistência. Os conectores de metal transferirão aquecimento para o centro e, neste caso, danos maiores nestas áreas podem ser esperados.

#### 4.2.5 Defeitos das madeiras

Peças de madeira que apresentam defeitos, é um dos fatores que prejudicam a resistência, a durabilidade e o aspecto da madeira nas construções. Podem ser consideradas como defeitos nas madeiras, as anomalias que alteram seu desempenho e suas propriedades físico-mecânicas (KLOSS, 1991).

## 5. TÉCNICAS DE INSPEÇÃO EM PONTES DE MADEIRA

Para as inspeções em pontes de madeira, recomenda-se o uso de técnicas para identificar evidências de danos e/ou deteriorações (BRITO, 2014).

Conforme a NBR 9452 (1986) da ABNT, existem três tipos de vistorias:

- a) Cadastral: Nesse tipo de vistoria é feito o levantamento dos principais documentos e informes construtivos, tais como: identificação, descrição da obra e informações adicionais.
- b) Rotineira: Este tipo de vistoria serve para manter o cadastro da obra atualizado, na qual deve ser realizada em intervalos de tempo regulares, não ultrapassando um ano, e também para casos de ocorrências excepcionais.
- c) Especial: Esse tipo de vistoria é realizada somente por engenheiro especialista com o objetivo de interpretar e avaliar as ocorrências danosas.

Conforme as pesquisas realizadas pelas bibliografias que tratam das técnicas de inspeções em pontes de madeira, foram reunidas as principais técnicas adotadas, pelos seguintes autores, demonstrado no Quadro 1 abaixo:

**Quadro 1 – Métodos indicados pela bibliografia**

	HIGHLEY E SCHEFFER	RITTER E MORRELL	BONAMINI	ARRIAGA	PELLERIN E ROSS	MACHADO
Técnica de inspeção visual	X	X	X	X	X	X
Percussão: Interpretação sonora com martelo	X	X		X		X
Sondagem superficial com picoteamento	X	X		X	X	X
Perfuração com análise tátil/visual	X	X		X	X	X
Perfuração com trado de amostragem	X				X	
Sondagem superficial ao puncionamento		X			X	X
Medidor de densidade superficial		X	X			
Medidor de umidade		X		X		X
Medidor de condutividade elétrica		X				
Provas de carga			X			
Ultrassom		X		X	X	X
Raio-X		X	X		X	X
Scanners de tomografia		X				
Endoscopia			X	X		
Termografia			X			X
Raio-Gama			X			
Tomografia computadorizada			X			
Emissão acústica			X	X		X
Ensaio de dureza			X			
Ensaio de arrancamento			X			
Microperfuração controlada Resistograph				X	X	X
Medidor de densidade superficial Pylodin				X		X
Detecção acústica de insetos xilófagos				X		

Fonte: Autoria própria (2015).

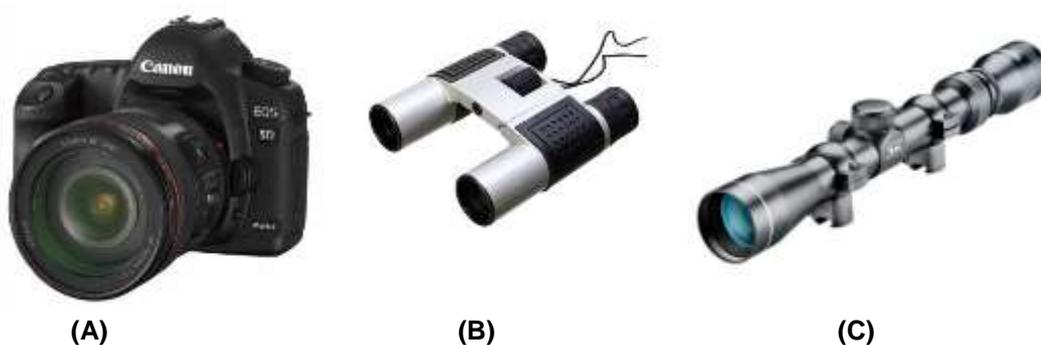
## 5.1 TÉCNICA DE INSPEÇÃO VISUAL

Segundo Brito (2014), o inspetor analisa a estrutura em busca de sinais de deteriorações reais ou em potencial, observando criticamente as regiões investigadas de maneira mais criteriosa.

A técnica de inspeção visual necessita de uma boa iluminação, adequada para a detecção de deteriorações superficiais e internas. O registro de fotos é fundamental para a avaliação visual do estado da estrutura.

A técnica de inspeção visual serve para realizar levantamentos de patologias visíveis a olho nu em elementos estruturais de madeira, tais como: presença de crescimento de plantas e/ou fungos; presença de manchas ou alterações de cor; atividades de insetos e presença de defeitos estruturais (BRITO, 2014). Não deve ser a única técnica de inspeção utilizada.

Complementa-se a técnica, com o uso de equipamentos como máquinas fotográficas digitais de alta resolução (Figura 6 - A), binóculos (Figura 6 - B), lunetas (Figura 6 - C) ou no caso de grandes estruturas com o auxílio de drone (Figura 7).



**Figura 6 - Técnica de Inspeção Visual: (A) Máquina fotográfica de alta resolução.**

**Fonte: Fotos mais imagens (2015); (B) Binóculos. Fonte: Centauro (2015); (C) Luneta. Fonte: Tocandira (2015).**



**Figura 7 – Drone**

**Fonte: The Drone Info (2015).**

## 5.2 PERCUSSÃO: INTERPRETAÇÃO SONORA COM MARTELO

O teste à percussão apesar de parecer simples, tem uma complexa interpretação, pois depende muito da experiência do inspetor e o diagnóstico pode ser considerado verdadeiro, apenas onde é relativamente grande sua deterioração e nestes casos a peça deve ser furada para verificar o diagnóstico. Se a peça soar, pelo fato de bater com um martelo, pode indicar a presença de deterioração no seu interior. Se o martelo (Figura 8) produzir um som oco, uma quantidade considerável no interior da madeira pode estar deteriorada (HIGHLEY; SCHEFFER, 1989).

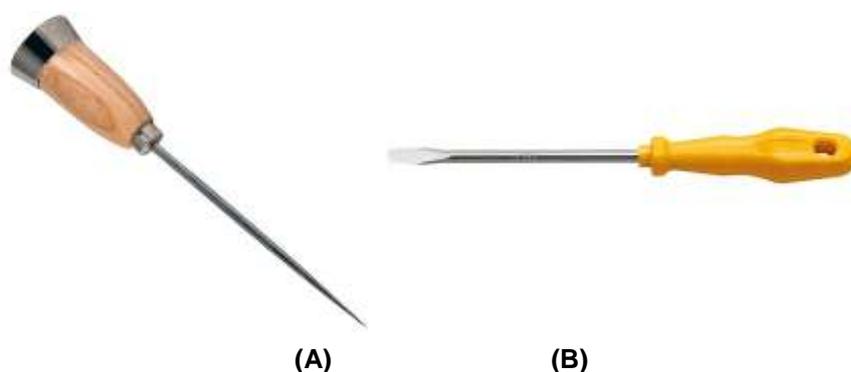


**Figura 8 – Martelo**

**Fonte: Materiais Vila Nova (2015).**

### 5.3 SONDAGEM SUPERFICIAL COM PICOTEAMENTO

Por vezes, a superfície exterior dos elementos estruturais consiste em apenas um casco sólido fino e a madeira que está embaixo está deteriorada. Esta condição pode ser detectada pelo teste de sondagem superficial com picoteamento, usualmente utilizada para detecção de biodeteriorações superficiais. O teste de picoteamento consiste no uso de uma ferramenta pontiaguda como picador de gelo (Figura 9 – A) ou chave de fenda (Figura 9 - B), a ser manuseada a uma curta distância na madeira, a fim de elevar uma pequena lasca de madeira. Dessa maneira, a quebra da madeira é examinada para determinar se a região está frágil e quebradiça que indica a biodeterioração por apodrecimento, ou com lascas com fibras bem definidas, que indica madeira sã [(BRITO, 2014); (HIGHLEY; SCHEFFER, 1989)].



**Figura 9 – Sondagem Superficial com Picoteamento: (A) Picador de gelo. Fonte: Dallas Voice (2015); (B) Chave de fenda. Fonte: Magazine Luiza (2015).**

### 5.4 PERFURAÇÃO COM ANÁLISE TÁTIL/VISUAL

Este método de perfuração para análise tátil/visual é geralmente realizado com furadeira elétrica (Figura 10 - A) ou manual (Figura 10 - B). Geralmente o inspetor perfura o elemento estrutural, avaliando e observando as regiões perceptíveis à medida em que a perfuração é realizada com mais facilidade através de lances de torque, onde são observadas as aparas da perfuração para evidenciar se há ou não

biodegradação. As amostras são coletadas e submetidas a um laboratório para análise. Folhas de alumínio, sacos plásticos, frascos de vidros e/ou de plásticos são úteis para o transporte das amostras sãs [(BRITO, 2014); (HIGHLEY; SCHEFFER, 1989)].



**Figura 10 - Perfuração com Análise Tátil/Visual: (A) Furadeira elétrica. Fonte: Super Muffato (2015); (B) Furadeira manual. Fonte: Preciolandia (2015).**

## 5.5 PERFURAÇÃO COM TRADO DE AMOSTRAGEM

Da mesma maneira que o método de perfuração tátil/visual, o método de perfuração com trado de amostragem é utilizado para detectar a presença de espaços vazios, com a extração de amostras de bastonetes. A retirada de amostras de bastonetes através da técnica de perfuração com trado para a retirada de amostragem, também fornece informações sobre a presença de bolsões de apodrecimento entre outros vazios. Esse método de perfuração retira um núcleo de madeira sólida, denominado bastonete, que pode ser examinado para a verificação de apodrecimento, e também pode ser utilizado para obter uma medida precisa da profundidade de retenção de preservativo e penetração (BRITO, 2014).

Para alguns autores, essa técnica é considerada intrusiva como semi - destrutiva, em relação a dimensões das brocas. Já outros, avaliam essa técnica como destrutiva, apesar de não afetar de maneira significativa a resistência da estrutura (BRITO, 2014).

## 5.6 SONDAGEM SUPERFICIAL AO PUNÇONAMENTO

Com a utilização da ferramenta de sonda moderadamente pontiaguda, conhecida como punção, o teste de sondagem superficial ao punçionamento manual é empregado para detectar se há deterioração ou algum fungo apodrecedor superficial na madeira, que é revelado através da maciez excessiva ou da falta de resistência à penetração de sonda (BRITO, 2014).

## 5.7 MEDIDOR DE DENSIDADE SUPERFICIAL

Para medir a densidade superficial da madeira, pode ser utilizado o equipamento Lixi Profiler, como mostra a Figura 11, no qual gera um gráfico que ilustra a espessura da seção líquida da madeira. O equipamento funciona através de um isótopo radioativo, que fornece um feixe de radiação, que penetra na seção da madeira, na qual a quantidade de radiação que abrange o detector é proporcional a sua espessura total e a sua densidade média que passa através dele (BRITO, 2014).



**Figura 11 – Equipamento Lixi Profiler**

**Fonte: Nuri Cerah (2015).**

## 5.8 MEDIDOR DE UMIDADE

Alguns eletrólitos são liberados, quando há deterioração da madeira, e as propriedades elétricas do material são modificadas. Em relação a essa condição, existem ferramentas que podem ser utilizadas para a avaliação do possível risco de biodeterioração por apodrecimento em função de alterações nas propriedades elétricas. Uma dessas ferramentas, seriam os medidores de umidades, conforme a Figura 12 exemplifica, na qual utiliza-se duas sondas alongadas ou pinos ligados a um medidor de resistência, o medidor lê nos pontos selecionados. Leituras de umidade acima de 25% (vinte e cinco por cento), depois de alguns dias de tempo seco, indicam que a madeira pode ser comprometida se não for tratada. Os medidores de umidade tem a penetração máxima da sonda até 7,62 centímetros ou 3 polegadas [(BRITO, 2014); (HIGHLEY; SCHEFFER, 1989);].



**Figura 12 - Medidores de umidade**

**Fonte: Mercado Livre (2015).**

## 5.9 MEDIDOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Para medição do teor de umidade da madeira, normalmente utiliza-se os medidores do tipo resistência. Conforme o teor de umidade, a resistividade elétrica apresenta variação (CALONEGO et. al, 2006). Esse método permite medir o teor de umidade na área que está diretamente em contato com as agulhas do eletrodo (Figura 13), porém é apenas adequado para amostras que não possuem gradiente de umidade (JAMES, 1988). Todavia, a resistência elétrica da madeira é variável, um

dos fatores pode ser a espécie, temperatura e a profundidade em que se acomoda os eletrodos (CALONEGO et. al, 2006).



