

# INSPEÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO:

## Estudo de caso na ponte sobre Rio Verde Km 254,5 BR-491

Luis Marcos Ferrari David<sup>1\*</sup>

Láisa Cristina Carvalho<sup>2\*</sup>

### RESUMO

Este estudo apresenta os tipos de patologias que ocorrem em Obras de Artes Especiais também conhecido pela abreviatura de OAEs e em específico pontes de concreto armado, sendo a investigação e ou inspeção de patologias uma das áreas da construção civil de suma importância com objetivo principal de manter o desempenho, qualidade e a longevidade da estrutura. As estruturas de concreto armado apresentam diversos tipos de patologias com origens e causas diversificadas, como por exemplo erros de dimensionamento (projeto), execução e erro ou falta das devidas manutenções. O propósito deste trabalho é apresentar o estudo de caso de uma ponte no município de Varginha-MG, as diversas patologias, suas origens, a periodicidade das manutenções e as classificações das OAEs de acordo com a gravidade das patologias para que assim seja possível que os profissionais envolvidos possam tomar as medidas necessárias para os reparos dos elementos que possuem essas patologias.

**Palavras-chave:** Patologias Concreto Armado. Pontes. Inspeção de OAEs.

## 1 INTRODUÇÃO

O que se pode observar em boa parte das obras da construção civil em concreto armado é a falta de manutenção, fiscalização e conservação. Na maioria dos casos, a falta de manutenção causa ou aumenta as patologias e a espera para se corrigir faz com que o custo em relação ao tempo aumente como uma curva exponencial.

---

<sup>1\*</sup>Luis Marcos Ferrari David, aluno do 10º período do curso de graduação em Engenharia Civil (Noturno) do Centro Universitário do Sul de Minas. E-mail. luis.david@alunos.unis.edu.br

<sup>2\*</sup>Prof. Me. Laisa Cristina Carvalho. Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Minas Gerais, mestre e doutoranda em Estruturas e Construção Civil pela Universidade Federal de São Carlos

Como exemplo da falta de manutenção preventiva em pontes e similares, o acidente ocorrido no viaduto na Marginal Pinheiros na cidade de São Paulo - SP, tendo desabado no dia 15/11/2018, devido aos colchões de neoprene que funcionam como amortecimento não suportarem a carga do tráfego. Se houvesse inspeções regulares para detectar que o amortecedor estaria colapsando, seguindo a periodicidade correta determinada normativamente referente às obras especiais (Pontes, Viadutos e Passarelas), o viaduto receberia a manutenção correta em tempo hábil para evitar esse grande ocorrido.

Além do fator agravante da falta de manutenção, as pontes, mais especificamente, são estruturas que muitas vezes permanecem em contato direto com a água em quase toda sua vida útil. Esse contato constante com a água ainda desenvolve as patologias originadas de agentes vivos que danificam a estrutura. Sendo assim este projeto tem a importância de demonstrar quais são os tipos de patologias que ocorrem em pontes de concreto.

A estrutura analisada neste estudo é a ponte sobre o Rio Verde localizada na BR 491 logo após o km 254,5 que liga os municípios de Varginha a Três Corações - Minas Gerais. O órgão responsável pela ponte além da fiscalização e manutenção atualmente é o DER/MG - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais que também está responsável pela duplicação da rodovia onde se encontra a ponte.

Em suma, este trabalho tem como objetivo realizar uma inspeção técnica na ponte sobre Rio Verde BR-491 para levantamento das deteriorações provenientes das manifestações patológicas, apresentando as causas destas deterioração, as normas vigentes, devidas avaliações e procedimento de inspeção.

Levantando esses dados é possível aplicar as devidas correções a tempo, antes que a estrutura entre em colapso e não tenha mais correção, sendo assim evitando a demolição e construção de uma nova estrutura, e principalmente zelar pela segurança dos usuários.

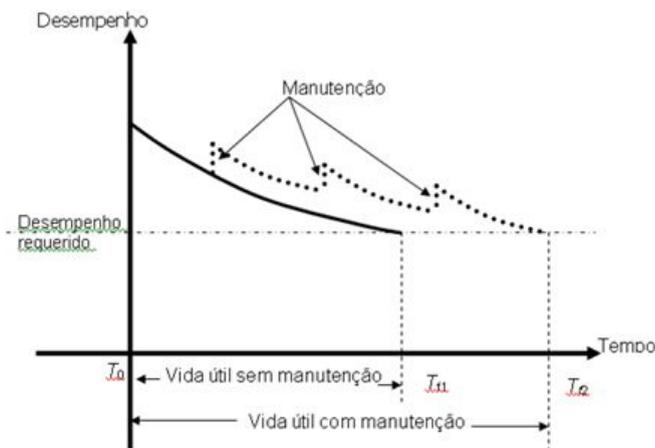
## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para se ter uma durabilidade e qualidade satisfatória em estruturas de concreto armado para diminuir os riscos de surgimento de trincas e alguns tipos de patologias é necessário efetuar um controle de qualidade antes, durante e depois da execução da obra, realizando ensaios

tecnológicos na fase de execução, no estado endurecido como resistência à compressão axial e compressão diametral e no estado fresco os ensaios de consistência e coesão. (MAZER 2012).

E a durabilidade só se concretizará caso as manutenções sejam cumpridas, essa eficácia é demonstrada na figura 01 abaixo. Com a realização da manutenção em uma periodicidade previamente determinada pelo engenheiro projetista, é possível prolongar a vida útil comparado com o desempenho da mesma caso não ocorresse a manutenção.

Figura 01 – Desempenho ao longo do tempo



Fonte: NBR 15575-1 (2013)

O exemplo de falta de manutenção trago para este trabalho conforme a norma e a figura acima se refere a uma fachada em argamassa pintada e projetada com vida útil de 25 anos, sendo determinada a manutenção a cada 5 anos, ou seja, refazer a pintura da fachada a cada 5 anos (ABNT NBR 15575-1:2013). Como é possível visualizar sem as manutenções a vida útil desta fachada quase cairia pela metade.

