

## **Estudo comparativo da degradação de pontes de concreto armado e mistas no Brasil, em dois ambientes distintos**



**Antonio Edvar  
Andrade Filho<sup>1</sup>**



**Raimundo Pereira  
de Vasconcelos<sup>2</sup>**

### **RESUMO**

No presente trabalho são apresentadas as principais ocorrências patológicas em obras de arte rodoviárias nos Estados do Ceará e Amazonas (Brasil), visando comparar tais ocorrências em dois ambientes distintos. Deste modo, subsidiar os profissionais envolvidos com projetos de pontes e, também, contribuir com a prevenção de futuras manifestações patológicas. A necessidade deste estudo decorre do elevado número de ocorrências patológicas em obras rodoviárias no Brasil, que tem demandado um custo bastante significativo no que se refere à recuperação e/ou reforço desse tipo de estrutura. Foram vistoriadas setenta e quatro pontes pertencentes às rodovias CE-060, CE-292, CE-359 e CE-386, componentes da malha viária do Estado do Ceará, e AM-010, BR-319 e BR-174, componentes da malha viária do Estado do Amazonas. A metodologia adotada na pesquisa passou pelo levantamento de dados, compreensão, avaliação e comparação das patologias, suas manifestações e causas quando inseridas em dois meios ambientes. Foi contemplada, no desenvolvimento da pesquisa, a criação de um sistema computacional específico para gerenciar obras de arte rodoviárias. Constam, ainda, considerações técnicas para melhoria da qualidade de futuras obras do gênero, numa tentativa de contribuir com a segurança e funcionalidade das obras de arte no Brasil, ampliando a vida útil desse tipo de estrutura.

**Palavras-chave:** Patologia, ponte, construção civil.

1 - Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Engenharia Civil, Amazonas, Brasil. [edvar@tucana.com.br](mailto:edvar@tucana.com.br)

2 - Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Engenharia Civil, Amazonas, Brasil. [vasconcelos@ufam.edu.br](mailto:vasconcelos@ufam.edu.br)

## **1. INTRODUÇÃO**

O concreto é um dos materiais estruturais mais usados na construção civil. Desde sua invenção até os dias de hoje, diversos são os fins a que ele se destina, tais como estruturas armadas e protendidas, obras de arte e obras navais. Substituindo a madeira e a pedra, o concreto tem sido um valioso aliado dos técnicos envolvidos com arquitetura e engenharia.

Segundo Coutinho [1], após a segunda guerra mundial houve um grande avanço no desenvolvimento do concreto devido à necessidade de reconstruir os danos provocados por esta ao menor custo e no menor tempo. Porém, ao contrário do que se pode imaginar o concreto não é eterno. Como todo material, se bem conservado, tem uma elevada durabilidade. Segundo o comitê do ACI 201 (1989:77) [2], a durabilidade é a habilidade para resistir às ações de intempéries, ataques químicos, abrasão ou qualquer outro processo de deterioração, ou seja, um concreto durável manterá sua forma original, qualidade e funcionalidade, quando colocado em uso.

No Brasil, a grande maioria das obras rodoviárias é construída em concreto devido à versatilidade executiva e alto desempenho estrutural, aliados ao relativo baixo custo. Entretanto, apesar de ser um material nobre, o que se observam são obras de pouca idade apresentando manifestações patológicas. São exemplos fissuras, lixiviações, deformações excessivas, corrosões, lascamentos de concreto, ninhos de concretagem e até mesmo trechos de armaduras ativas expostas às intempéries.

Neste trabalho procura-se identificar e comparar as principais patologias que ocorrem ao longo da vida útil das pontes de concreto armado ou mistas de concreto e aço das rodovias dos Estados do Ceará e Amazonas, Brasil. Duas regiões distintas com suas peculiaridades e especificidades quanto ao clima em que estão inseridas as obras. O Estado do Ceará está localizado no nordeste do Brasil apresentando clima tropical e ambiente agressivo quando se trata de névoa salina ou cloretos em suspensão. Já o Estado do Amazonas está localizado na região norte com clima quente e úmido e águas ácidas na maioria dos rios. É fornecida uma visão geral das ocorrências patológicas, permitindo o acompanhamento de sua evolução ao longo da vida útil da obra.