**Figura 13 - Aparelho medidor de condutividade elétrica**

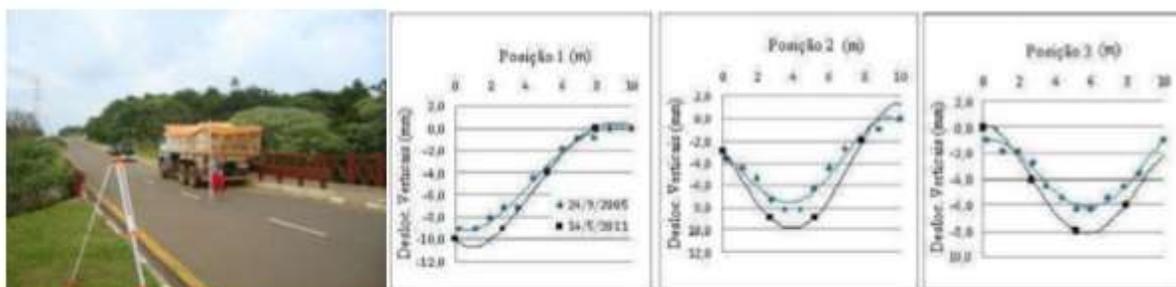
**Fonte: Instrutemp (2015).**

## 5.10 PROVAS DE CARGA

Segundo Brito (2014, p. 139):

Em tabuleiros de pontes ou em pavimentos de madeira de edificações, com provas de carga **in loco** é possível determinar o módulo de elasticidade médio utilizando as equações clássicas conhecidas para inferir valores de resistência através de relações existentes entre essas propriedades [(BONAMINI, 1995); (PELLERIN; ROSS,2002); (CALIL JR.; WACKER, 2002); (SAMPAIO da COSTA, 2009), (GONZÁLEZ, 2007); (BRASHAW et al, 2008); (PIGOZZO et al, 2014)].

A Figura 14, exemplifica o método de ensaio e seus respectivos resultados.



**Figura 14 - Ensaio estático e resultados dos ensaios de Prova de Carga**

**Fonte: PIGOZZO et al (2014).**

### 5.11 ULTRASSOM

A inspeção pelo método de ultrassom (Figura 15), envolve a análise das características de alta frequência das ondas de tensão, na qual se propagam através de um material. Esta técnica de inspeção foi desenvolvida para a detecção de defeitos na redução de força, como os nós, inclinação de grãos e decadência em membros da madeira. Entretanto, essa inspeção se concentra em estimar a qualidade do produto em um ambiente de produção, do que necessariamente avaliar o estado de membros em estruturas de madeira (ROSS et. al, 1994).



**Figura 15 - Equipamento de Ultrassom**

**Fonte: Carmix (2015).**

## 5.12 RAIO-X

Segundo Carlos Dion de Melo Teles (2002):

Raios-x são feixes de fótons de alta energia que têm a capacidade de passar através de materiais, dependendo de sua densidade. Da mesma forma que uma placa de chumbo obstruirá mais a passagem de raios-x do que uma placa de alumínio de igual espessura, a madeira sã oferecerá maior resistência do que a madeira degradada ou do que os vazios deixados por insetos. A medida da intensidade de raio-x que atravessa um corpo pode ser feita por sensores especiais ou pela sensibilização de um filme fotográfico colocado do lado oposto em relação à fonte de raios.

A densidade da madeira, pode ser estimada com precisão, utilizando o método de raio-X, e com isso é possível medir o nível de degradação da madeira devido a ataques de fungos (ROSS, 1998).

A Figura 16, exemplifica um equipamento de raio-X portátil.



**Figura 16 - Equipamento de Raio-X portátil**

**Fonte: Alibaba (2015).**

## 5.13 SCANNERS DE TOMOGRAFIA

Segundo Quoirin (2004, p.13):

A tomografia de raios X baseia-se na medição da atenuação de um feixe de raios X atravessando um objeto segundo diversos ângulos, de forma a reconstruir uma imagem da distribuição bidimensional do coeficiente de atenuação do material analisado. Como o coeficiente de atenuação tem relação proporcional com a densidade de um material, torna-se possível visualizar e analisar a estrutura física de um corpo.

Este método, considerado um ensaio não-destrutivo, pode ser aplicado na visualização do interior das peças de madeira, como forma de verificar se há danos internos na madeira. Um exemplo do seu equipamento, pode ser observado na Figura 17.



**Figura 17 - Scanners**

**Fonte: DHgate (2015).**

#### 5.14 ENDOSCOPIA

A técnica de endoscopia, conforme Bonamini (1995), pode ser considerada uma extensão da técnica de inspeção visual. Em alguns casos é utilizada para examinar partes ocultas das peças de madeira ou até mesmo seu interior (BRITO, 2014).

A Figura 18 apresenta um exemplo de equipamento para esta técnica.



**Figura 18 - Equipamento de endoscopia industrial**

**Fonte: Banach Ferramentas (2015).**

## 5.15 TERMOGRAFIA

A temperatura de uma peça de madeira varia conforme o ar a sua volta esfria ou esquenta, até atingir uma nova temperatura do ar, denominada estado de equilíbrio. Fatores que influenciam na temperatura da peça são as propriedades físicas da madeira e a sua densidade, além da diferença de temperatura da madeira e a do ar (TELES, 2002).

Na ocasião em que a madeira é digerida por fungos, sua densidade diminui e nos furos causados por conta dos insetos a densidade é considerada nula. Logo, nos locais que apresentarem apodrecimento ou vazios na superfície, a temperatura será distinta dos locais onde a madeira está excepcionalmente sã. As diferenças de temperatura podem ser observadas através do uso de um aparelho ou filme especial, que emite luz infravermelha (TELES, 2002).

A Figura 19 exemplifica um modelo de equipamento de termografia.



Figura 19 - Equipamento de termografia

Fonte: PPH (2015).

## 5.16 RAIIO-GAMA

Conforme Carvalho (2013, p.19):

Para espessuras maiores, é necessária a utilização de radiação gama, pois dependendo da energia do radioisótopo e da sensibilidade do detector ou do filme, podem-se ensaiar amostras de até 1.000mm de espessura, com as limitações e inconveniências que oportunamente serão analisadas.

A Figura 20, exemplifica um equipamento Irradiador Gama.

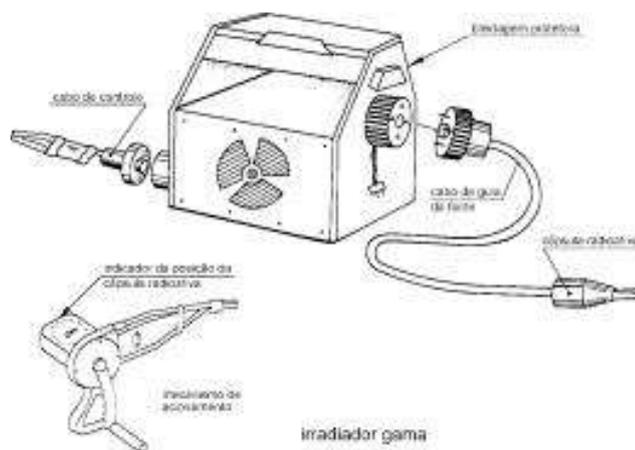


Figura 20 - Irradiador Gama

Fonte: Santana (2012).

### 5.17 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Uma técnica mais avançada, conhecida como tomografia computadorizada (CT), pode ser usada para produzir uma representação tridimensional da estrutura interna da madeira. O material é basicamente radiografado em várias orientações, em seguida, com o uso de computadores é elaborada sua imagem tridimensional. Este método é utilizado para investigar a degradação da madeira devido a ataques por fungos (ROSS et. al, 1998). Conforme indica a Figura 21.



**Figura 21 - Equipamento de Tomografia Industrial**

**Fonte: Mendes (2010)**

### 5.18 EMISSÃO ACÚSTICA

O método de emissão acústica, vem demonstrando ser uma ferramenta eficiente e importante para o monitoramento de peças estruturais e ensaios não destrutivos destas peças (ALVES, 2012).

Identificar a origem exata e a localização de uma onda de emissão acústica em uma peça estrutural pode ser útil para a identificação dos tipos de fonte dos defeitos, por exemplo, propagação de trincas a partir de um furo, danos causados por impactos ou mesmo apenas o atrito entre as diferentes partes da estrutura (ALJETS et al., 2010).

A Figura 22, demonstra um medidor de emissão acústica.



**Figura 22 - Medidor de emissão acústica**

**Fonte: Soluções Industriais (2015).**

#### 5.19 ENSAIOS DE DUREZA

Os ensaios de dureza, fornecem informações como a condição superficial local do material dos elementos estruturais de madeira, na qual é obtido por ensaios repetitivos em diferentes pontos ao longo do elemento, porém esse método pode gerar aproximações grosseiras (BRITO, 2014).

A Figura 23, mostra um exemplo de equipamento para essa técnica, conhecido como Durômetro.



**Figura 23 – Durômetro**

**Fonte: Importécnica (2015).**

## 5.20 ENSAIOS DE ARRANCAMENTO

O ensaio de arrancamento, fornece informações importantes sobre possíveis deteriorações em elementos estruturais de madeira, tanto danos superficiais como danos profundos. A técnica se dá por meio de aparelho que estima a força necessária para a extração de um determinado parafuso, conforme demonstra a Figura 24. [(BONAMINI 1995); (BRITO, 2014)].



**Figura 24 - Equipamento portátil de arrancamento de parafusos**

**Fonte: González (2007).**

## 5.21 MICROPERFURAÇÃO CONTROLADA POR RESISTÓGRAFO

Este método de teste utiliza instrumentos conhecidos como microperfuradores eletrônicos controlados, comercialmente chamados de Resistógrafo. Na qual o teste se dá pela resistência à microperfuração, onde computam a relação existente entre a densidade da madeira e a taxa de resistência à perfuração de ponta da broca (BRITO, 2014). Uma aplicação do aparelho em campo, pode ser observado na Figura 25.



**Figura 25 – Aplicação do Resistógrafo**

**Fonte: Dr. Frank Hope (2015).**

## 5.22 MEDIDOR DE DENSIDADE SUPERFICIAL PYLODIN

Conforme Brito (2014, p.131):

O Pilodyn trata-se de um equipamento com um dispositivo com mola que conduz um pino de aço enrijecido, internamente em uma pequena camada mais externa da madeira. A profundidade de penetração do pino é utilizada como uma medida do nível de apodrecimento superficial.

O dispositivo Pilodyn pode ser observado na Figura 26.



**Figura 26 – Dispositivo Pilodyn**

**Fonte: Importécnica (2015).**

### 5.23 DETECÇÃO ACÚSTICA DE INSETOS XILÓFAGOS

Conforme Carlos Dion de Melo Teles (2002, p.18):

O método, ainda em desenvolvimento, consiste em usar um sistema de sensores para capturar as frequências emitidas pelos insetos e projetado para eliminar os outros sons do ambiente. O sistema descrito por Lemaster, Beall e Lewis necessita um contato direto com a madeira a ser examinada. Desta forma, acabamentos, como estuques ou placas de fechamento, são barreiras para o emprego da técnica.

## **6. PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA PARA INSPEÇÕES EM PONTES DE MADEIRA**

### **6.1 PROCEDIMENTOS GERAIS**

A inspeção de pontes de madeira deve ser orientada de forma sistemática e organizada, garantindo que toda sua estrutura seja inspecionada; uma forma de garantir esse procedimento é o uso de adequadas fichas de inspeção. O documentário fotográfico deve ser completo: deve-se registrar vista superior, vista inferior, vistas laterais e detalhes de apoios, articulações, etc.; danos ocasionalmente encontrados na maioria dos elementos estruturais devem ser examinados com mais cuidado e registrados para assim poder avaliar suas possíveis causas. Existindo a possibilidade, seria interessante observar a ponte durante a passagem de cargas pesadas, para assim permitir a verificação de vibrações ou deformações excessivas. Outro procedimento necessário e obrigatório, seria a limpeza de determinadas áreas da ponte, para verificar se há defeitos encobertos (BRASIL, 2004).

### **6.2 PROCEDIMENTOS PARTICULARES**

#### **6.2.1 Acessos**

O estado dos acessos deve ser examinado para verificar a existência de irregularidades.

#### **6.2.2 Cursos d'água**

É necessário avaliar se a seção de vazão disponível no local é suficiente, verificado se detritos e matérias flutuantes escoam livremente nos períodos de cheia e se há manifestação ou indícios de erosão, havendo a possibilidade de ocorrer algum desses casos, deve ser solicitada a desobstrução do curso d'água (BRASIL, 2004).

### 6.2.3 Aparelhos de apoio

Os aparelhos de apoio precisam obrigatoriamente serem examinados para a verificação de seu estado e de seu perfeito funcionamento (BRASIL, 2004).

### 6.2.4 Equipamentos comuns

Conforme Brasil (2004, p.40), alguns equipamentos comuns são necessários para a inspeção, como:

- a) Equipamentos de limpeza: escovas, vassouras, lixas.
- b) Equipamentos de inspeção: canivete, facão, martelo, chave de fenda, cinto de suporte de ferramentas.
- c) Equipamentos de melhoria de visão: binóculos, luneta, lente com iluminação, espelho de inspeção, lanterna, líquido penetrante.
- d) Equipamentos de medição: trena, paquímetro, fio de prumo.
- e) Equipamentos de documentação: prancheta, fichas cadastrais, lápis, borracha, esquadros, giz, câmera fotográfica.
- f) Equipamentos complementares: estojo de primeiros socorros, repelentes e material de higiene pessoal.

## 6.3 MÉTODO DE ACESSO

A intenção dos métodos de acesso é proporcionar ao inspetor o alcance com segurança da área a ser inspecionada, de forma que permita que esta área possa ser tocada com as mãos (BRASIL, 2004).

### 6.3.1 Equipamentos de acesso

Os equipamentos de acesso compreendem escadas, andaimes apoiados ou suspensos e barcas ou balsas (BRASIL, 2004).