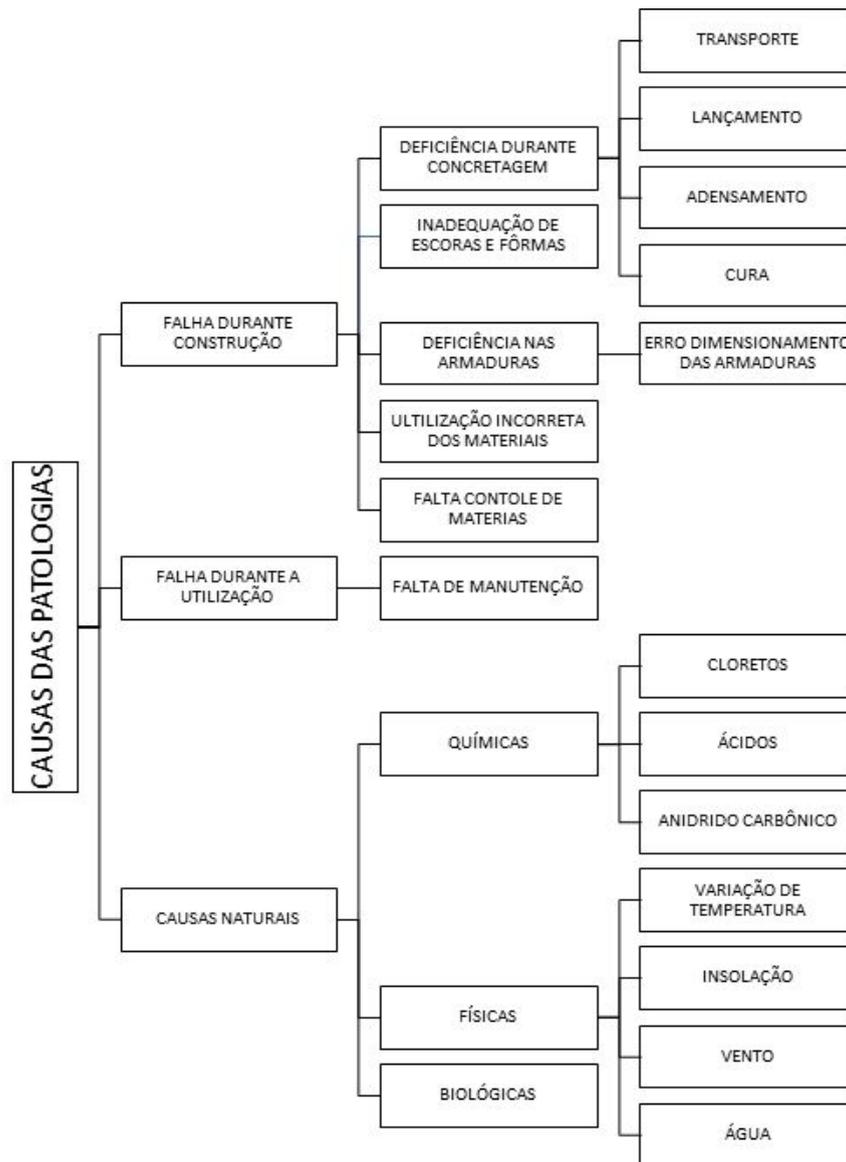
Cumprir a vida útil é essencial para qualquer construção, principalmente para pontes, onde caso venha a sofrer danos irreversíveis e desabar em plena utilização pela falta de manutenção, poderá causar perdas de vidas e custo financeiramente alto para a reconstrução. Conforme NBR 15575 a vida útil de um projeto estrutural em concreto armado em geral é de no mínimo de 50 anos, já a norma inglesa BS 7543 recomenda para obras de arte (OAEs) e edifícios públicos novos com vida útil mínima de 120 anos.

## 2.1 Patologia em concreto armado

Genericamente patologia das estruturas de acordo com Souza (1998 p.14), define-se como “estudo das origens, formas de manifestação, conseqüências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas”.

Conforme demonstrado no organograma 01 abaixo, as patologias no concreto podem ser causadas por diversos motivos, como por exemplo erros em projetos, em execução e falta de manutenção.

Organograma 01 – Causas das ocorrências das patologias.

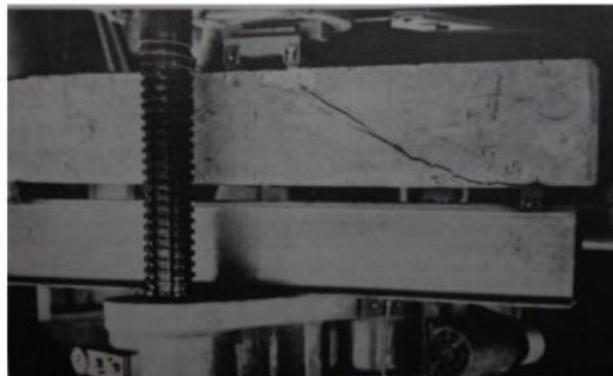


Fonte: SOUZA. 1998

Dentro das diversas classificações de patologias no concreto, têm-se as fissuras, que também possui sua subclassificação (cisalhamento, torção, vertical e esmagamento) e podem ser descoberta pela forma como se apresentam e se posicionam em um elemento estrutural, como largura, comprimento, ângulo e espaçamento entre fissuras, pode indicar qual elemento é o motivo de sua ocorrência.

De acordo com Trindade (2015 p. 79), a fissura por cisalhamento “ocorre com o surgimento de fissuras diagonais onde o esforço cortante é máximo. Ocorrem devido à falta de seção de concreto suficiente ou falta de armadura resistente ao cisalhamento”. Também é possível descobrir onde ocorrem esse tipo de fissuras, que surgem “onde a viga está apoiada, e terminam na região onde a carga está sendo aplicada”, como é possível visualizar na figura 02 abaixo:

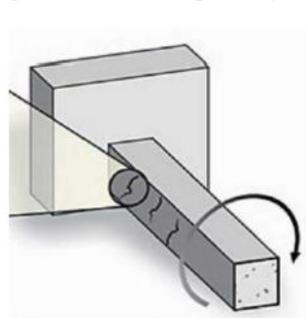
Figura 02 - Fissura por cisalhamento



Fonte: TRINDADE 2015

Segundo Marcelli (2007 p.105), a fissura por torção ocorre “quando uma peça de concreto está submetida a um esforço de rotação em relação a sua seção transversal, podemos dizer que ela está sofrendo uma torção”. As trincas possuem uma inclinação de 45°, conforme figura 03.

Figura 03 - Fissura por torção



Fonte: Marcelli 2007.

Normalmente a fissura por esmagamento ocorre em vigas com grande quantidade de aço com concreto de resistência inferior. (THOMAZ, 1989). E de acordo com Trindade (2015 p. 77) “fissuras localizadas na zona de compressão e paralelas ao eixo da viga, geralmente têm como causa o esmagamento do concreto”.

Já a causa da fissuração vertical logo próximo ao apoio deve-se a deformação excessiva do escoramento fazendo com que o concreto da viga é solicitado ao esforço da flexão por parte da carga referente a concretagem da laje na fase de construção. (THOMAZ).

Outra patologia é a corrosão, onde o concreto em si já se trata de um produto resistente à corrosão, mas também sofre quando recebe agentes agressores, mesmo sendo de ótima qualidade. Quando a qualidade do concreto diminui e fica muito poroso, ele se torna facilmente mais suscetível a ataques de agentes. (SOUZA, 1998).