Inicialmente os dados coletados se referem às obras viárias do tipo ponte situadas no interior do Estado do Ceará. As obras fazem parte das rodovias CE-060, CE-292, CE-359 e CE-386 que servem aos municípios de Chorozinho, Ibaretama, Quixadá, Quixeramobim, Senador Pompeu, Mombaça, Acopiara, Iguatu, Cariri, Assaré, Várzea Alegre, Farias Brito, Crato e Santana do Cariri.

A segunda fase de coleta de dados foi relativa às obras viárias situadas nas estradas do Estado do Amazonas, rodovias AM-010, BR-319 e BR-174, que servem, respectivamente, aos municípios de Rio Preto da Eva, Itacoatiara, Presidente Figueiredo e Careiro Castanho. A escolha dessas rodovias foi intencional, motivada apenas pela facilidade de deslocamentos através do Estado do Amazonas, onde a grande maioria dos transportes é por via fluvial.

Faz parte do corpo deste trabalho, ainda, o desenvolvimento de uma ferramenta computacional específica para definir, por prioridade, obras que deverão sofrer intervenções em função das patologias encontradas. As definições das prioridades são relativas às intervenções imediatas (curto prazo), médio prazo e longo prazo.

## **2. OBJETIVO DA PESQUISA**

Esta pesquisa teve por objetivo geral registrar e comparar as manifestações patológicas existentes em setenta e quatro pontes componentes das rodovias dos Estados do Ceará e Amazonas, disponibilizando ao meio técnico a problemática da deterioração de elementos de aço e concreto armado quando submetidas a dois meios ambientes diferentes. Isto é, o clima semi-árido da região nordeste e o clima úmido da região norte do Brasil e suas peculiaridades.

### 3. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Os problemas patológicos, salvo raras exceções, apresentam manifestações características a partir das quais se pode deduzir a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, assim como estimar suas prováveis conseqüências. Esses sintomas, também denominados de lesões, danos, defeitos ou manifestações patológicas, podem ser descritos, classificados e registrados, servindo de orientação para posteriores avaliações, a partir de minuciosas e experientes observações visuais.

A metodologia aplicada para desenvolvimento do estudo exige a definição de critérios de levantamento de dados relativos às obras, conforme descrita na NBR-9452 [3], compreendendo:

- localização da obra na rodovia;
- caracterização do sistema estrutural com elaboração de croqui;
- caracterização dimensional das principais peças estruturais componentes da obra, tais como: guarda-corpo e guarda-rodas, tabuleiro, sistema de drenagem, longarina (viga longitudinal), transversina (viga transversal), aparelho de apoio, encontro, pilar e fundação, quando possível;
- inspeção visual com preenchimento de fichas de cadastros patológicos das principais peças estruturais;
- falhas observadas / sintomas visuais; e
- cadastro da obra no Sistema de Monitoramento de Obras de Arte – SISMOD.

A etapa de levantamento das manifestações patológicas encontradas nas pontes vistoriadas contempla aquelas que ocorrem com maior freqüência. No [quadro 1] são mostradas as diversas formas de ocorrências patológicas, registradas no decorrer das vistorias e suas localizações. Convém aqui lembrar que a qualidade das obras tem influência nos tipos e quantidades de manifestações patológicas.

Quadro 1 – Tipologia das manifestações patológicas e suas localizações.