## 6.4 PRÁTICAS DE SEGURANÇA

### 6.4.1 Fundamentos de segurança

Uma forma das inspeções terem seus riscos minimizados é caso existir uma conscientização geral da equipe de trabalho, da necessidade de ser instituído um ambiente seguro de trabalho; para isto é necessário, no mínimo (BRASIL, 2004):

- a) Manter a equipe descansada, alerta e interessada.
- b) Utilizar equipamentos e ferramentas adequadas.
- c) Manter as áreas de trabalho limpas e desobstruídas;
- d) Estabelecer procedimentos sistemáticos e atribuir tarefas bem definidas;
- e) Observar as recomendações básicas de segurança de trabalho;
- f) Evitar excessos na alimentação e abolir uso de bebidas ou drogas;
- g) Não estacionar o veículo na ponte ou entrada da ponte e sim na saída;
- h) Verificar a presença de colmeias de abelhas ou ninhos de maribondos;

### 6.4.2 Proteção pessoal

#### 6.4.2.1 Vestimenta adequada

A equipe de inspeção obrigatoriamente deve se vestir adequadamente para as inspeções: botas de couro com solado antiderrapante, calças resistentes que permitam livre movimentação, cinto especial para acomodar pequenas ferramentas e bloco de notas, e camisas com bolsos, resistentes e de mangas compridas (BRASIL, 2004).

#### 6.4.2.2 Acessórios de segurança

- a) Obrigatórios: Capacetes e colete reflexivo.
- b) Eventuais: Colete salva-vidas, cinto de segurança, luvas e máscaras

### 6.4.3 Causa de acidentes

#### 6.4.3.1 Causas gerais

As duas maiores causas de acidentes são: erro humano e falhas dos equipamentos. O erro humano pode ser minimizado, quando se reconhece que todos são vulneráveis, assim como melhorar o planejamento e os procedimentos para minimizar seus efeitos; as falhas de equipamento podem ser reduzidas com inspeção, manutenção e modernização adequadas (BRASIL, 2004).

#### 6.4.3.2 Causas específicas

- a) Atitude imprópria: distração, descuido;
- b) Limitações pessoais: falta de conhecimento, despreparo físico;
- c) Tédio ou aborrecimento: execução de tarefas repetitivas e de rotina;
- d) Queima de etapas: finalidade de reduzir tempo necessário para execução do serviço.
- e) Equipamento defeituoso: degraus de escadas, cordas e cabos desgastados.
- f) Vestimenta imprópria.

## 7. METODOLOGIA DE PESQUISA

Nesse capítulo está descrita a metodologia seguida para a produção desse trabalho. Iniciando-se por uma pesquisa bibliográfica sobre a avaliação das condições das pontes em madeira, que basicamente dividiu-se em duas etapas, sendo a primeira por meio de levantamentos de dados e a segunda por meio da aplicação das técnicas de inspeções em pontes de madeira selecionadas para o estudo de caso.

### 7.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Existem várias formas de classificação da pesquisa, segundo Fachin (2001) podemos classificá-la quanto a abordagem do problema em quantitativa e qualitativa. A pesquisa quantitativa conforme o autor julga que tudo pode ser quantificável, ou seja, pode ser traduzido em números: opiniões, propriedades, objetos e acontecimentos, na qual demanda do uso de recursos e das técnicas estatísticas. Já a pesquisa qualitativa considera que há um vínculo inseparável entre o mundo objetivo e a sua subjetividade do sujeito que não pode ser traduzida em números.

Deste modo, considerando que serão analisados dados estatísticos, levantamento de dados estatísticos e o levantamento de dados da região, podemos caracterizar esse trabalho como uma pesquisa quantitativa-qualitativa. Do ponto de vista dos objetivos, Gil (2002) considera que podemos caracterizar a pesquisa em exploratória, descritiva e explicativa. Como o trabalho abrange pesquisa bibliográfica e estudo de caso, classificamos esse trabalho como pesquisa exploratória, sendo o principal objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema. Além disso, o estudo depende também de coleta de dados, assim classificamos também como descritiva, que segundo o autor tem como objetivo principal a descrição das características de determinado fenômeno.

## 7.2 ESTUDO DE CASO

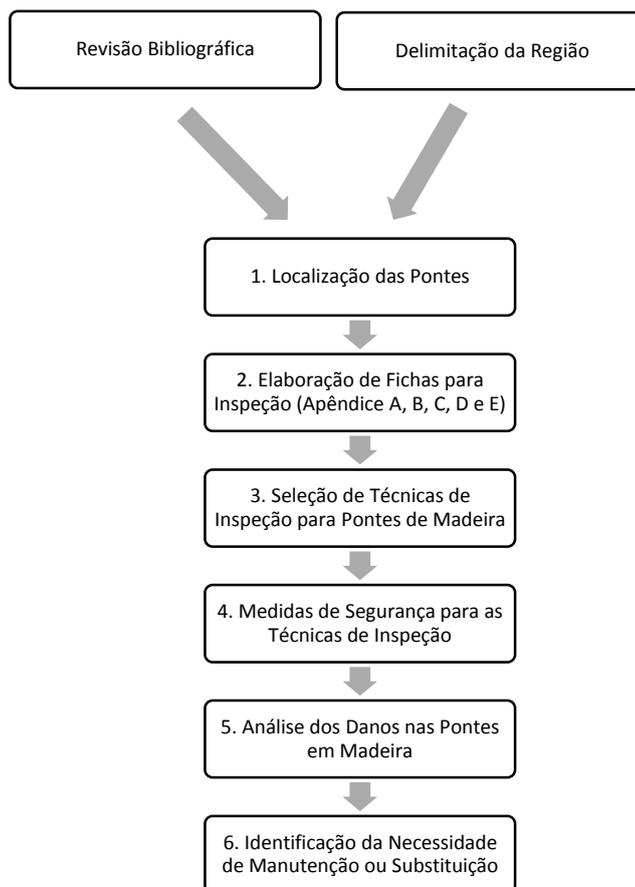
Conforme Gil (2002), o estudo de caso envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Os objetos deste estudo de caso, estão localizados no município de Cunha Porã, região do Extremo Oeste do Estado de Santa Catarina, a uma distância de 616 Km da capital do estado (Florianópolis), onde Cunha Porã se encontra situada geograficamente nas coordenadas 26° 53' 37" latitude sul e 53° 10' 05" longitude oeste.

O Extremo Oeste de Santa Catarina é uma região que possui uma área de aproximadamente 25.215Km<sup>2</sup>, que corresponde a 26% da área do estado de Santa Catarina. Com uma população em torno de 1.077.901 habitantes, da qual 43,73% vivem no meio rural, onde se encontram as pontes em estudo (DENARDIN; SULZBACH, S.D).

## 7.3 ETAPAS DA PESQUISA

Para uma melhor exemplificação das etapas realizadas nesse trabalho, a Figura 27 expõe um diagrama que constata o caminho seguido para a obtenção dos objetivos propostos.



**Figura 27 – Diagrama das etapas da pesquisa.**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

De acordo com o diagrama apresentado na Figura 27, o trabalho teve início com o referencial teórico onde foi abordado as variáveis relacionadas aos serviços que podem ser prestados para a inspeção, bem como os materiais que podem ser empregados para tal. Simultaneamente foi delimitada a região a ser estudada, com o critério de escolha relacionado a importância das pontes de madeira para o local em estudo.

#### 1. Localização das Pontes

Com a assistência do *Google Earth* (<http://earth.google.com/>), foram selecionadas algumas pontes localizadas nas estradas vicinais do município de Cunha Porã – SC.

## 2. Elaboração de Fichas para Inspeção

Logo em seguida, teve a preocupação em facilitar a inspeção, assim elaborou-se fichas para identificar as características de cada ponte, conforme indicado nos Apêndice A, B, C, D e E, com base nos Anexos A e B da norma DNIT 010/2004-PRO. Para o preenchimento da ficha era necessário a leitura das coordenadas de GPS, realizar a medição das dimensões das pontes (largura da ponte, largura da pista e comprimento) e identificar os materiais utilizados na construção e o tipo da estrutura.

## 3. Seleção de técnicas de inspeção para pontes de madeira

Simultaneamente partiu-se para a análise das técnicas de inspeção, nessa etapa avaliou-se quais seriam as melhores técnicas a serem adotadas, levando em consideração critérios como: custo e disponibilidade dos equipamentos e a facilidade de manuseio e leitura dos dados. Assim, as técnicas escolhidas para aplicação neste trabalho foram: Inspeção Visual, Percussão: interpretação sonora com martelo e sondagem superficial com picoteamento.

## 4. Medidas de segurança para as técnicas de inspeção

Nessa etapa, foi elaborado um estudo sobre as medidas de segurança para a inspeção de uma ponte, conforme o Manual de inspeção de pontes rodoviárias (2004), na qual foi adaptado para as inspeções nas pontes em estudo.

## 5. Análise dos danos nas pontes em madeira

Através das técnicas de inspeção, foi possível identificar os danos presentes nas pontes em estudo. Com o armazenamento dos arquivos fotográficos realizados pela inspeção visual foi possível identificar os danos que se manifestavam nas pontes.

## 6. Identificação da necessidade de manutenção ou substituição

Após a identificação dos danos, com o auxílio do Quadro 2, adaptado da norma DNIT 010/2004-PRO, foi possível identificar qual seria a ação corretiva necessária em cada ponte.

### 7.3.1 Avaliação das condições das pontes de madeira

A inspeção de pontes é a atividade técnica especializada que abrange a coleta de elementos de projeto e construção, o exame minucioso da ponte, a elaboração de relatórios, a avaliação do estado da obra e as recomendações, que podem ser de nova vistoria, de obras de manutenção, de obras de recuperação, de reforço ou de reabilitação (BRASIL, 2004).

#### 7.3.1.1 Atribuição de notas de avaliação

Fundamentando-se no gerenciamento de pontes do DNIT, é atribuída a cada elemento componente da ponte uma nota de avaliação, variando numa escala de 1 a 5, na qual será possível distinguir a gravidade dos problemas existentes no elemento (MILANI, 2010). O Quadro 2 relaciona a nota com os danos encontrados no elemento.

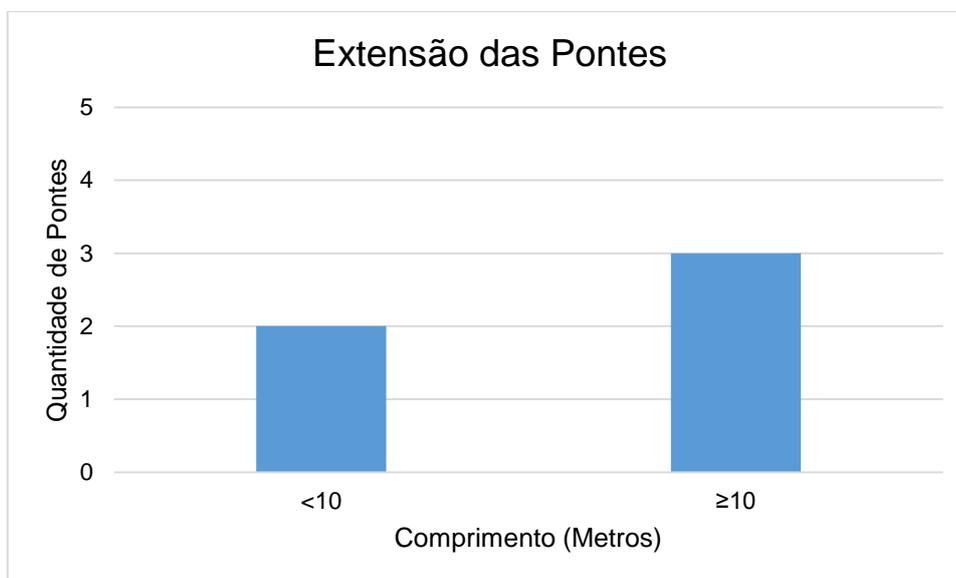
<b>Nota</b>	<b>Danos no elemento estrutural</b>	<b>Condições de Estabilidade</b>	<b>Classificação das condições da ponte</b>	<b>Ação corretiva</b>
5	Não há danos nem insuficiência estrutural	Excelente	Ponte sem problemas	Nenhuma
4	Há danos, entretanto sem indicação de que estejam causando insuficiência estrutural.	Boa	Ponte sem problemas consideráveis	Nenhuma, apenas manutenção
3	Há danos causando insuficiência estrutural, porém sem sinais de comprometimento com a estabilidade da obra.	Aparentemente Boa	Ponte potencialmente problemática	Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas, através de inspeções rotineiras, para ter conhecimento do agravamento da insuficiência estrutural.
2	Há danos, na qual tem influência significativa na insuficiência estrutural, todavia não apresenta um risco aparente de colapso estrutural.	Sofrível	Ponte problemática	Deve ser feita uma recuperação a curto prazo, além de inspeções intermediárias para monitoramento dos danos.
1	Há danos, na qual tem influência grave na insuficiência estrutural, e apresenta risco de colapso estrutural.	Precária	Ponte crítica	Deve ser feita uma recuperação ou substituição da ponte o mais rápido possível.

**Quadro 2 – Atribuição de Nota**  
**Fonte: Adaptação DNIT 010/2004.**

## 8. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O presente trabalho selecionou cinco pontes do município de Cunha Porã – SC, devido a sua localização, no caso muito usadas pela população local. Para assim, aplicar as técnicas de inspeção selecionadas, mostrando detalhadamente seus principais aspectos, como: localização, material da superestrutura, comprimento, largura da ponte, largura da pista, tipo de estrutura, data da sua construção e principalmente os danos identificados, conforme registrado nas fichas de identificação nos apêndices.

As pontes em estudo são compostas por 2 pontes com extensão menor de 10 m de comprimento e 3 pontes com extensão igual ou maior a 10 m de comprimento. Conforme indica a Figura 28. Sendo que apenas duas pontes possuíam apoio central, no caso a Ponte P003 e a Ponte P005.