De acordo com Souza (1998, p.72):

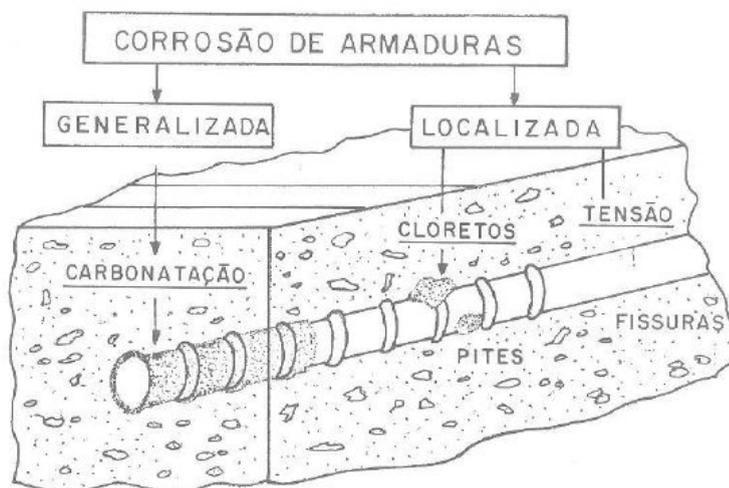
Quanto mais poroso o concreto, maior a intensidade da corrosão. A dissolução, o transporte e a deposição do hidróxido de cálcio  $\text{Ca(OH)}_2$  (com formação de estalactites e de estalagmites) dão lugar à decomposição de outros hidratos, com o conseqüente aumento da porosidade do concreto que, com o tempo, se desintegra.

Por esses motivos é necessário respeitar o traço determinado pelo engenheiro, vibrar e fazer o lançamento do concreto corretamente, sendo assim o concreto terá a resistência correta e um bom adensamento para assim diminuir a porosidade do concreto.

## **2.2 Patologia no Aço**

De acordo com Andrade (1992, p. 22) existem normalmente duas causas que degradam o aço no concreto armado, a primeira “a presença de uma quantidade suficiente de cloretos, adicionada durante o amassamento do concreto ou penetrada do exterior, ou outros íons despassivantes em contato com a armadura”, e a segunda “a diminuição da alcalinidade do concreto por reação com substâncias ácidas do meio”.

Figura 04 - Corrosão de Armadura



Fonte: Andrade 1992.

Conforme é possível visualizar na figura 04 existem duas classificações para corrosão da armadura, a generalizada e a localizada, os ions despассивantes geram a corrosão localizada, enquanto a diminuição do pH gera a corrosão tipo generalizado, afetando diretamente na resistência do aço (ANDRADE 1992).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Para cumprir os objetivos determinados nesta pesquisa, foi necessário inspecionar a estrutura seguindo as normas vigentes conforme demonstrado abaixo e assim fornecerão os resultados.

Como se trata de uma OAEs - Obras de Artes Especiais, ou seja, de uma ponte, o acesso para inspeção é aberto mas chegar em todos os elementos não se torna tão fácil, por conta da altura da ponte e de alguns elementos estarem em contato ou imersos a água do rio.

A ponte estudada conforme figura 05 encontra-se sobre o Rio Verde localizada na BR 491 que dá acesso a BR 381 teve sua execução realizada na década de 60 exatamente no ano de 1968, ou seja, com a vida útil atual de 52 anos.

Figura 05 – Vista Longitudinal da ponte



Fonte: Próprio Autor

### 3.1. Preparativos para as inspeções

Para se realizar uma inspeção é necessário levantar uma quantidade significativa de dados que é fornecida pela NBR 9452. Estes dados foram levantados para a realização da inspeção da ponte estudada. Além disso é também é necessário dispor de certas ferramentas , como: o relatório de campo (item 5.1) onde preenchido em campo, trena para medição da estrutura para realização de coqui, câmera fotográfica para registro das patologias e o que mais for conveniente para o levantamento, se acessível drone para mapeamento de áreas não alcançáveis, se for necessário realização de ensaios amostradores para coleta de amostra.

### 3.2 Procedimentos de inspeção

A NBR 9452 fornece modelo para inspeção rotineira em uma OAE, que foi realizado na inspeção da ponte deste projeto, conforme anexo III.

### 3.3 Relatório Fotográfico

Conforme NBR 9452 é especificado a quantidade mínima de 8 fotos para formalizar o relatório fotográfico da inspeção.

### 3.4 Croqui com localização das patologias

Após a realização do ensaio fotográfico e levantamento das patologias se faz necessário o desenvolvimento de croquis com mais detalhes possíveis, contendo seção longitudinal e seção transversal, para identificar e registrar a localização das patologias na estrutura estudada para que se possa ter uma visão global da estrutura na hora da análise dos resultados.

### 3.5 Análise dos dados

Após a realização da inspeção, ensaio fotográfico, desenvolvimentos dos croquis, identificação e a localização das patologias, é possível classificar o risco (classificação item 5.4) dessas patologias tomando-se como base as classificações das normas vigentes conforme anexo II juntamente com as classificações já realizadas em outras estruturas realizadas por outros engenheiros especializados neste assunto como parâmetro .

A metodologia para cálculo o grau de risco de risco foi adotada seguindo os parâmetros do autor VITÓRIO (2008) conforme tabelas 01, 02, 03 e 04 logo abaixo, já que como é possível visualizar no modelo de classificação do DNIT no anexo II o mesmo é muito simplório, fazendo com que a avaliação fique mais tendenciosa dependendo de cada engenheiro que inspecionar, onde apenas um valor é dado para a inspeção.

Conforme tabela 01 tem se o fator de relevância onde avaliado cada elemento no desempenho estrutural da ponte.

Tabela 01 - Fator de relevância

<b>Fator de relevância (FR)</b>	<b>Descrição dos componentes</b>
5,00	Fundações, encontros, pilares, dentes Gerber.
2,50	Vigas principais, aparelhos de apoio, juntas de dilatação.
1,50	Lajes do tabuleiro, pavimento, cortinas, alas
0,75	Transversinas, lajes de transição.
0,25	Barreiras, guarda-rodas, instalações diversas

Fonte: Vitório 2008.

Conforme tabela 02 tem se o fator de intensidade que serve para classificar as deteriorações de cada elemento estrutural.

Tabela 02 - Fator de intensidade

<b>Fator de intensidade (FI)</b>	<b>Situação dos componentes</b>
1	Perfeitas condições, sem lesões estruturais.
2	Boas condições, lesões estruturais leves.
3	Razoáveis condições, lesões estruturais toleráveis com pequena perda de resistência.
4	Más condições, lesões graves, gerando significativa insuficiência estrutural.
5	Péssimas condições, lesões muito graves, gerando situação crítica com grande insuficiência estrutural.