Manifestações Patológicas Encontradas										
Elemento Tipologia	Guarda-corpo	Guarda-rodas	Laje de transição	Laje de tabuleiro	Longarinas	Transversinas	Cortinas	Aparelhos de apoio	Pilares	Encontros
Ruina por impacto										
Corrosão de armadura										
Lixiviação										
Carbonatação										
Desaprumo										
Desalinhamento										
Vazios de concretagem										
Desnivelamento										
Trinca										
Fissura Longitudinal										
Fissura Transversal										
Inexistência de aparelho										
Esmagamento do concreto										
Erosão de fundação										
Erosão de encontro										
Entupimento de Dreno										
Empoçamento										
Posição inadequada										
Aparelho travado										
Ruptura										
Carreamento de aterro										

Considerou-se como manifestações patológicas toda e qualquer forma de dano causado à obra originado em nível de projeto, de qualidade dos materiais, de execução ou de uso e manutenção, a saber:

- ruínas por impacto: peça que sofreu qualquer tipo de impacto ou demolição acidental ou provocada por vandalismo;

*Estudo comparativo da degradação de pontes de concreto armado e mistas no Brasil, em dois ambientes distintos*

- corrosão de armaduras: peça que apresenta sintomas de corrosão das armaduras internamente ao concreto ou até mesmo com armaduras expostas;
- lixiviação: peça que apresenta percolação de água através do concreto já fissurado ou com elevada permeabilidade. A lixiviação se apresenta através da eflorescência dos compostos da pasta de cimento;
- carbonatação: a carbonatação, fenômeno natural das peças confeccionadas em concreto na presença do CO<sub>2</sub> da atmosfera, é considerada um fator agravante para o aparecimento de patologias mais severas;
- desaprumo: a peça se apresenta comprometida quanto a sua verticalidade;
- desalinhamento: a peça apresenta distorções ou descontinuidade de alinhamento construtivo;
- vazios de concretagem: a peça apresenta ninhos ou bexigas na seção do concreto devido à deficiência no adensamento ou por proporção inadequada de seus componentes;
- desnivelamento: a peça apresenta-se visivelmente fora de nível ou distorções em alturas;
- trincas, fissuras longitudinais ou fissuras transversais: a peça se apresenta com abertura suficiente para a penetração de agentes agressivos. Essa abertura tanto pode ter origem interna, como é o caso da expansão das armaduras corroídas, ou pode ser decorrente de deformações acentuadas nos elementos estruturais;
- inexistência de aparelho de apoio: a superestrutura é apoiada diretamente sobre os pilares;
- esmagamento do concreto: a peça se encontra em estado eminente de desmoronamento por não haver mais coesão com concreto endurecido;
- erosão de fundação: as fundações se apresentam expostas às intempéries devido ao carreamento de elementos de aterro;
- erosão dos encontros: os elementos que fazem a interface entre o curso do rio e o aterro já não tem capacidade de contê-los;
- entupimento de dreno: os dispositivos de vazão das águas provenientes das chuvas encontram-se obstruídos;
- empoçamento: quando há acúmulo de água proveniente das chuvas sobre a laje de tabuleiro;
- posição inadequada: a peça está visivelmente fora da posição ou foi executada em posição não correta;
- aparelho travado: ocorre no aparelho de apoio devido ao avançado estado de corrosão, quando se tratar de dispositivo metálico;
- ruptura: a peça encontra-se danificada;
- carreamento de aterro: o aterro nos encontros encontra-se em fase de desmoronamento provenientes de chuvas ou deficiências nos taludes.

Ao final das observações determinou-se subjetivamente o estado de conservação da obra. Esta afirmativa depende de quem está realizando o diagnóstico, porém, não deve diferir muito das opiniões dos membros que compõem a equipe técnica. São cinco itens que denotam o estado de conservação da obra quanto ao seu aspecto geral. Numa visão macro, apresentam-se as definições a seguir:

**Estado crítico.** Define-se estado crítico como sendo aquelas obras que já apresentam elevado risco de desabamento ou ruína, expondo seus usuários ao risco de sofrer acidentes graves. Pontes escoradas ou interditadas foram classificadas com sendo de estado crítico de conservação.