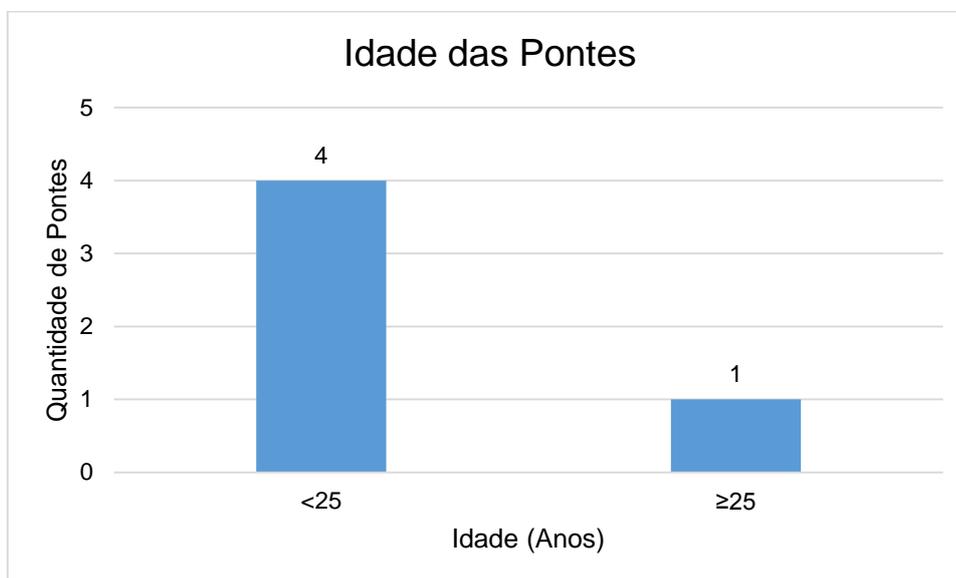


**Figura 28 – Extensão das Pontes**

**Fonte: Aatoria Própria (2015).**

As idades das pontes (Figura 29) foram obtidas através de pesquisa de campo com os moradores locais e funcionários da Prefeitura Municipal do Município de Cunha Porã - SC. Observa-se que 4 pontes tem mais de 25 anos de idade, e a maioria

já passou por reformas ou pela reconstrução total do tabuleiro, devido ao fato de não haver manutenção e nenhum projeto específico.



**Figura 29 – Idade das Pontes**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

### 8.1 PONTE P001

A Ponte P001, assim chamada para facilitar a sua identificação e características, conforme consta no Apêndice A, está localizada na Linha Barra Grande, no município de Cunha Porã – SC. Foi construída pela administração do município de Cunha Porã em 1973, passando por diversas reformas ao longo dos anos. Sua superestrutura é executada em madeira e sua mesoestrutura em pedra. Possui 8,60 metros de extensão, com 5,50 metros de largura, sendo a largura do rodeiro de 2,80 metros. A Figura 30 ilustra a ponte P001.

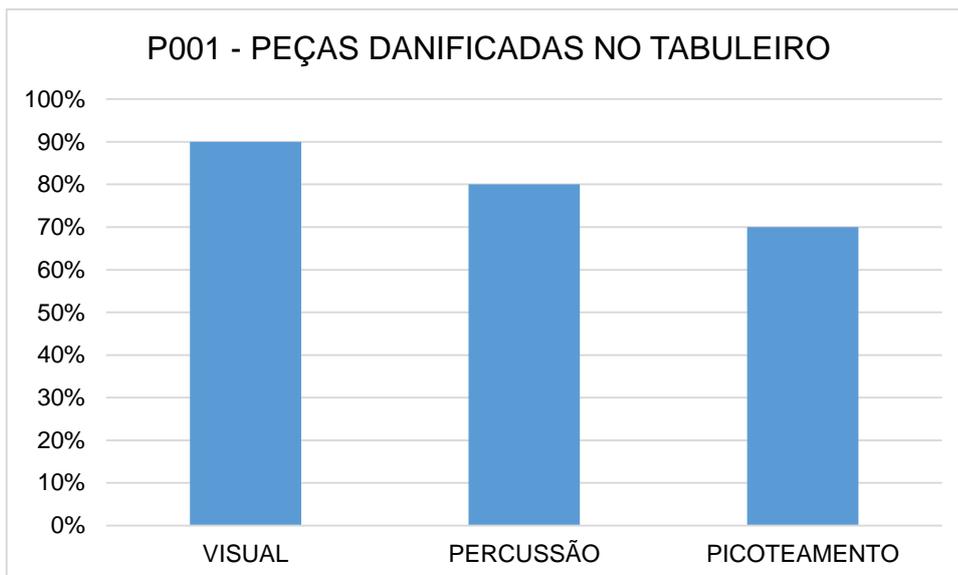


**Figura 30– Ponte P001**

**Fonte: Aatoria Própria (2015).**

Conforme a aplicação das três técnicas selecionadas, foi possível realizar um levantamento das peças danificadas por cada um dos métodos. Sendo efetivado o estudo no tabuleiro da ponte e no seu rodeiro, na qual foi analisado peça a peça, inspecionando-as ao longo do seu comprimento. Foi apenas inspecionada a superestrutura da ponte, por condições de segurança, pois não havia treinamento e nem equipamentos de segurança para realizar a inspeção.

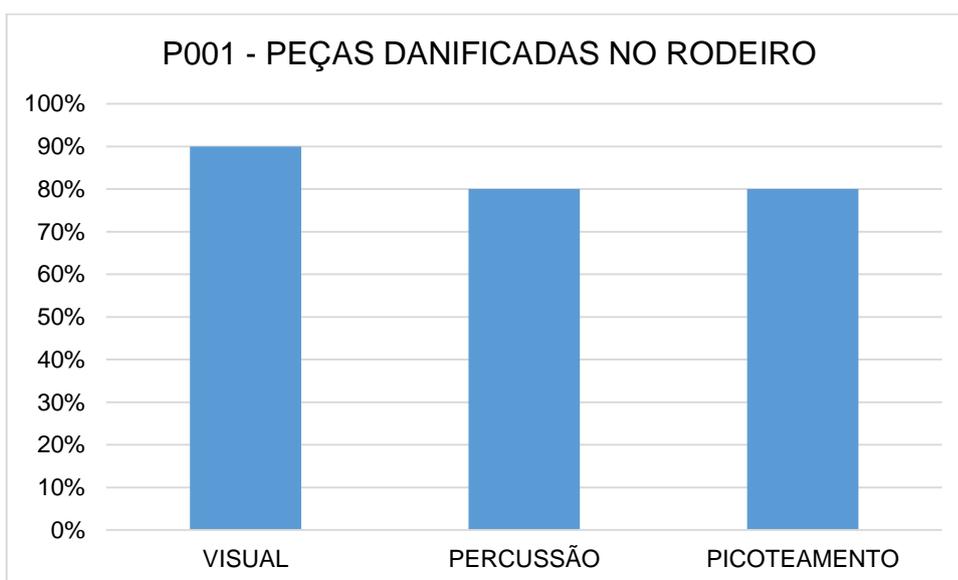
Com o emprego da técnica de inspeção visual (Figura 33) constatou-se que a ponte P001 tem 90% das suas peças danificadas no tabuleiro. Com a técnica de percussão: interpretação sonora com martelo (Figura 34) constatou-se que 80% das peças do tabuleiro da ponte P001 estão danificadas. Já com a técnica de sondagem superficial (Figura 35) constatou-se que a ponte P001 tem 70% das suas peças danificadas no tabuleiro. Conforme exemplifica a Figura 31.



**Figura 31 – Peças Danificadas no Tabuleiro da Ponte P001**

Fonte: Autoria Própria (2015).

Na avaliação do rodeiro da ponte P001, constatou-se que com a técnica de inspeção visual 90% das suas peças estão danificadas. Com a técnica de percussão: interpretação sonora com martelo constatou-se que 80% das peças estão danificadas. Já com a técnica de sondagem superficial constatou-se que a ponte P001 tem 80% das suas peças danificadas. Conforme exemplifica a Figura 32.



**Figura 32 – Peças Danificadas no rodeiro da Ponte P001**

Fonte: Autoria Própria (2015).



**Figura 33 – Inspeção Visual da Ponte P001**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 34 – Técnica de percussão: interpretação sonora com martelo da Ponte P001**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 35 – Técnica de sondagem superficial da Ponte P001**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

## 8.2 PONTE P002

A Ponte P002, identificada assim para facilitar a sua identificação e características, conforme consta no Apêndice B, está localizada na Linha Barra Grande, no município de Cunha Porã – SC. Foi construída em conjunto pela administração dos municípios de Cunha Porã e Cunhataí – SC, em 1981. Segundo relatos de moradores locais, já houve a ocorrência de um acidente nesta ponte, devido a ruptura da estrutura, na qual um caminhão enquanto executava a passagem, caiu dentro do rio, com isso foi necessária sua reconstrução. Sua superestrutura é executada em madeira e sua mesoestrutura em pedra. Possui 7,50 metros de extensão, com 4,50 metros de largura, sendo a largura da pista de 2,60 metros. A Figura 36 ilustra a ponte P002.

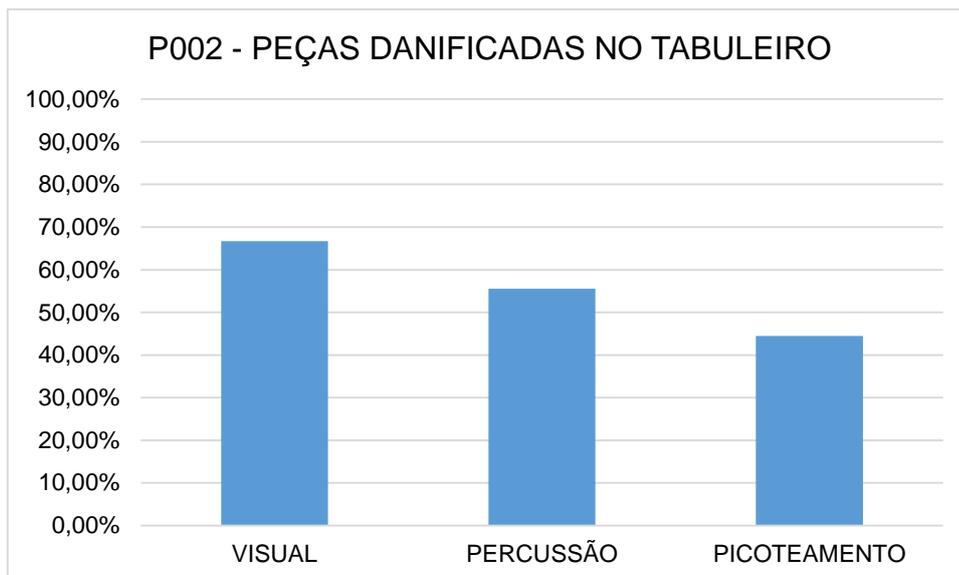


**Figura 36 – Ponte P002**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

Conforme a aplicação das três técnicas selecionadas, foi possível realizar um levantamento das peças danificadas por cada um dos métodos. Sendo efetivado o estudo no tabuleiro da ponte e no rodeiro, na qual fez-se a verificação de peça por peça, inspecionando-as ao longo do seu comprimento.

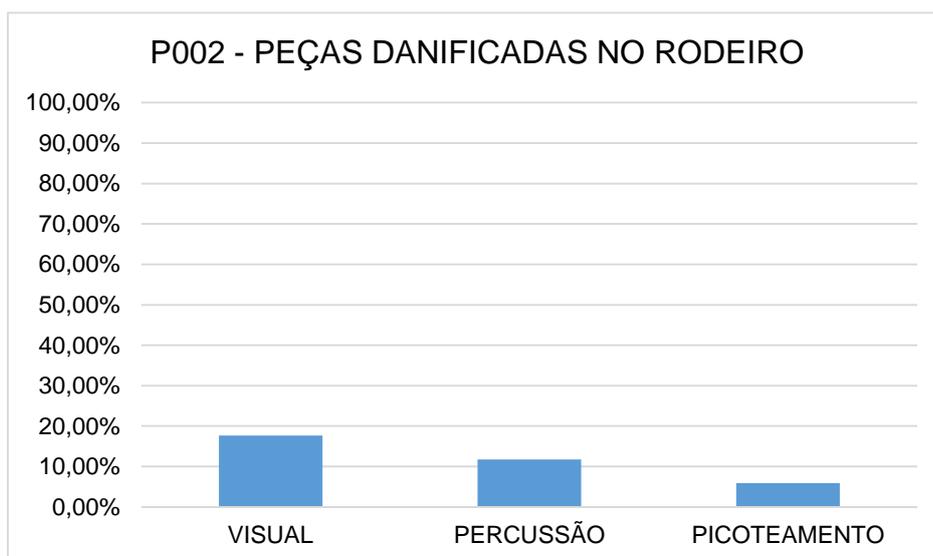
Com o emprego da técnica de inspeção visual (Figura 39) constatou-se que a ponte P002 tem 67% das suas peças danificadas no tabuleiro. Com a técnica de percussão: interpretação sonora com martelo (Figura 40) constatou-se que 56% das peças do tabuleiro da ponte P002 estão danificadas. Já com a técnica de sondagem superficial constatou-se que a ponte P002 tem 44% das suas peças danificadas no tabuleiro. Conforme exemplifica a Figura 37.



**Figura 37 – Peças Danificadas no Tabuleiro da Ponte P002**

Fonte: Autoria Própria (2015).

Na avaliação do rodeiro da ponte P002, constatou-se que com a técnica de inspeção visual 18% das suas peças estão danificadas. Com a técnica de percussão: interpretação sonora com martelo constatou-se que 12% das peças estão danificadas. Já com a técnica de sondagem superficial (Figura 41) constatou-se que a ponte P002 tem 6% das suas peças danificadas. Conforme exemplifica a Figura 38.