Fonte: Vitório 2008.

Conforme tabela 03 tem se o fator agravante que serve para majorar o grau de risco dependendo uma determinada situação, como por exemplo este estudo onde a ponte tem a vida útil entre 45 e 55 anos.

Tabela 03 - Fator agravante

<b>Fator agravante (FA)</b>	<b>Situação específica da O.A.E.</b>
1,25	Erosão em fundações de pilares e encontros
1,20	Erosão em aterros de acesso
1,10	Seção de vazão insuficiente
1,20	Redução de seção de armaduras de pilares
1,00	Idade da obra até 25 anos
1,05	Idade da obra entre 25 e 35 anos
1,10	Idade da obra entre 35 e 45 anos
1,15	Idade da obra entre 45 e 55 anos
1,20	Idade da obra maior que 55 anos

Fonte: Vitório 2008.

Após o levantamento desses fatores é possível calcular o grau de risco final conforme fórmula abaixo e classificá-la conforme tabela 04, onde a fórmula consiste em o somatório das multiplicações dos fatores de relevância e o fatores de intensidade divididos por 10 e multiplicados pelo fator agravante.

$$GR_f = FA \left[ \frac{\sum (FR \times FI)}{10} \right]$$

Tabela 04 - Grau de risco

Grau de risco obtido ( $GR_f$ )	Classificação da O.A.E.
$GR_f \leq 1$	Sem problemas
$1 < GR_f \leq 2$	Baixo
$2 < GR_f \leq 3$	Médio
$3 < GR_f \leq 4$	Alto
$4 < GR_f \leq 5$	Crítico

Fonte: Vitório 2008.

## 4 RESULTADOS

### 4.1. Inspeção

Foi realizado relatório de inspeção seguindo a norma NBR 9452 contento todas as informações básicas sugeridas conforme quadro 01. Indo além da norma na inspeção foi possível levantar mais dados como comprimento total de 161,50 metros com largura de 10,00 metros sendo distribuídas em 2 (duas) pistas de rolamento simples de 4,15 metros 1 pista para cada sentido do tráfego, 2 (dois) passeios de 0,85 metros, com estrutura de concreto armado, não possui acostamento e nem parapeito.

As longarinas são vigas em concreto armado, hiperestática, separadas por juntas de apoio, essa junta separa a ponte em um vão de 71,50 metros e outro de 90 metros.

O tipo de apoio entre longarina e pilar que é uma articulação de concreto fixa que reduzida de seção da peça a articular; tem, usualmente tem 2 centímetros de altura chamada de freyssint. (DNIT 2004).

O tráfego sobre a ponte do rio verde se classifica como uma rodovia coletora, que tem como função proporcionar o tráfego da região e coletar para a rodovia arterial que é a BR 381 que também é conhecida como fernão dias.

Quadro 01 - Relatório de Inspeção

RELATORIO INSPEÇÃO			
INSPEÇÃO ANO:	2020	OAE Código:	01 - 2020
JURISDIÇÃO:	DEER/MG	DATA INSPEÇÃO:	10/03/2020

PARTE I - INFORMAÇÕES GERAIS					
<b>A - IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO</b>					
VISTORIADOR:	LUIS MARCOS FERRARI DAVID	CREA:	XX-XXX/D		
VIA OU MUNICÍPIO:	VARGINHA/MG	SENTIDO:	KM 254,5		
OBRA:	PONTE SOBRE RIO VERDE	LOCALIZAÇÃO:	21°36'41.68"S - 45°25'49.99"O		
<b>B - INSPEÇÃO</b>					
	INICIAL	X	ROTINEIRA		ESPECIAL
<b>C - GEOMETRIA</b>					
NUMERO DE VÃOS	7	COMPRIMENTO	161,50 m	LARGURA	10,00 m
<b>D - HISTÓRICO DAS INSPEÇÕES</b>					
INICIAL:	SEM REGISTRO		ULTIMA ROTINEIRA:	03/02/2012	
ESPECIAL:	SEM REGISTRO				
<b>E - DESCRIÇÃO DAS INTERVENÇÕES EXECUTADAS OU EM ANDAMENTO</b>					
REPAROS:	NENHUM REPARO EM ANDAMENTO				
ALARGAMENTO:	NENHUM ALARGAMENTO EM ANDAMENTO - PROEJTO FUTURO PARA DUPLICAÇÃO				
REFORÇOS:	NENHUM REFORÇO EM ANDAMENTO				
<b>PARTE II - REGISTRO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS</b>					
<b>A - ELEMENTOS ESTRUTURAIS</b>					
SUPERESTRUTURA:	LADO INFERIOR DA PONTE COM CARBONATAÇÃO E PARTE COM CORROÇÃO EXPONDO ARMADURA DA LAJE.				
MESOESTRUTURA:	ARMADURAS EXPOSTAS PILAR POR CONTA DE CORROSÃO DO CONCRETO				
INFRAESTRUTURA:	ARMADURA EXPOSTA BLOCO DE COROAMENTO POR CORROSÃO				
APARELHO DE APOIO:	SEM PATOLOGIAS - APENAS LODO, NECESSARIO LIMPEZA				
JUNTAS DE DILATAÇÃO:	JUNTAS DE DILATAÇÃO SE ENCOTRAM PAVIMENTAS - NECESSARIO DESOBSTRUÇÃO				
<b>B - ELEMENTOS DE PISTA OU FUNCIONAIS</b>					
PAVIMETO:	PAVIMENTOS COM ALGUMAS TRINCAS DE RETRAÇÃO				
ACOSTAMENTO E REFUGIO:	SEM ACOSTAMENTO				
DRENAGEM:	DRENOS COM LIXO, NECESSARIO LIMPEZA PARA DESOBSTRUÇÃO				
GUARDA CORPO:	GUARDA CORPO EM CONCRETO ARMADO COM ALTURA DE 40 CM				
BARREIRAS RIGIDAS:	PONTE NÃO POSSUI BARREIRAS RIGIDAS				
<b>C - OUTROS ELEMENTOS</b>					
TALUDES:	EM BOM ESTADO				
ILUMINAÇÃO:	PONTE NÃO POSSUI ILUMINAÇÃO				
SINALIZAÇÃO:	SINALIZAÇÃO EM ORDEM				
<b>D - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES</b>					
SEM INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES					
<b>E - RECOMENDAÇÕES DE TERAPIA</b>					
RECOMENDA-SE LIMPEZA GERAL DA PONTE E APLICAÇÃO DE PRODUTOS COMO SIKA MONOTOP 622 BR, SIKATOP 108 ARMATEC E SIKA FERROGAR 903 PARA TRATAMENTO DAS PATOLOGIAS ENCONTRADAS, MAIS INFORMAÇÕES SOBRE APLICAÇÃO DOS PRODUTOS VERIFICAR NO SITE DA FABRICANTE OU NO ITEM 5.4.1 DESTE ESTUDO.					