**Péssimo estado.** Obras consideradas em péssimo estado de conservação são aquelas que apresentam manifestações patológicas generalizadas, que necessitam sofrer intervenções imediatas, porém, sem apresentar risco eminente aos seus usuários;

**Estado regular de conservação.** Entende-se por obras em estado regular de conservação aquelas que apresentam patologias de média intensidade, mas que já requerem intervenções em curto prazo. Estas patologias devem ocorrer em peças de elevado grau de responsabilidade para a estabilidade da obra;

Bom estado de conservação. São obras que podem apresentar patologias em baixo nível de intensidade e que podem sofrer intervenções a médio ou longo prazo.

Ótimo estado de conservação. São obras que apresentam baixíssimas ou nenhuma ocorrência patológica. Estas obras, na maioria das vezes, são de pouca idade ou que já sofreram pequenas intervenções de manutenção.

Avaliando-se o grau de deterioração das obras, é possível definir um prazo para a realização de possíveis intervenções, tanto de recuperação como de reforços, ou até mesmo recomendar interdição ou demolição parcial ou total da obra. Optou-se por enquadrar as obras em 4 categorias, a saber:

- a obra necessita de intervenção imediata;
- a intervenção pode aguardar um pequeno período para acontecer, por exemplo, de 1 a 2 anos;
- a intervenção poderá se dar após 3 anos e antes de 9 anos;
- a intervenção ou uma nova vistoria poderá acontecer entre 10 e 20 anos.

#### **4. SISTEMA DE MONITORAMENTO DE OBRAS DE ARTE - SISMOD**

Na coleta de dados em campo, foram utilizados formulários específicos para identificação das obras e de suas peças estruturais assim como as manifestações patológicas, adotando-se pesos diferentes para cada tipo de manifestação patológica. Com esse procedimento objetivou-se reduzir o grau de subjetividade da avaliação no que tange a formatação de uma lista de obras prioritárias a sofrerem intervenções.

O Sistema de Monitoramento de Obras de Arte - SISMOD é um software computacional especialmente elaborado para monitoramento das manifestações patológicas que ocorrem nas obras rodoviárias. O sistema monitora e prioriza as obras mais degradadas numa escala decrescente de urgência de intervenção.

De fácil acessibilidade e interpretação, o SISMOD utiliza a linguagem HTML para elaboração de sua estrutura física e a linguagem JAVA para a sua estrutura lógica de processamento. Para cada patologia cadastrada, o SISMOD gerará automaticamente um “grau parcial” (GP) baseado no nível de importância do fenômeno e da peça que está comprometida. Manifestações patológicas mais severas em peças de maior responsabilidade na obra, isto é, aquelas que põem em maior risco a durabilidade e/ou a segurança da obra terão maior urgência sobre as demais e apresentarão um grau parcial maior. Ao final da análise, a obra passará a ter um “grau final” (GF), o qual define, quando comparada às demais obras, o nível de urgência para a intervenção. Isto é, uma obra com grau final maior tem prioridade de intervenção sobre as demais. Uma demonstração do sistema pode ser averiguada no seguinte endereço eletrônico: [www.tucana.com.br/mestrado.htm](http://www.tucana.com.br/mestrado.htm)

Na tela principal do sistema são encontrados os seguintes comandos:

- cadastro da obra e suas patologias, onde são registradas todas as informações relacionadas às características dimensionais e de concepção da ponte;
- pesquisar / alterar dados da ponte, opção utilizada para localizar ou alterar um ou mais dados da obra, bastando digitar o seu código;
- listagem de obras prioritárias, que possibilita obter uma lista por prioridade das obras que necessitam sofrer intervenções de qualquer natureza.

Os dados de cadastro e a localização da ponte, como nome do curso d'água, rodovia, número de vãos, comprimento e largura, devem ser digitados. Já as características da ponte e sua concepção estrutural devem ser escolhidas dentro das opções que são reveladas nas janelas. O tipo de estrutura adotada, o tipo de aparelho de apoio e as características do ambiente também compõem o sistema.

## *Estudo comparativo da degradação de pontes de concreto armado e mistas no Brasil, em dois ambientes distintos*

No caso de alteração de dados da ponte, o programa dispõe de recurso para atualização das informações.