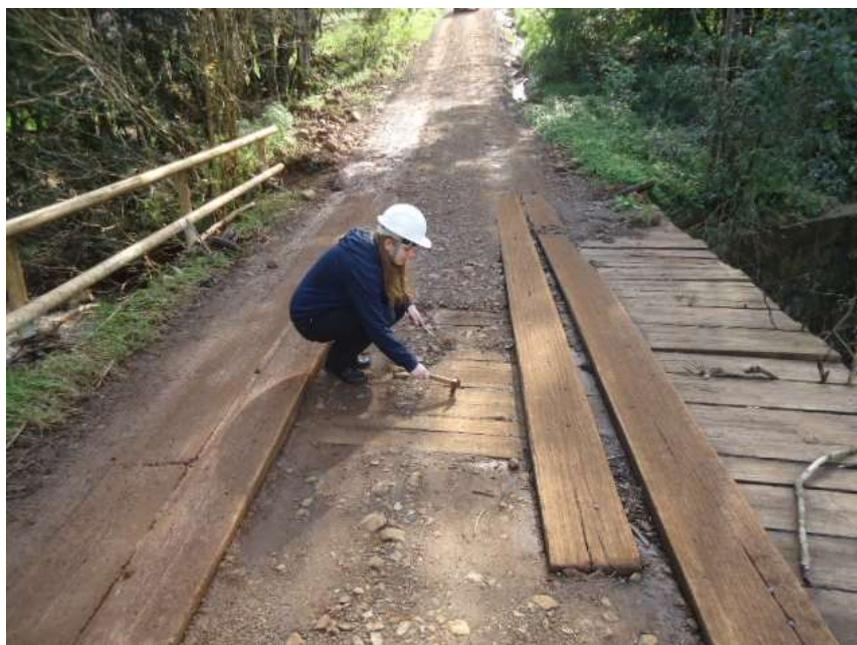
**Figura 38 – Peças Danificadas no rodeiro da Ponte P002**

Fonte: Autoria Própria (2015).



**Figura 39 – Inspeção Visual da Ponte P002**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 40 – Técnica de percussão: interpretação sonora com martelo da Ponte P002**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 41 – Técnica de sondagem superficial da Ponte P001**

**Fonte: Aatoria Própria (2015).**

### 8.3 PONTE P003

A Ponte P003, assim chamada para facilitar a sua identificação e características, conforme consta no Apêndice C, está localizada na Linha São Domingos, no município de Cunha Porã – SC. Foi construída pela administração do município de Cunha Porã em 1968, na qual necessitou de diversas interferências até o momento. Sua superestrutura é executada em madeira e sua mesoestrutura em concreto armado. Possui 14,0 metros de extensão, com 5,00 metros de largura, sendo a largura da pista de 2,70 metros. A Figura 42 ilustra a ponte P003.

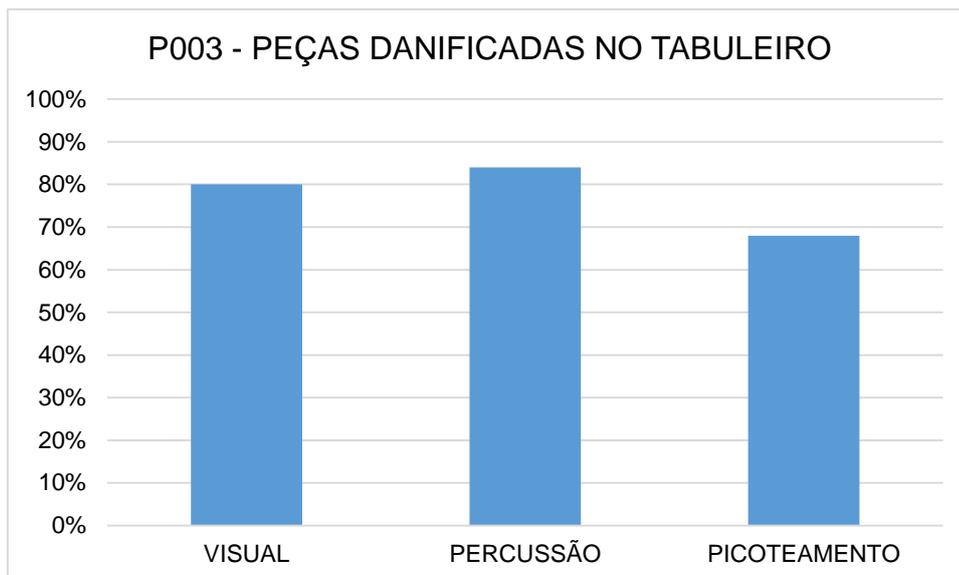


**Figura 42 – Ponte P003**

**Fonte: Aatoria Própria (2015).**

Conforme a aplicação das três técnicas selecionadas, foi possível realizar um levantamento das peças danificadas por cada um dos métodos. Sendo efetivado o estudo no tabuleiro da ponte e no rodeiro, fez-se a averiguação peça a peça, inspecionando-as ao longo do seu comprimento.

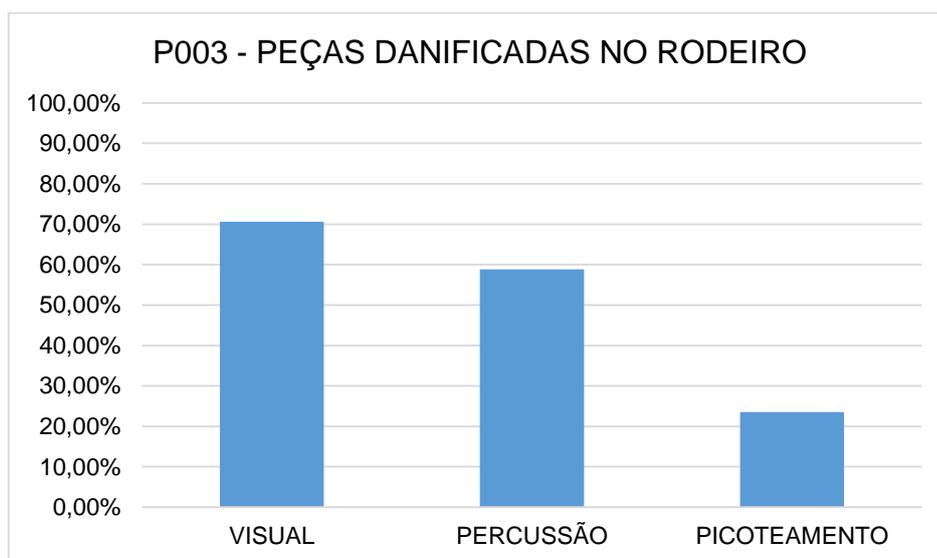
Com o emprego da técnica de inspeção visual (Figura 45) constatou-se que a ponte P003 tem 80% das suas peças danificadas no tabuleiro. Com a técnica de percussão: interpretação sonora com martelo constatou-se que 84% das peças do tabuleiro da ponte P003 estão danificadas. Já com a técnica de sondagem superficial (Figura 47) constatou-se que a ponte P003 tem 68% das suas peças danificadas no tabuleiro. Conforme exemplifica a Figura 43.



**Figura 43 – Peças Danificadas no Tabuleiro da Ponte P003**

Fonte: Autoria Própria (2015).

Na avaliação do rodeiro da ponte P003, constatou-se que com a técnica de inspeção visual 71% das suas peças estão danificadas. Com a técnica de percussão: interpretação sonora com martelo (Figura 46) constatou-se que 59% das peças estão danificadas. Já com a técnica de sondagem superficial constatou-se que a ponte P003 tem 24% das suas peças danificadas. Conforme exemplifica a Figura 44.



**Figura 44 – Peças Danificadas na rodeiro da Ponte P003**

Fonte: Autoria Própria (2015).



**Figura 45 – Inspeção Visual da Ponte P003**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 46 – Técnica de percussão: interpretação sonora com martelo da Ponte P003**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 47 – Técnica de sondagem superficial da Ponte P003**

**Fonte: Aatoria Própria (2015).**

#### 8.4 PONTE P004

A Ponte P004, assim denominada para facilitar a sua identificação e características, conforme consta no Apêndice D, está localizada na Linha São Domingos, no município de Cunha Porã – SC. Foi construída pela administração do município de Cunha Porã em 2007, passando apenas por uma reforma desde sua construção. Sua superestrutura é executada em madeira e sua mesoestrutura em pedra. Possui 10,0 metros de extensão, com 6,00 metros de largura, sendo a largura da pista de 2,70 metros. A Figura 48 ilustra a ponte P004.

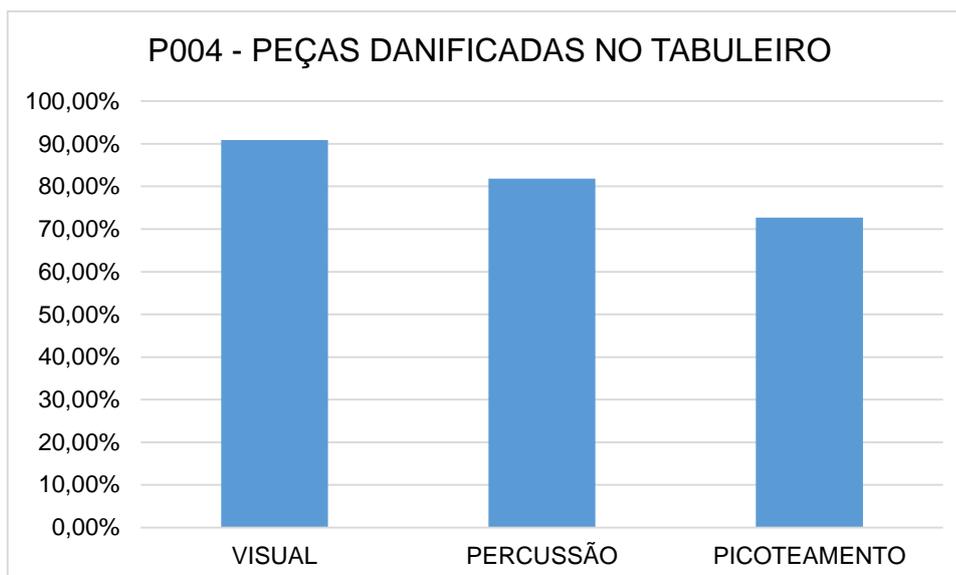


**Figura 48 – Ponte P004**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

Conforme a aplicação das três técnicas selecionadas, foi possível realizar um levantamento das peças danificadas por cada uma das técnicas. Sendo efetivado o estudo no tabuleiro da ponte e no rodeiro, na qual foi analisado peça a peça, inspecionando-as ao longo do seu comprimento.

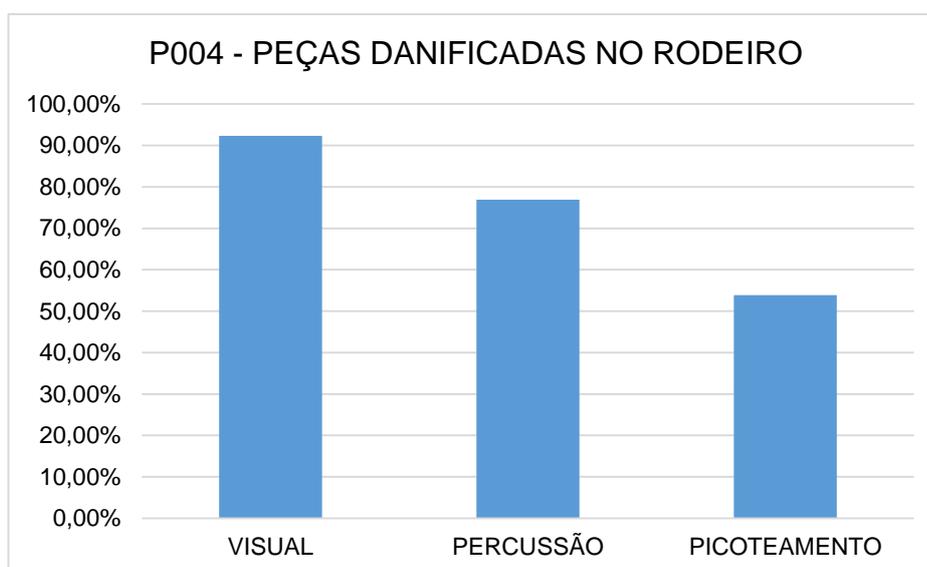
Com o emprego da técnica de inspeção visual constatou-se que a ponte P004 tem 91% das suas peças danificadas no tabuleiro. Com a técnica de percussão: interpretação sonora com martelo constatou-se que 82% das peças do tabuleiro da ponte P004 estão danificadas. Já com a técnica de sondagem superficial constatou-se que a ponte P004 tem 73% das suas peças danificadas no tabuleiro. Conforme exemplifica a Figura 49.



**Figura 49 – Peças Danificadas no Tabuleiro da Ponte P004**

Fonte: Autoria Própria (2015).

Na avaliação do rodeiro da ponte P004, constatou-se que com a técnica de inspeção visual (Figura 51) 93% das suas peças estão danificadas. Com a técnica de percussão: interpretação sonora com martelo (Figura 52) constatou-se que 77% das peças estão danificadas. Já com a técnica de sondagem superficial (Figura 53) constatou-se que a ponte P004 tem 54% das suas peças danificadas. Conforme exemplifica a Figura 50.



**Figura 50 – Peças Danificadas no rodeiro da Ponte P004**

Fonte: Autoria Própria (2015).