## 4.2. Relatório fotográfico

Relatório fotográfico realizado seguindo as orientações normativas, sendo levantado e apresentado o total de 10 fotografias conforme figura 06 e 07 logo abaixo;

Figura 06 - Relatório de Inspeção 01

RELATORIO FOTOGRÁFICO - N° 001	
	
<p>PATOLOGIA - CORROSÃO CONCRETO (ARM. EXPOSTA) LOCALIZAÇÃO - LONGARIA 6 LADO ESQUERDO</p>	<p>PATOLOGIA - CARBONATAÇÃO LOCALIZAÇÃO - LONGARINA 3 LADO DIREITO</p>
	
<p>PATOLOGIA - CORROSÃO CONCRETO (ARM. EXPOSTA) LOCALIZAÇÃO - LONGARINA 6 LADO DIREITO</p>	<p>PATOLOGIA - CORROSÃO CONCRETO (ARM. EXPOSTA) LOCALIZAÇÃO - PILAR 8</p>

Fonte: Próprio Autor

Figura 07 - Relatório de Inspeção 01

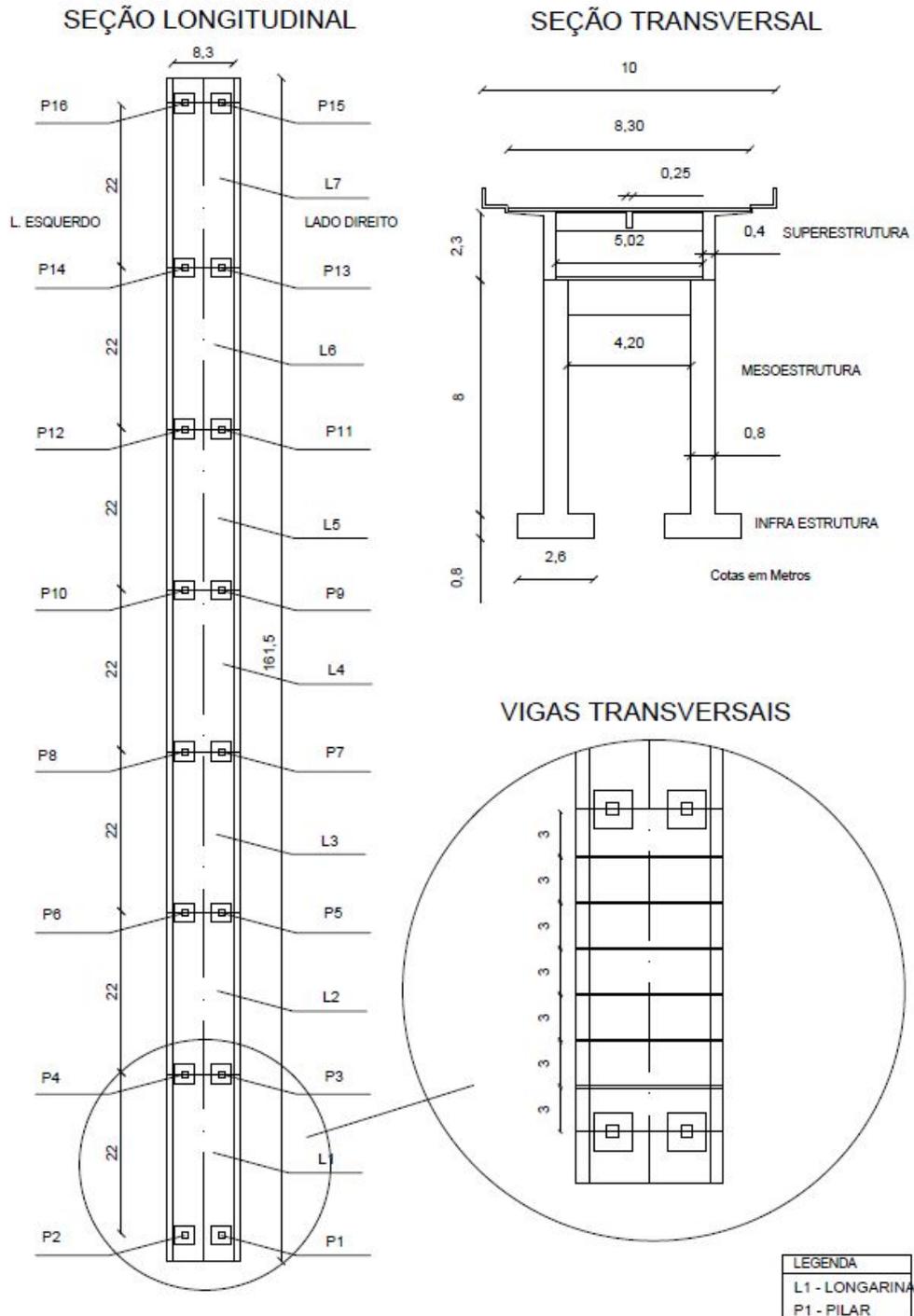
RELATORIO FOTOGRÁFICO - N° 002	
	
PATOLOGIA - CARBONATAÇÃO LOCALIZAÇÃO - INFERIOR DA SUPERESTRUTURA	PATOLOGIA - CORROSÃO CONCRETO (ARM. EXPOSTA) LOCALIZAÇÃO - PILAR 4
	
PATOLOGIA - CORROSÃO CONCRETO (ARM. EXPOSTA) LOCALIZAÇÃO - PILAR 5	PATOLOGIA - FISSURAÇÃO VERTICAL LOCALIZAÇÃO - LONGARINA N° 3 LADO ESQUERDO
	
PATOLOGIA - CORROSÃO CONCRETO (ARM. EXPOSTA) LOCALIZAÇÃO - LONGARINA N° 4 LADO DIREIRO	PATOLOGIA - CORROSÃO CONCRETO (ARM. EXPOSTA) LOCALIZAÇÃO - SAPATA DO PILAR 14

Fonte: Próprio Autor

### 4.3. Croqui

Conforme figura 08 o croqui elaborado contendo as seções longitudinais e transversais a ponte possui 16 pilares devidamente nomeados de seção transversal de 80x80cm com blocos de coroamento com seção transversal de 260x260cm e altura de 80cm. No final da ponte existem duas cortinas para conter os aterros de aproximação, estrutura da ponte está apoiada em rocha.