Na opção de listagem das obras prioritárias, o sistema revela a listagem de obras cadastradas e suas respectivas classificações quanto à necessidade de intervenção.

### **5. DADOS COLETADOS NAS VISTORIAS**

Foram realizados levantamentos de dados em setenta e quatro pontes nos Estados do Ceará e no Estado do Amazonas. Essas informações receberam tratamento estatístico os quais deverão contribuir para subsídio técnico de futuras obras rodoviárias. A seguir, através de gráficos, são mostradas as principais manifestações patológicas e as peças estruturais onde as mesmas foram encontradas.

No Estado do Amazonas, conforme a 'fig.1', 13% das pontes apresentam problemas relacionados com corrosão de armaduras e vazios de concretagem, com maior incidência nos pilares, contra 9% das pontes localizadas no Estado do Ceará, decorrentes da má execução. A falta de vibração do concreto e/ou concretos com proporções de cimento e agregados não adequadas são comuns nessas obras.

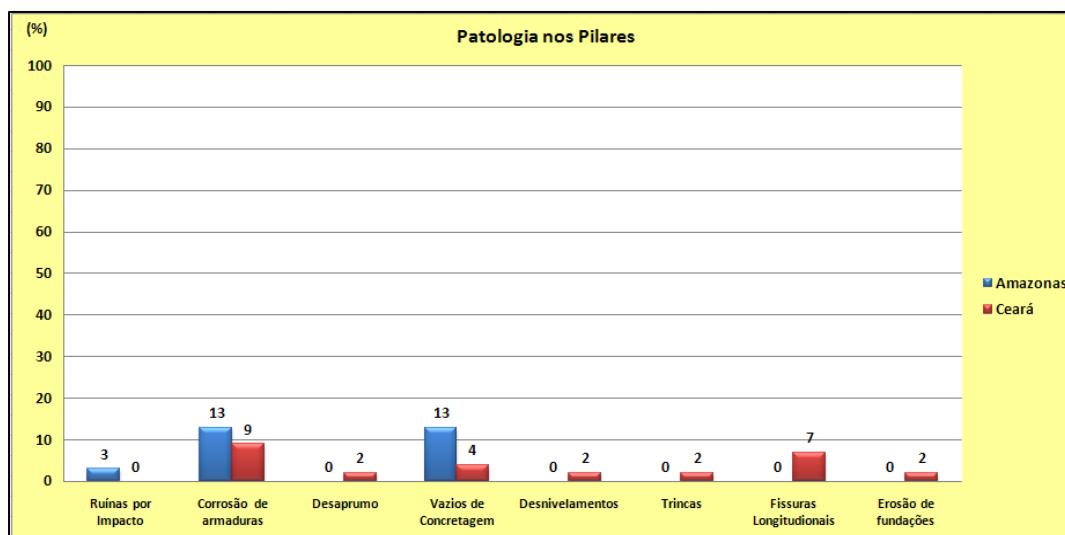


Figura 1. Manifestações patológicas mais frequentes nos pilares.