**Figura 51 – Inspeção Visual da Ponte P004**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 52– Técnica de percussão: interpretação sonora com martelo da Ponte P004**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 53 – Técnica de sondagem superficial da Ponte P004**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

## 8.5 PONTE P005

A Ponte P005, assim chamada para facilitar a sua identificação e características, conforme consta no Apêndice E, está localizada na Linha São Domingos, no município de Cunha Porã – SC. Foi construída pela administração do município de Cunha Porã em 1960, passando por várias reformas, a mais recente em 2014 com a recuperação de algumas peças do tabuleiro. Sua superestrutura é executada em madeira e sua mesoestrutura em concreto armado. Possui 12,5 metros de extensão, com 5,00 metros de largura, sendo a largura da pista de 3,00 metros. A Figura 54 ilustra a ponte P005.

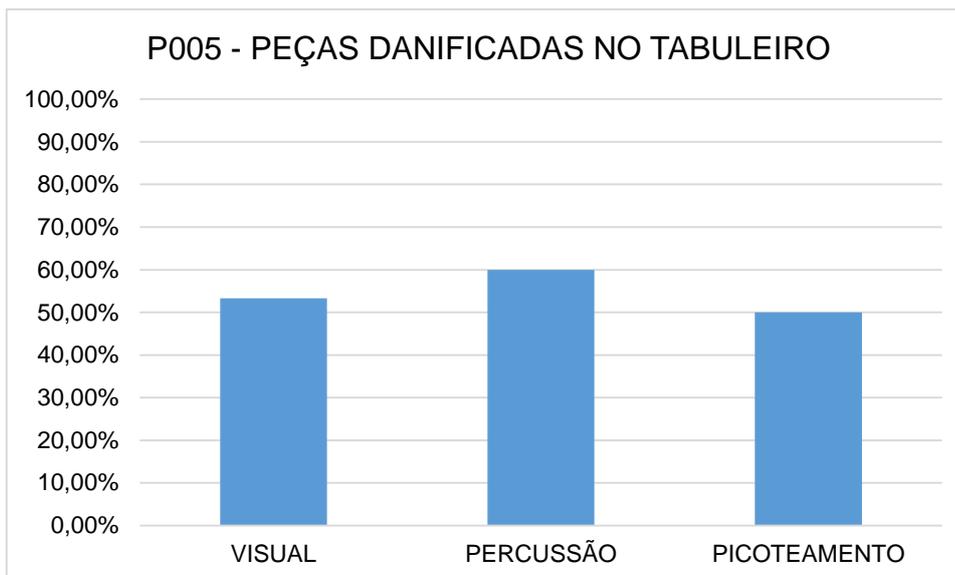


**Figura 54 – Ponte P005**

**Fonte: Aatoria Própria (2015).**

Conforme a aplicação das três técnicas selecionadas, foi possível realizar um levantamento das peças danificadas por cada uma das técnicas. Sendo efetivado o estudo no tabuleiro da ponte e no rodeiro, na qual foi analisado peça a peça, inspecionando-as ao longo do seu comprimento.

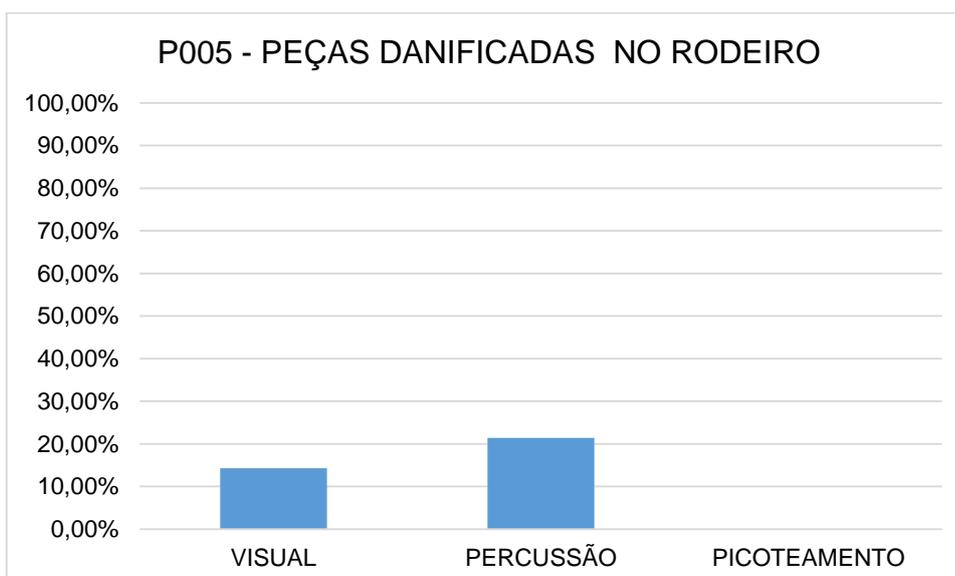
Com o emprego da técnica de inspeção visual (Figura 57) constatou-se que a ponte P005 tem 53% das suas peças danificadas no tabuleiro. Com a técnica de percussão: interpretação sonora com martelo constatou-se que 60% das peças do tabuleiro da ponte P005 estão danificadas. Já com a técnica de sondagem superficial (Figura 59) constatou-se que a ponte P005 tem 50% das suas peças danificadas no tabuleiro. Conforme exemplifica a Figura 55.



**Figura 55 – Peças Danificadas no Tabuleiro da Ponte P002**

Fonte: Autoria Própria (2015).

Na avaliação do rodeiro da ponte P005, constatou-se que com a técnica de inspeção visual 14% das suas peças estão danificadas. Com a técnica de percussão: interpretação sonora com martelo (Figura 58) constatou-se que 21% das peças estão danificadas. Já com a técnica de sondagem superficial não foi identificada nenhuma peça danificada. Conforme exemplifica a Figura 56.



**Figura 56 – Peças Danificadas na rodeiro da Ponte P002**

Fonte: Autoria Própria (2015).



**Figura 57 – Inspeção Visual da Ponte P005**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**



**Figura 58 – Técnica de percussão: interpretação sonora com martelo da Ponte P005**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**



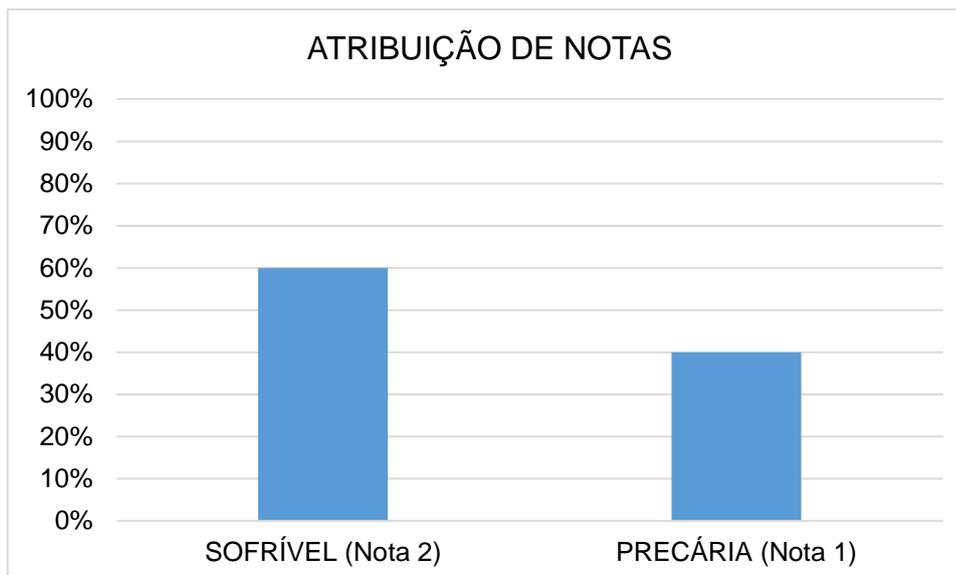
**Figura 59 – Técnica de sondagem superficial da Ponte P005**

**Fonte: Aatoria Própria (2015).**

## 8.6 DANOS NAS PONTES EM MADEIRA

Neste item são expostos os diversos danos avaliados nas pontes selecionadas para estudo do município de Cunha Porã – Santa Catarina. Na qual, apresentam diferentes riscos para cada estrutura em razão da gravidade dos danos.

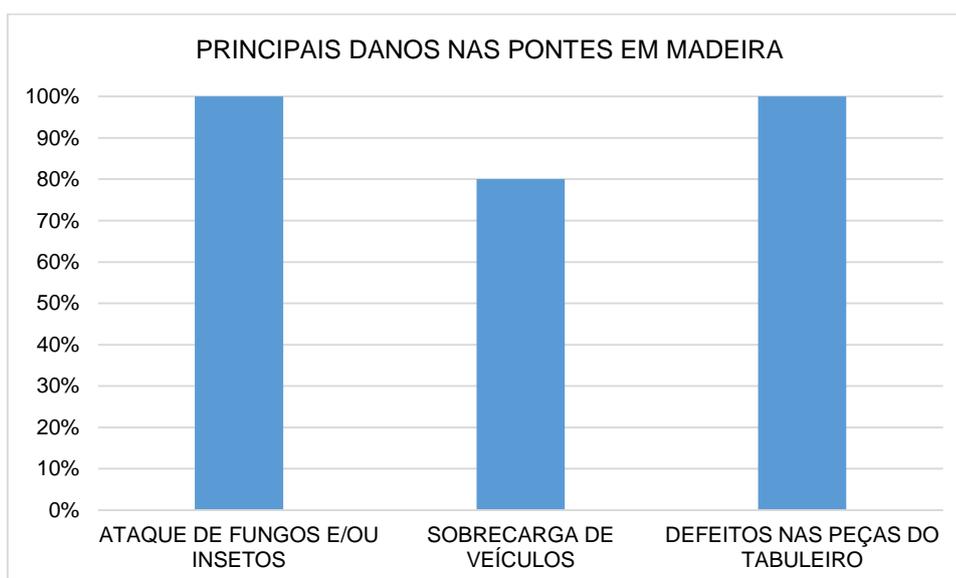
Averiguou-se que as pontes inspecionadas requerem melhorias urgentes, devido a 60% das pontes em madeira estarem em situação sofrível, obtendo Nota 2 conforme o Quadro 2. Além disso, cerca de 40% das pontes em madeira estarem em situação precária, obtendo Nota 1, conforme o Quadro 2. Conforme demonstra a Figura 60.



**Figura 60 – Atribuição de notas**

Fonte: Autoria Própria (2015).

Constatou-se que os principais danos identificados na inspeção das pontes em madeira do município foram todas as pontes com danos na madeira por ataques de fungos e/ou insetos, 80% das pontes com danos devido à sobrecarga de veículos e todas as pontes com defeitos nas peças de madeira do tabuleiro. Conforme apresentado na Figura 61.



**Figura 61 – Principais danos nas pontes em madeira**

Fonte: Autoria Própria (2015).

Na sequência estão ilustrados os principais danos encontrados nas pontes em madeira inspecionadas do município de Cunha Porã – SC.

Examinou-se na ponte P001 da Figura 62, que as tábuas que servem como a pista da ponte, denominadas “guias das rodas”, estão ligadas com pregos, onde acabaram se desprendendo, e pode-se danificar os pneus dos veículos. A razão pode ser vários fatores, como deslocamento por efeitos de fissuras ocasionadas pela secagem de madeira verde e apodrecimento (MILANI, 2010).



**Figura 62 – Pregos expostos**

**Fonte: Aatoria Própria (2015).**

A Figura 63, mostra a ponte P003, na qual constatou-se peças quebradas, devido a ataques por fungos e/ou insetos, efeitos da sobrecarga e fissuras.



**Figura 63 – Peças danificadas**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

Na ponte P004 da Figura 64, observou-se danos ocorridos pela sobrecarga de veículos, ligação das peças, fissuras, entre outros defeitos na madeira.



**Figura 64 – Peças danificadas pela sobrecarga**

**Fonte: Autoria Própria (2015).**

## 9. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo avaliar cinco pontes existentes no município de Cunha Porã, no estado de Santa Catarina, com a aplicação das técnicas mais viáveis, escolhidas após o estudo das técnicas de inspeção existentes, pretendendo identificar os danos mais frequentes e exibir algumas características das pontes estudadas, como: idade, dimensões, material, condições de estabilidade, localização, entre outros.

Nesse contexto, foi realizado um mapeamento das pontes que seriam analisadas, os dados foram coletados através da aplicação das três técnicas de inspeção escolhidas: inspeção visual, inspeção por percussão: interpretação sonora com martelo e inspeção por sondagem superficial, com o auxílio das fichas de inspeção elaboradas para a vistoria e pelo acervo fotográfico. As fichas técnicas foram fundamentadas nas Normas Técnicas 010/2004 PRO do DNIT e NBR 9452 (1986) da ABNT.

Os principais danos nas estruturas em madeira observadas pelas inspeções nas pontes do município foram: danos na madeira por ataque de fungos e/ou insetos, defeito nas peças de madeira do tabuleiro e danos devido à sobrecarga de veículos.

Motivou-se a escolha desse tema devido à importância que as pontes das estradas vicinais têm para o desenvolvimento regional. Acredita-se que por essas pontes serem consideradas como pontilhões pelos órgãos responsáveis, não se tem a preocupação com projetos de execução e nem com a contratação de mão-de-obra qualificada para a sua construção. Assim sendo, não há manutenção preventiva, deixando as pontes desamparadas, colocando em risco a segurança de todos os usuários.

Por fim, procurou-se com esse trabalho, dar conhecimento as autoridades, bem como a sociedade, para com os danos encontrados nas pontes, uma vez que as pontes bem preservadas propiciam segurança aos seus usuários e proporcionam o desenvolvimento da comunidade. Deixa-se como sugestão para trabalhos futuros, o estudo de manutenções preventivas e corretivas, o estudo para gerenciamento de pontes e estudos que colaboram com a análise dos danos realizado nesse trabalho.