Figura 08 - Croqui



Fonte: Próprio Autor

#### 4.4. Classificação e avaliação da estrutura

Seguem abaixo os cálculos que foram realizados de acordo com as patologias encontradas e seguindo a metodologia de VITÓRIO (2008);

- Tabuleiro lado inferior patologia carbonatação

$$FR=1,5; FI=2 \Rightarrow (1,5 \times 2)/10 = 0,3$$

- Laje em balanço longarina número 6 lado esquerdo e direito patologia corrosão concreto expondo armadura

$$FR=1,5; FI=2 \Rightarrow (1,5 \times 2)/10 = 0,3$$

- Longarina 3 lado direito patologia carbonatação e lado esquerdo patologia fissuração vertical, Longarina 4 lado direito patologia corrosão concreto expondo armadura

$$FR=2,5; FI=2 \Rightarrow (2,5 \times 2)/10 = 0,5$$

- Base pilar 4, 5 8 patologia corrosão concreto expondo armadura

$$FR=5 FI=2 \Rightarrow (5 \times 2)/10 = 1$$

- Sapata pilar 14 patologia corrosão concreto expondo armadura

$$FR=5 FI=2 \Rightarrow (5 \times 2)/10 = 1$$

- Somatório e resultado final do grau de risco

$$FA=1,15 \Rightarrow 1,15 \times (0,3+0,3+0,5+1+1) = 3,56$$

Sendo assim a ponte se classifica como  $3 < GRf < 4$ , ou seja um alto grau de risco, mesmo com os elementos sendo classificados com o fator de intensidade como boas condições, globalmente ele se torna alto grau, devido a quantidade de patologias encontradas na estrutura, mas a avaliação normativa se dá a partir da classificação do DNIT conforme anexo II, e de acordo com essa classificação ela é classificada como 4 ou seja “há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural”. Concluindo então a avaliação, é recomendado pelo método de VITÓRIO (2008) que a manutenção deverá ser realizada o mais breve possível para evitar problemas futuros conforme orientação abaixo.

## 4.5. Tratamento da Estrutura

### 4.5.1 Tratamento das Armaduras Expostas

Primeiro passo para o tratamento das armaduras é a remover cuidadosamente o concreto afetado utilizando ponteiro, talhadeira e marreta, retirando assim todo o material solto, mal compactado e segregado até chegar no concreto são, concreto mais resistente.

Depois remover o concreto ao redor das barras, deixando pelo menos 0,5cm livres, limpar as armaduras retirando os produtos de corrosão, com lixa de ferro ou escovas de aços, removendo detritos com ar comprimido, em seguida, hidrojateamento cuidadoso de toda a superfície das armaduras.

Aplicar um produto como por exemplo o “SIKATOP 108 ARMATEC” na superfície da armadura. O produto é composto de dois componentes A (líquido) e B (pó). O componente B será adicionado ao componente A e homogeneizado com misturador mecânico de baixa rotação por 3 minutos ou manualmente por 5 minutos até obter uma pasta homogênea, isenta de grumos, de consistência plástica fluida. aplicar o produto com pincel ou trincha de cerdas médias até obter a espessura aproximada de 0,5mm. Aplicar uma segunda demão após duas horas até obter uma película de aproximadamente 1mm. As armaduras deverão ser revestidas em toda a superfície.

Se o grau de corrosão das armaduras atingir cerca de mais de 10% da sua área realizar a substituição da barra com o mesmo diâmetro.

A recuperação da estrutura deverá ser feita com aplicação de “SIKA MONOTOP 622 BR”. O produto deverá ser aplicado, no mínimo 24 horas e no máximo 72 horas, após a aplicação do produto anticorrosão. Adicionar o conteúdo da embalagem (pó) em um recipiente plástico ou metálico (não utilizar recipiente de madeira) adicionar água, misturando por três minutos com misturador mecânico de rotação lenta com hélice até o produto apresentar-se homogêneo e sem grumos. A superfície deverá ser umedecida até a saturação não apresentando poça de água. A aplicação do produto deverá ser feita com colher de pedreiro ou manualmente com luvas de borracha, até atingir a área externa da estrutura.

### 4.5.2 Proteção contra Corrosão

Toda a superfície da ponte deverá ser protegida contra a corrosão com a aplicação do inibidor de corrosão “SIKA FERROGAR 903”.

A superfície do concreto deverá estar limpa isenta de pó, sujeiras, graxas, óleo, pinturas, partículas soltas, etc. Para limpeza recomenda-se o hidrojateamento da superfícies.

Aguardar a secagem da superfície antes da aplicação do produto. Quanto mais seca melhor a eficiência da penetração. não aplicar em dias chuvosos. A temperatura ambiente e do substrato devem estar entre 5 e 40 graus centígrados.

A aplicação poderá ser feita com pincel, rolo de lã ou pistola pneumática de baixa pressão saturando a superfície com o “SIKA FERROGAR 903”.

O número de demão variam em torno de 3 a 5 vezes, o intervalo sendo de no mínimo de duas horas.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conforme estudo bibliográfico foi possível levantar as manifestações patológicas existentes na ponte sobre o rio verde no município de Varginha-MG e propor as cabíveis soluções conforme foi demonstrado, mas além da patologias como corrosão e carbonatação chega-se à conclusão que a ponte necessita de uma limpeza e manutenção em geral pois possui acúmulo de sujeira nos drenos, lodo e materiais orgânicos nos apoios, juntas de dilatação pavimentadas por recapeamento, entre outros, podendo agravar as patologias existentes.

Parte considerável das pontes apresenta manifestações patológicas por falta de manutenção consecutivamente por falta de inspeção, pois não tem como programar se para correção de um problema onde não se sabe de sua existência, afetando diretamente a segurança e funcionamento da estrutura.

É necessário manter ações de recuperação regularmente nestas pontes, para assim garantir a vida útil da estrutura. Principalmente por serem pontes construídas há um período maior que 50 anos que é o usual para as estruturas de concreto armado. Sendo assim a manutenção preventiva é uma ação obrigatória que deve ser realizada com regularidade conforme periodicidades normativas caso contrário a tendência é desenvolver as manifestações e, em caso extremo, a estrutura entrar em colapso.

## ABSTRACT

This study presents the types of pathologies resulting from special art works, also known by the abbreviation of OAEs and in specific reinforced concrete bridges, the investigation and / or inspection of pathologies being one of the most important areas of civil construction that has the main objective of maintain the performance, quality and longevity (useful life) of the structure. Reinforced concrete structures have different types of pathologies with diverse origins and causes, such as sizing errors (design), execution and errors or lack of proper maintenance. The purpose of this work is to present the case study of a bridge in the municipality of Varginha-MG, the different pathologies, their origins, the frequency of maintenance and the classification of OAEs according to the severity of the pathologies so that it is possible for the professionals involved can take the necessary measures to repair the elements that have these pathologies.