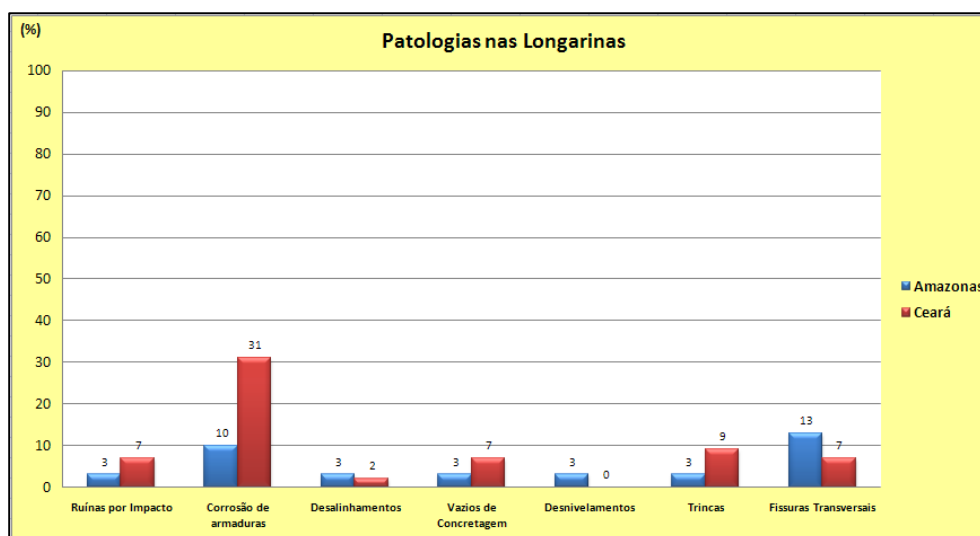


Figura 2. Manifestações patológicas encontradas nas longarinas.

Nas vigas principais das pontes, longarinas, pode-se observar que 31% das pontes localizadas no Estado do Ceará apresentam corrosão nas armaduras, enquanto as localizadas no Estado do Amazonas são 10%. Os percentuais de fissuras transversais nas longarinas são 13% e 7%, respectivamente nos Estados do Amazonas e Ceará. Nesses elementos, o cobrimento insuficiente da armadura e a alta taxa de aço contribuíram para presenças de vazios e de corrosão de armaduras. As fissuras apresentam aberturas mínimas nas extremidades e, no terço médio, variam de 0,2mm a 0,4mm, características do efeito de retração. É importante lembrar que a velocidade dos ventos no nordeste do Brasil e a elevada temperatura são fatores determinantes para o aparecimento de fissuras por retração. As informações são melhores esclarecidas na ‘fig. 2’.

Na ‘fig 3’, estão relacionadas às patologias encontradas nas transversinas. A corrosão é bastante acentuada nas pontes do Estado do Ceará, 24%, enquanto no Amazonas o valor é de 7%.

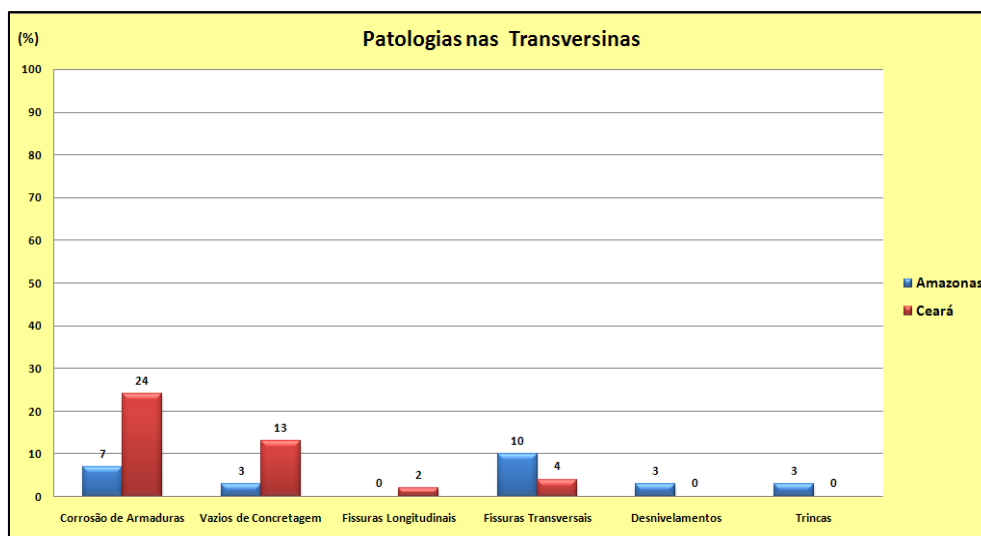


Figura 3. Manifestações patológicas encontradas nas transversinas.

As lajes de tabuleiro são as peças mais degradadas das pontes vistoriadas, em função do elevado número de patologias encontradas, conforme mostram os dados da ‘fig. 4’.