## REFERÊNCIAS

ALJETS, D.; Chong, A.; Wilcox, S. **Acoustic Emission Source Location In Plate-Like Structures Using A Closely Arranged Triangular Sensor Array**. In: European Working Group On Acoustic Emission – Ewgae. Viena, Áustria. 9p. 2010. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-95XGPF/254.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 09 maio 2015.

ALVES, Rejane Costa. **Qualificação dos ensaios não destrutivos para estimar as características físico-mecânicas da madeira**. 2012. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/1355/browse?value=Rejane+Costa+Alves&type=author>>. Acesso em: 14 maio 2015.

ARRIAGA, F. (1986). **Consolidación de estructuras de madera mediante refuerzos embebidos em formulaciones epóxi**. Tesis (Doctoral), Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. Disponível em: <[http://oa.upm.es/4437/2/FRANCISCO\\_ARRIAGA\\_MARTITEGUI.pdf](http://oa.upm.es/4437/2/FRANCISCO_ARRIAGA_MARTITEGUI.pdf)>. Acesso em 09 abr. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9452/1986. Vistoria de pontes e viadutos de concreto.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção: novos materiais de construção**. 5. Ed. V. 2. Rio de Janeiro: LTC, 1994. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgWbgAG/materiais-construcao-bauer>>. Acesso 10 abr. 2015.

BONAMINI, G. (1995). **Restoring timber structures – Inspection and evaluation**. Università degli Studi di Firenze. In: Timber Engineering STEP 2 lecture D3, Design – Details and structural systems, Eurofortech. ISBN 90-5645-002-6. The Netherlands.

BRASHAW, B. K.; VATALARO, R.; WANG, X.; SARVELA, K. (2008). **Development of Flexural Vibration Inspection Techniques to Rapidly Assess the Structural Health of Rural Bridge Systems**. Natural Resources Research Institute University of Minnesota-Duluth. USD. FPL. CTS 08-22. Disponível em: <<http://www.its.umn.edu/Publications/ResearchReports/reportdetail.html?id=1692>>. Acesso em 20 abr. 2015.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (010/2004 – PRO). **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa/IPR. Disponível em: <[http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/normas/DNIT010\\_2004\\_PRO.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNIT010_2004_PRO.pdf)>. Acesso em 15 ago. 2015.

BRASIL. José Luis Mattos de Britto Pereira. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**. Manual de Inspeções. 2. ed. Rio de Janeiro: Dnit/engedur, 2004. 255 p. Disponível em: <[http://ipr.dnit.gov.br/publicacoes/709\\_Manual\\_de\\_Inspecao\\_de\\_Pontes\\_Rodoviariss.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/publicacoes/709_Manual_de_Inspecao_de_Pontes_Rodoviariss.pdf)>. Acesso em: 07 maio 2015.

BRITO, Leandro Dussarrat. **Recomendações para o projeto e construção de estruturas com peças roliças de madeira de reflorestamento**. 2010. 337 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-14072010-085613/pt-br.php>>. Acesso em: 24 fev. 2015.

BRITO, Leandro Dussarrat. **Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação**. 2014. 502 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-18122014-090958/pt-br.php>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

CALIL JÚNIOR, Carlito et al. **Manual de projeto e construção de pontes de madeira**. São Carlos: Fapesp, 2006. 166 p. Disponível em:

<<http://www.usp.br/agen/wp-content/uploads/Manual-de-Pontes-de-Madeira.pdf>>.

Acesso em: 18 dez. 2014.

CALIL JÚNIOR, C.; WACKER, J. P. (2002). **Prova de carga na ponte de madeira protendida de Laurel Run, USA**. VIII EBRAMEM, Uberlândia. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/artigos\\_tecnicos\\_download.php?num=1347&categoria=Pontes&subcategoria=Pontes&title=Prova%20de%20carga%20na%20ponte%20de%20madeira%20protendida%20de%20Laurel%20Run,%20USA](http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos_download.php?num=1347&categoria=Pontes&subcategoria=Pontes&title=Prova%20de%20carga%20na%20ponte%20de%20madeira%20protendida%20de%20Laurel%20Run,%20USA)>. Acesso em: 20 abr. 2015.

CALONEGO, Fred Willians et al. **Avaliação do Teor de Umidade da Madeira de *Eucalyptus Grandis* por Medidores Elétricos Resistivos**. Rev. Inst. Flor, São Paulo, v. 18, p.71-78, dez. 2006. Mensal. Disponível em: <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:o5QT7fo\\_nl4J:journaldata base.info/download/pdf/avaliacao\\_teor\\_umidade\\_madeira+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:o5QT7fo_nl4J:journaldata base.info/download/pdf/avaliacao_teor_umidade_madeira+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)>. Acesso em: 20 abr. 2015.

CARVALHO, Gilberto. **Aplicação da radiação gama na determinação de parâmetros físicos em madeiras**. 2013. 73 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Tecnologia Nuclear, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <[file:///C:/Users/Mayane Haack/SkyDrive/Engenharia Civil - UTFPR/TCC/Inspeções/2013CarvalhoAplicacao.pdf](file:///C:/Users/Mayane%20Haack/SkyDrive/Engenharia%20Civil%20-%20UTFPR/TCC/Inspe%C7%A7%C3%B5es/2013CarvalhoAplicacao.pdf)>. Acesso em: 13 mai. 2015.

DEUS, Enio Pontes de. **Análise do Processo de fraturamento em vigas de pontes de aço sob efeito de fadiga**. 1997. 263 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997. Disponível em:

<[http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1997DO\\_EnioPontesdeDeus.pdf](http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1997DO_EnioPontesdeDeus.pdf)>.

Acesso em: 5 maio 2015.

DENARDIN, Valdir F.; SULZBACH, Mayra T. **A Agropecuária no Oeste Catarinense - SC. É possível ser sustentável?** Rio de Janeiro, p.1-26. Disponível em: <[http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/v\\_en/Mesa4/5.pdf](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/v_en/Mesa4/5.pdf)>.

Acesso em: 30 out. 2015.

FENGEL, Dietrich; WEGENER, Gerd. **Wood: chemistry, ultrastructure, reactions**. Munchen: de Gruyter, 1989. 612 p. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=x1B4ulTKnt0C&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=x1B4ulTKnt0C&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

FERNÁNDES CÁNOVAS, M. **Patologia e terapia do concreto armado**. Tradução de M. Celeste Marcondes, Carlos Wagner Fernandes dos Santos, Beatriz Cannabrava. São Paulo: Pini, 1988. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books/about/Patologia\\_e\\_terapia\\_do\\_concreto\\_armado.html?hl=pt-BR&id=g\\_BKtwAACAAJ](https://books.google.com.br/books/about/Patologia_e_terapia_do_concreto_armado.html?hl=pt-BR&id=g_BKtwAACAAJ)>. Acesso em 10 maio 2015.

FIGUEROA, Manuel Jesús Manríquez. **Coeficientes de modificação das propriedades mecânicas da madeira devidos à temperatura**. 2012. 259 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Ppgec, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/100853/305591.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 abr. 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas 2002. Disponível em: <[https://professores.faccat.br/moodle/pluginfile.php/13410/mod\\_resource/content/1/como\\_elaborar\\_projeto\\_de\\_pesquisa\\_-\\_antonio\\_carlos\\_gil.pdf](https://professores.faccat.br/moodle/pluginfile.php/13410/mod_resource/content/1/como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf)>. Acesso em 14 jun. 2015.

GONZÁLEZ, G. Í. (2007). **Clasificación mediante técnicas no destructivas y evaluación de las propiedades mecánicas de la madera aserrada de conífera de gran escuadria para uso estructural**. Tesis (Doctoral) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Españã. Disponível em: <[http://oa.upm.es/415/1/FRANCISCO\\_INIGUEZ\\_GONZALEZ.pdf](http://oa.upm.es/415/1/FRANCISCO_INIGUEZ_GONZALEZ.pdf)>. Acesso em 20 abr. 2015.

GUTKOWSKI, R.M. et al. Investigation of notched composite wood-Concrete connections. **Journal of Structural Engineering**, New York, v.130, n.10, p.1553-1561, 2004. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9445%282004%29130%3A10%281553%29>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

HIGHLEY, T. L.; SCHEFFER, T. (1989). **Controlling decay in waterfront structures**. Evaluation, Prevention, and Remedial Treatments. United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. FPL-RP-494. Madison, WI, United States. Disponível em: <<http://www.fs.fed.us/eng/bridges/documents/tdbp/contdeca.pdf>>. Acesso em 01 abr. 2015.

JAMES, W. L. **Electric moisture meters for wood**. Madison: **United States Department of Agriculture - USDA**, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1988. 17 p. (USDA General Technical Report FPL-GTR, 6). Disponível em: <<http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr06.pdf>>. Acesso em 20 abr. 2015.

KLOSS, C. L. **Materiais para construção civil**. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 1991.

KOLLMANN, Franz F.p; CÔTÉ, Wilfred A.. **Principles of Wood Science and Technology: I Solid Wood**. Berlin: Springer-verlag, 1968. 592 p. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=SWbrCAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=SWbrCAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

MACHADO, A. de P. **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono**. São Paulo: Pini, 2002. Disponível em: <[http://site.abece.com.br/images/manual\\_viapol.pdf](http://site.abece.com.br/images/manual_viapol.pdf)>. Acesso 20 abr. 2015.

MACHADO, J. S.; DIAS, A; CUSTÓDIO, J.; PALMA, P. (2009). **Avaliação, Conservação e Reforço de Estruturas de Madeira**. 1ª edição, ISBN: 9789896420659. Editora Verlag Dashöfer. Portugal. Disponível em:

<[http://www.dashofer.pt/shop/product\\_list/avaliacao\\_conservacao\\_e\\_reforco\\_de\\_estruturas\\_de\\_madeira](http://www.dashofer.pt/shop/product_list/avaliacao_conservacao_e_reforco_de_estruturas_de_madeira)>. Acesso em 10 jun. 2015.

MALLAN, F.A. Eucalyptus improvement for lumber production. In: **Seminário Internacional De Utilização Da Madeira De Eucalipto 15 Para Serraria**, São Paulo, IPEF/IPT, Anais ..., São Paulo, IPEF/IPT, 05-06, abr., 1995. p.1-19.

MARTINS, Marcio. **Pontes Madeira do Mato Grosso do Sul – Estudo de Caso**. 2004. 137f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004. Disponível em: <[http://www.nepae.feis.unesp.br/Teses/dissertacoes/2004/dissertacao\\_marcio2004.pdf](http://www.nepae.feis.unesp.br/Teses/dissertacoes/2004/dissertacao_marcio2004.pdf)>. Acesso em: 28 out.2015.

MILANI, Cleovir José. **Subsídios para o diagnóstico das pontes do sistema viário do município de Pato Branco - Paraná**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Infraestrutura e Meio Ambiente, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010.

MORAES, Victor Marcuz de et al. **Aumento da capacidade de carga de pontes de madeira**. *Téchne*, Ilha Solteira, ed. 126, p.1-8, set. 2007. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/126/artigo285699-8.aspx>>. Acesso em: 19 out. 2015.

PELLERIN, R. F ; ROSS, J. R. (1994). **Nondestructive testing for assessing wood members in structures**. Gen. Tech Rep. FPL-GRT-70 USDA, Department of Agriculture, Forest Service, Madison, WI. Disponível em: <<http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr70.pdf>>. Acesso em 20 abr. 2015.

PELLERIN, R. F.; ROSS, J. (2002). **Nondestructive Evaluation of Wood**. *Forest Products Society*. Madison, WI, USA. Disponível em: <<http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr70.pdf?>>. Acesso em 10 abr. 2015.

PIGOZZO, J. C. **Estudos e aplicações de barras de aço coladas, como conectores em placas mistas de madeira e concreto para tabuleiros de pontes**. 358p. Tese

(Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo 2004. Disponível em: <[http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/2004DO\\_JulioCesarPigozzo.pdf](http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/2004DO_JulioCesarPigozzo.pdf)>. Acesso em 01 ago. 2015.

QUOIRIN, Nilton Sergio Ramos. **Diagnóstico de defeitos em madeira por tomografia de raios x**. 2004. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/dissertacao\\_nilton.pdf](http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/dissertacao_nilton.pdf)>. Acesso em: 25 jul. 2015.

RITTER, M, A.; MORRELL, J.J. (1990). **Timber Bridges: Design, Construction, Inspection, and Maintenance**. Chapter 13: Bridge Inspection for Decay and Other Deterioration. United States Department of Agriculture, USDA. Forest Service. United States. Disponível em: <[http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/misc/em7700\\_8\\_chapter13.pdf](http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/misc/em7700_8_chapter13.pdf)>. Acesso em 03 abr. 2015.

ROSS, R. J.; BRASHWA, B. K.; PELLERIN, R. F. – **Nondestructive Evaluation of Wood**. Forest Products Journal, Vol.48, n.1, p. 14-19, 1998.

SAMPAIO da COSTA, L. S. (2009). **Tipificação de soluções de reabilitação de pavimentos estruturais em madeira em edifícios antigos**. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto, Portugal. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~jmfaria/TesesOrientadas/MIEC/TIPIFISOLUCREABILPAMENTOS%20SMADEIRA.pdf>>. Acesso em 20 abr. 2015.

SORIANO, Julio; MASCIA, Nilson Tadeu. **Estruturas mistas em madeira-concreto: uma técnica racional para pontes de estradas vicinais**. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n. 4, 4 jul. 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-8478200900048&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-8478200900048&script=sci_arttext). Acesso em: 23 maio 2015.