**Keywords:** Reinforced Concrete Pathologies. Bridges. Inspection of OAEs

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Carmem. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**. São Paulo: Pini, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Forças devidas ao vento em edificações** NBR-15575-1. Rio de Janeiro, 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto — Procedimento** NBR-9452. Rio de Janeiro, 2016.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **Guide to Durability of Buildings and Building Element**, Products and Components BS 7543. London, BSI, Mar. 1992.

DEER/MG. **Projeto final de engenharia rodoviária para restauração, aumento de capacidade e duplicação de rodovia**. Belo horizonte: Governo do Estado de Minas Gerais, 2013.

DNIT. **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido**. Norma 10/2004

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007.

MAZER, Wellington. **Inspeção e Ensaios em Estruturas de Concreto**. UTPR Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2012.

SOUZA, Vicente; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estrutura de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989.

THOMAS. C.S. Fissuração – **168 Casos Reais**. Instituto Militar de Engenharia. Disponível em <[http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/fissuracao/Coletanea\\_Fissuracao\\_Eduardo\\_Thomaz.pdf](http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/fissuracao/Coletanea_Fissuracao_Eduardo_Thomaz.pdf)>. Acesso dia 19/03/2020.

TRINDADE, Diego dos Santos. **Patologia em estrutura de concreto armado**, Santa Maria; UFMS, RS, 2015.

VITÓRIO, J. A. **Avaliação do grau de risco estrutural de pontes rodoviárias de concreto**. IBRACON, SETEMBRO DE 2008. Disponível em <[http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Avaliacao\\_Grau\\_Risco\\_Estrutural\\_Pontes\\_Rodoviaras\\_Concreto.pdf](http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Avaliacao_Grau_Risco_Estrutural_Pontes_Rodoviaras_Concreto.pdf)>. Acesso dia 11/04/2020.

## ANEXO I - INSPEÇÃO REALIZADA DEER

Relatório Padrão de Diagnóstico de Campo					
IDENTIFICAÇÃO: Ponte sobre o Rio Verde					
OBRA:	Ponte sobre o Rio Verde			RODOVIA:	BR-491
TRECHO:	BR-381 - Varginha			COORDENADAS:	21°36'42,95"S / 45°25'
DATA:	03/02/2012			VISTORIADOR:	José Maria C. Mac
OBJETIVO DA VISTORIA:					
CADASTRAMENTO	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAGNÓSTICO	<input type="checkbox"/>	RECUPERAÇÃO	<input type="checkbox"/>
				ALARGAMENTO	<input type="checkbox"/>
				REFORÇO	<input type="checkbox"/>
TIPO ESTRUTURAL:					
VIGAMENTO:	<input checked="" type="checkbox"/>	2 VIGAS PRINCIPAIS	<input type="checkbox"/>	GRELHA	<input type="checkbox"/>
				MONOCELULAR	<input type="checkbox"/>
				MULTI-CELULAR	<input type="checkbox"/>
MODELO ESTRUTURAL:	<input type="checkbox"/>	ISOSTÁTICA	<input checked="" type="checkbox"/>	CONTÍNUA	<input type="checkbox"/>
				APORTICADA	<input type="checkbox"/>
				VIGA GERBER	<input type="checkbox"/>
TIPO DE VIGAMENTO:	<input checked="" type="checkbox"/>	VIGA RETA	<input type="checkbox"/>	VIGA CURVA	<input type="checkbox"/>
				VIGA POLIGONAL	<input type="checkbox"/>
				ARCO	<input type="checkbox"/>
MATERIAL:	<input checked="" type="checkbox"/>	CONCRETO	<input type="checkbox"/>	AÇO	<input type="checkbox"/>
				MISTA	<input type="checkbox"/>
				MADEIRA	<input type="checkbox"/>
GEOMETRIA:					
NÚMERO DE VÃOS:	7		COMPRIMENTO:	161,50 m	LARGURA:
					10,00 m
ESTRADO:	<input checked="" type="checkbox"/>	ESTRADO SUPERIOR	<input type="checkbox"/>	ESTRADO INFERIOR	<input type="checkbox"/>
				ESTRADO INTERMEDIÁRIO	<input type="checkbox"/>
GEOMETRIA HORIZONTAL:	<input checked="" type="checkbox"/>	EM TANGENTE	<input type="checkbox"/>	CURVA - Ralo=	<input type="checkbox"/>
				ESCONSO - Ângulo =	<input type="checkbox"/>
GEOMETRIA VERTICAL:	<input checked="" type="checkbox"/>	EM NÍVEL	<input type="checkbox"/>	EM RAMPA	<input type="checkbox"/>
				EM CURVA VERTICAL	<input type="checkbox"/>
EXTREMIDADES:	<input checked="" type="checkbox"/>	EM BALANÇOS	<input type="checkbox"/>	APOIADA EM ENCONTROS	<input type="checkbox"/>
				TEM LAJE DE TRANSIÇÃO	<input type="checkbox"/>
EXAME DA PISTA DE ROLAMENTO E PAVIMENTO:					
LARG. UTIL DA PISTA:	8,30 m		Nº FAIXAS DE TRÁFEGO:	2	
					QUANTIDADE A SER EXECUTADA RECUPERADA
GUARDA-RODAS:	<input checked="" type="checkbox"/>	LATERAL	<input type="checkbox"/>	CENTRAL	<input type="checkbox"/>
				INEXISTENTES	<input type="checkbox"/>
PASSEIOS:	<input type="checkbox"/>	UNILATERAL	<input checked="" type="checkbox"/>	BI-LATERAL	<input type="checkbox"/>
				INEXISTENTES	<input type="checkbox"/>
DRENAGEM:	<input type="checkbox"/>	UNILATERAL	<input checked="" type="checkbox"/>	BI-LATERAL	<input type="checkbox"/>
				INEXISTENTE	<input type="checkbox"/>
PAVIMENTO:	<input type="checkbox"/>	CONCRETO	<input checked="" type="checkbox"/>	ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
				OUTRO	<input type="checkbox"/>
JUNTAS DE DILATAÇÃO:	<input type="checkbox"/>	ABERTAS	<input checked="" type="checkbox"/>	REVESTIDAS	<input type="checkbox"/>
				INEXISTENTE	<input type="checkbox"/>
CANTONEIRAS:	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	INEXISTENTE	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>
SINALIZAÇÃO:	<input checked="" type="checkbox"/>	EXISTENTE	<input type="checkbox"/>	INEXISTENTE	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>
PINGADEIRAS:	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	INEXISTENTE	<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>