SOUZA V. C. M de; RIPPER T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. Disponível em: <

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgL4kAA/patologia-recuperacao-reforco-estruturas-concreto-1>>. Acesso 21 abr. 2015.

STEINBERG, E. et al. **Connectors for timber–lightweight concrete composite structures. Journal of Structural Engineering.** Journal of Structural Engineering. New York, p. 1538-1545, 2003. Disponível em: <[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2003\)129:11\(1538\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9445(2003)129:11(1538))>. Acesso em: 10 jun. 2015.

TELES, Carlos Dion de Melo. **Estruturas de madeira: proposta de metodologia de inspeção e correlação da velocidade ultra-sônica com o dano por cupins.** 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Estruturas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/82370>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

VERÇOSA, E. J. **Patologia das edificações.** Porto Alegre: Sagra, 1991.

## APÊNDICE A – FICHA DE INSPEÇÃO DA PONTE P001

IDENTIFICAÇÃO	DATA: 16/07/2015
PONTE: P001	LOCALIDADE: LINHA BARRA GRANDE
CURSO D'ÁGUA: RIO BARRA GRANDE	ANO DA CONSTRUÇÃO: 1973
COORDENADAS	
Latitude: 26°56' 08,9" Sul	
Longitude: 53°08' 31,4" Oeste	
TIPO DE MATERIAL EMPREGADO	
Superestrutura: MADEIRA	
Mesoestrutura: PEDRA	
MODELO ESTRUTURAL: VIGAS	
ADMINISTRAÇÃO	
( ) DNIT ( ) DER ( ) CONCESSÃO ( X ) MUNICÍPIO DE CUNHA-PORÃ ( ) OUTROS	
Em caso de concessão ou outros: Nome: _____	
DIMENSÕES	
Extensão da ponte: 8,60 metros	
Largura da ponte: 5,50 metros	
Largura da pista: 2,80 metros	
CARACTERÍSTICAS DA PISTA	
Acostamento: ( ) SIM ( X ) NÃO	
Passeio: ( ) SIM ( X ) NÃO	
Guarda-Rodas: ( ) SIM ( X ) NÃO	
Guarda-Corpo: ( ) SIM ( X ) NÃO	
N de Faixas: ( ) SIM ( X ) NÃO	
Drenos: ( ) SIM ( X ) NÃO	
Sinalização Vertical: ( ) SIM ( X ) NÃO	
OBSERVAÇÕES GERAIS	
Condições de Estabilidade:	
( ) EXCELENTE ( ) BOA ( ) APARENTEMENTE BOA ( X ) SOFRÍVEL ( ) PRECÁRIA	
Ocorrência de Acidentes: ( ) SIM ( X ) NÃO	
Seção de Vazão Adequada: ( X ) SIM ( ) NÃO	
Necessária inspeção especializada: ( X ) SIM ( ) NÃO ( ) URGENTE	
OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:	

## APÊNDICE B – FICHA DE INSPEÇÃO DA PONTE P002

IDENTIFICAÇÃO	DATA: 16/07/2015
PONTE: P002	LOCALIDADE: LINHA BARRA GRANDE
CURSO D'ÁGUA: RIO BARRA GRANDE	ANO DA CONSTRUÇÃO: 1981
COORDENADAS	
Latitude: 26°58' 21,2" Sul	
Longitude: 53°07' 44,7" Oeste	
TIPO DE MATERIAL EMPREGADO	
Superestrutura: MADEIRA	
Mesoestrutura: PEDRA	
MODELO ESTRUTURAL: VIGAS	
ADMINISTRAÇÃO	
( ) DNIT ( ) DER ( ) CONCESSÃO (X) MUNICÍPIO DE CUNHA-PORÃ (X) OUTROS	
Em caso de concessão ou outros: Nome: MUNICÍPIO DE CUNHATAÍ	
DIMENSÕES	
Extensão da ponte: 7,50 metros	
Largura da ponte: 4,50 metros	
Largura da pista: 2,60 metros	
CARACTERÍSTICAS DA PISTA	
Acostamento: ( ) SIM (X) NÃO	
Passeio: ( ) SIM (X) NÃO	
Guarda-Rodas: ( ) SIM (X) NÃO	
Guarda-Corpo: ( ) SIM (X) NÃO	
N de Faixas: ( ) SIM (X) NÃO	
Drenos: ( ) SIM (X) NÃO	
Sinalização Vertical: ( ) SIM (X) NÃO	
OBSERVAÇÕES GERAIS	
Condições de Estabilidade:	
( ) EXCELENTE ( ) BOA ( ) APARENTEMENTE BOA (X) SOFRÍVEL ( ) PRECÁRIA	
Ocorrência de Acidentes: (X) SIM ( ) NÃO	
Seção de Vazão Adequada: (X) SIM ( ) NÃO	
Necessária inspeção especializada: (X) SIM ( ) NÃO ( ) URGENTE	
OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:	

### APÊNDICE C – FICHA DE INSPEÇÃO DA PONTE P003

IDENTIFICAÇÃO	DATA: 16/07/2015
PONTE: P003	LOCALIDADE: LINHA SÃO DOMINGOS
CURSO D'ÁGUA: RIO SÃO DOMINGOS	ANO DA CONSTRUÇÃO: 1966
COORDENADAS	
Latitude: 26°56' 10,5" Sul	
Longitude: 53°10' 56,4" Oeste	
TIPO DE MATERIAL EMPREGADO	
Superestrutura: MADEIRA	
Mesoestrutura: CONCRETO ARMADO	
MODELO ESTRUTURAL: VIGAS	
ADMINISTRAÇÃO	
( ) DNIT ( ) DER ( ) CONCESSÃO (X) MUNICÍPIO DE CUNHA-PORÃ ( ) OUTROS	
Em caso de concessão ou outros: Nome: _____	
DIMENSÕES	
Extensão da ponte: 14 metros	
Largura da ponte: 5 metros	
Largura da pista: 2,70 metros	
CARACTERÍSTICAS DA PISTA	
Acostamento: ( ) SIM (X) NÃO	
Passeio: ( ) SIM (X) NÃO	
Guarda-Rodas: (X) SIM ( ) NÃO	
Guarda-Corpo: ( ) SIM (X) NÃO	
N de Faixas: ( ) SIM (X) NÃO	
Drenos: ( ) SIM (X) NÃO	
Sinalização Vertical: ( ) SIM (X) NÃO	
OBSERVAÇÕES GERAIS	
Condições de Estabilidade:	
( ) EXCELENTE ( ) BOA ( ) APARENTEMENTE BOA ( ) SOFRÍVEL (X) PRECÁRIA	
Ocorrência de Acidentes: ( ) SIM (X) NÃO	
Seção de Vazão Adequada: (X) SIM ( ) NÃO	
Necessária inspeção especializada: ( ) SIM ( ) NÃO (X) URGENTE	
OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:	

## APÊNDICE D – FICHA DE INSPEÇÃO DA PONTE P004

IDENTIFICAÇÃO	DATA: 16/07/2015
PONTE: P004	LOCALIDADE: LINHA SÃO DOMINGOS
CURSO D'ÁGUA: RIO SÃO DOMINGOS	ANO DA CONSTRUÇÃO: 2007
COORDENADAS	
Latitude: 26°56' 49,7" Sul	
Longitude: 53°10' 26,9" Oeste	
TIPO DE MATERIAL EMPREGADO	
Superestrutura: MADEIRA	
Mesoestrutura: PEDRA	
MODELO ESTRUTURAL: VIGAS	
ADMINISTRAÇÃO	
( ) DNIT ( ) DER ( ) CONCESSÃO (X) MUNICÍPIO DE CUNHA-PORÃ ( ) OUTROS	
Em caso de concessão ou outros: Nome: _____	
DIMENSÕES	
Extensão da ponte: 10,0 metros	
Largura da ponte: 6,00 metros	
Largura da pista: 2,70 metros	
CARACTERÍSTICAS DA PISTA	
Acostamento:	( ) SIM (X) NÃO
Passeio:	( ) SIM (X) NÃO
Guarda-Rodas:	( ) SIM (X) NÃO
Guarda-Corpo:	( ) SIM (X) NÃO
N de Faixas:	( ) SIM (X) NÃO
Drenos:	( ) SIM (X) NÃO
Sinalização Vertical:	( ) SIM (X) NÃO
OBSERVAÇÕES GERAIS	
Condições de Estabilidade:	
( ) EXCELENTE ( ) BOA ( ) APARENTEMENTE BOA ( ) SOFRÍVEL (X) PRECÁRIA	
Ocorrência de Acidentes: ( ) SIM (X) NÃO	
Seção de Vazão Adequada: (X) SIM ( ) NÃO	
Necessária inspeção especializada: ( ) SIM ( ) NÃO (X) URGENTE	
OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:	

## APÊNDICE E – FICHA DE INSPEÇÃO DA PONTE P005

IDENTIFICAÇÃO	DATA: 16/07/2015
PONTE: P005	LOCALIDADE: LINHA SÃO DOMINGOS
CURSO D'ÁGUA: RIO SÃO DOMINGOS	ANO DA CONSTRUÇÃO: 1960
COORDENADAS	
Latitude: 26°56' 54,6" Sul	
Longitude: 53°10' 33,8" Oeste	
TIPO DE MATERIAL EMPREGADO	
Superestrutura: MADEIRA	
Mesoestrutura: CONCRETO ARMADO	
MODELO ESTRUTURAL: VIGAS	
ADMINISTRAÇÃO	
( ) DNIT ( ) DER ( ) CONCESSÃO (X) MUNICÍPIO DE CUNHA-PORÃ ( ) OUTROS	
Em caso de concessão ou outros: Nome: _____	
DIMENSÕES	
Extensão da ponte: 12 metros	
Largura da ponte: 5 metros	
Largura da pista: 3 metros	
CARACTERÍSTICAS DA PISTA	
Acostamento: ( ) SIM (X) NÃO	
Passeio: ( ) SIM (X) NÃO	
Guarda-Rodas: ( ) SIM (X) NÃO	
Guarda-Corpo: ( ) SIM (X) NÃO	
N de Faixas: ( ) SIM (X) NÃO	
Drenos: ( ) SIM (X) NÃO	
Sinalização Vertical: ( ) SIM (X) NÃO	
OBSERVAÇÕES GERAIS	
Condições de Estabilidade:	
( ) EXCELENTE ( ) BOA ( ) APARENTEMENTE BOA (X) SOFRÍVEL ( ) PRECÁRIA	
Ocorrência de Acidentes: ( ) SIM (X) NÃO	
Seção de Vazão Adequada: (X) SIM ( ) NÃO	
Necessária inspeção especializada: (X) SIM ( ) NÃO ( ) URGENTE	
OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:	

## APÊNDICE F - REGISTRO FOTOGRÁFICO DA PONTE P001

PONTE: P001	LOCALIDADE: LINHA BARRA GRANDE	DATA 16/07/2015
CURSO D'ÁGUA: RIO BARRA GRANDE		ANO: 1973
LATITUDE SUL:		
LONGITUDE OESTE:		
COMPRIMENTO: 8,60 m	LARGURA: 5,50 m	L. PISTA: 2,80 m
MATERIAL SUPERESTRUTURA: MADEIRA		
TIPOLOGIA DA ESTRUTURA: VIGAS		



## APÊNDICE G - REGISTRO FOTOGRÁFICO DA PONTE P002

PONTE: P002	LOCALIDADE: LINHA BARRA GRANDE	DATA 16/07/2015
CURSO D'ÁGUA: RIO BARRA GRANDE		ANO: 1981
LATITUDE SUL:		
LONGITUDE OESTE:		
COMPRIMENTO: 7,50 m	LARGURA: 4,50 m	L. PISTA: 2,60 m
MATERIAL SUPERESTRUTURA: MADEIRA		
TIPOLOGIA DA ESTRUTURA: VIGAS		



## APÊNDICE H - REGISTRO FOTOGRÁFICO DA PONTE P003

PONTE: P003	LOCALIDADE: LINHA SÃO DOMINGOS	DATA 16/07/2015
CURSO D'ÁGUA: RIO SÃO DOMINGOS		ANO: 1968
LATITUDE SUL: LONGITUDE OESTE:		
COMPRIMENTO: 14 m	LARGURA: 5m	L. PISTA: 2,70 m
MATERIAL SUPERESTRUTURA: MADEIRA		
TIPOLOGIA DA ESTRUTURA: VIGAS		



## APÊNDICE I - REGISTRO FOTOGRÁFICO DA PONTE P004

PONTE: P004	LOCALIDADE: LINHA SÃO DOMINGOS	DATA 16/07/2015
CURSO D'ÁGUA: RIO SÃO DOMINGOS		ANO: 2007
LATITUDE SUL: LONGITUDE OESTE:		
COMPRIMENTO: 10,0 m	LARGURA: 6 m	L. PISTA: 2,70 m
MATERIAL SUPERESTRUTURA: MADEIRA		
TIPOLOGIA DA ESTRUTURA: VIGAS		



## APÊNDICE J – REGISTRO FOTOGRÁFICO DA PONTE P005

PONTE: P005	LOCALIDADE: LINHA SÃO DOMINGOS	DATA 16/07/2015
CURSO D'ÁGUA: RIO SÃO DOMINGOS		ANO: 1960
LATITUDE SUL: LONGITUDE OESTE:		
COMPRIMENTO: 12,5 m	LARGURA: 5 m	L. PISTA: 3 m
MATERIAL SUPERESTRUTURA: MADEIRA		
TIPOLOGIA DA ESTRUTURA: VIGAS		