EXAME DA LAJE:					PORCENTAGEM DA ÁREA DA LAJE QUE APRESENTA O PROBLEMA		
MATERIAL:	X	C. ARMADO		C. PROTEND.	MADEIRA		
FISSURAÇÃO:		NENHUMA	X	POUCA	EXCESSIVA		
FERRAGEM APARENTE:		NENHUMA	X	POUCA	EXCESSIVA	%	
BROCAS E NICHOS:	X	NENHUM		POUCO	EXCESSIVO	%	
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA:	X	NENHUMA		POUCA	EXCESSIVA	%	
DEFORMAÇÕES:	X	NENHUMA		POUCA	EXCESSIVA	%	
BURADOS:	X	NENHUM		POUCOS	VÁRIOS	%	
RECALQUE:	X	NENHUM		LOCALIZADO	EM GERAL		
TRINCA DE REGALQUE:	X	NENHUMA		LOCALIZADAS	EM GERAL	%	
EXAME DO VIGAMENTO:							
COMPR. DOS VÃOS:	VÃO 1:	22,00 m	VÃO 4:	22,00 m	VÃO 7:	22,00 m	VÃO 10:
	VÃO 2:	22,00 m	VÃO 5:	22,00 m	VÃO 8:		VÃO 11:
	VÃO 3:	25,50 m	VÃO 6:	22,00 m	VÃO 9:		VÃO 12:
COMPR. BALANÇOS:	MARGEM ESQUERDA:	2,00 m	MARGEM DIREITA:	2,00 m			
ALTURA DAS VIGAS:	NOS VÃOS:	2,30 m	NOS APOIOS:	2,30 m			
LARGURA DAS VIGAS :	NOS VÃOS:	0,38 m	NOS APOIOS:	0,80 m			
						QUANTIDADE DE PROBLEMAS ENCONTRADOS	
MATERIAL:	X	C. ARMADO		C. PROTEND.	METÁLICAS	MADEIRA	
FISSURAÇÃO:		NENHUMA	X	POUCA	EXCESSIVA		m2
FERRAGEM APARENTE:		NENHUMA	X	POUCA	EXCESSIVA		m2
BROCAS E NICHOS:		NENHUM	X	POUCO	EXCESSIVO		m2
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA:		NENHUMA	X	POUCA	EXCESSIVA		m2
DEFORMAÇÕES:	X	NENHUMA		POUCA	EXCESSIVA		
CONCRETO:	X	BOM		RUIM		VAR. APOIOS	
RECALQUE:	X	NENHUM		LOCALIZADO	1 APOIO		m2
TRINCAS DE RETRAÇÃO		NENHUMA		LOCALIZADA	X EM GERAL		m
TRINCAS RECALQUE:	X	NENHUMA		LOCALIZADAS	EM GERAL		m
TRINCAS CISALHAM.:	X	NENHUMA		1 APOIO	VAR. APOIOS		m
TRINCAS DE FLEXÃO:	X	NENHUMA		M. POSITIVO	M. NEGATIVOS	AMBOS	

EXAME DAS TRANSVERINAS:								
TRANSVERINAS DE APOIO:	ALTURA:	0,65 m	LARGURA:	0,25 m	LIGADAS À LAJE?	X	SIM	NÃO
TRANSVERINAS INTERMED.:	ALTURA:	0,50 m	LARGURA:	0,20 m	LIGADAS À LAJE?	X	SIM	NÃO
TRANSVERINAS EXTREMAS:	ALTURA:	2,30 m	LARGURA:	0,50 m	LIGADAS À LAJE?	X	SIM	NÃO
CORTINAS EXTREMAS:	ALTURA:	2,30 m	LARGURA:	0,50 m	LIGADAS À LAJE?	X	SIM	NÃO
								QUANTIDADE DE PROBLEMAS ENCONTRADOS
MATERIAL:	X	C. ARMADO		C. PROTEND.	METÁLICAS			
FISSURAÇÃO:	X	NENHUMA		POUCA	EXCESSIVA		m2	
FERRAGEM APARENTE:	X	NENHUMA	X	POUCA	EXCESSIVA		m2	
BROCAS E NICHOS:	X	NENHUM		POUCO	EXCESSIVO		m2	
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA:	X	NENHUMA		POUCA	EXCESSIVA		m2	
DEFORMAÇÕES:	X	NENHUMA		POUCA	EXCESSIVA			
CONCRETO:	X	BOM		RUIM				
TRINCAS DE RETRAÇÃO	X	NENHUMA		LOCALIZADA	EM GERAL		m2	
TRINCAS CISALHAM.:	X	NENHUMA		1 APOIO	VAR. APOIOS		m	
TRINCAS DE FLEXÃO:	X	NENHUMA		M. POSITIVO	M. NEGATIVOS	AMBOS	m	

## ANEXO II - CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE - DNIT 010/2014

NOTA	DANOS NO ELEMENTO / INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇÃO CORRETIVA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
5	Não há danos nem insuficiência estrutural	Nada a fazer.	Boa	Obra sem problemas
4	Há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural	Nada a fazer; apenas serviços de manutenção.	Boa	Obra sem problemas importantes
3	Há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra.	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática.	Boa aparentemente	Obra potencialmente problemática Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência estrutural.
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra deve ser feita no curto prazo.	Sofrível	Obra problemática Postergar demais a recuperação da obra pode levá-la a um estado crítico, implicando também sério comprometimento da vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias <sup>1</sup> são recomendáveis para monitorar os problemas.
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na ponte; o elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) - ou em alguns casos, substituição da obra - deve ser feita sem tardar.	Precária	Obra crítica Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações etc.

## ANEXO III - MODELO RELATÓRIO DE INSPEÇÃO NBR 9452

Inspeção rotineira (ano):	OAE Código:
Jurisdição (Orgão, Concessão ou outros):	Data da inspeção:
<b>PARTE I – Informações gerais</b>	
<b>A - Identificação e localização</b>	
Via ou município:	Sentido:
Obra:	Localização (km ou endereço):
<b>B - Histórico das inspeções</b>	
Inicial:	Última rotineira:
Especial:	
<b>C - Descrição das intervenções executadas ou em andamento</b>	
Reparos:	
Alargamento:	
Reforços:	
<b>PARTE II - Registro de manifestações patológicas</b>	
<b>A - Elementos estruturais</b>	
Superestrutura:	
Mesoestrutura:	
Infraestrutura:	
Aparelhos de apoio:	
Juntas de dilatação:	

Encontros:
Outros elementos:
<b>B - Elementos da pista ou funcionais</b>
Pavimento:
Acostamento e refúgio:
Drenagem:
Guarda-corpos:
Barreiras rígidas/Defensas metálicas:
<b>C - Outros elementos</b>
Taludes:
Iluminação:
Sinalização:
Gabaritos:
Proteção de pilares:
<b>D - informação complementares</b>
<b>E - Recomendações de terapia</b>