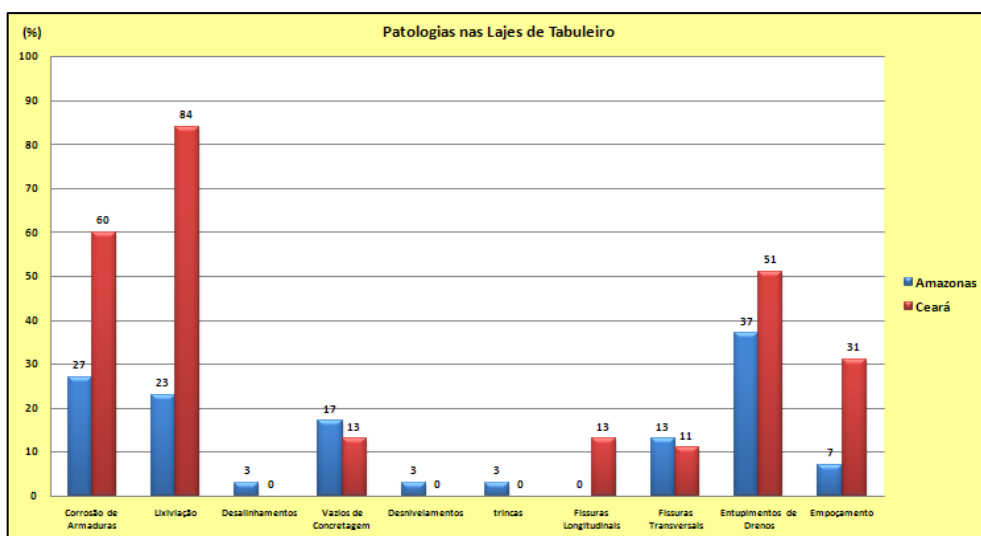


Figura 4. Manifestações patológicas encontradas nas lajes de tabuleiro.

*Estudo comparativo da degradação de pontes de concreto armado e mistas no Brasil, em dois ambientes distintos*

Vale aqui frisar que tanto no Ceará quanto no Amazonas as pontes apresentam corrosão em suas armaduras. No Estado do Ceará há um maior número de pontes com drenos entupidos por falta de manutenção preventiva, 51%, contra 37% no Amazonas. Essas obstruções conduzem ao acúmulo de água sobre o concreto, 31% para CE e 7% para AM, que por sua vez provoca o fenômeno conhecido por lixiviação, 84% para CE e 23% para AM. O acúmulo de água contribui para corrosão de armaduras em 60% das pontes vistoriadas no Estado do Ceará e 27% no Amazonas.

Considerando a urgência de intervenção e que a evolução das patologias permanecerá em ritmo crescente, têm-se as seguintes situações:

No Estado do Amazonas:

- 3% das obras devem receber intervenções em curtíssimo prazo, devido ao risco eminente de desabamento;
- 3% das obras necessitam de algum tipo de intervenções em médio prazo, isto é, entre 1 e 2 anos após essa vistoria;
- 33% das obras necessitam de alguma intervenção durante o período de 3 a 9 anos após essa vistoria;
- 60% das obras necessitam de algum tipo de intervenção em longo prazo. Nestes casos, sugere-se uma nova avaliação após 10 anos, pois praticamente não apresentam sintomas patológicos aparentes.

No Estado do Ceará:

- 7% das obras devem receber intervenções em curtíssimo prazo, devido ao risco eminente de desabamento;
- 4% das obras necessitam de algum tipo de intervenções em médio prazo, isto é, entre 1 e 2 anos após essa vistoria;
- 73% das obras necessitam de alguma intervenção durante o período de 3 a 9 anos após essa vistoria;
- 16% das obras necessitam de algum tipo de intervenção em longo prazo. Nestes casos, sugere-se uma nova avaliação após 10 anos, pois praticamente não apresentam sintomas patológicos aparentes.

A 'fig. 5' apresenta um resumo dos percentuais das obras vistoriadas nos Estados do Ceará e Amazonas, que necessitam sofrer intervenções em função do tempo de uso.

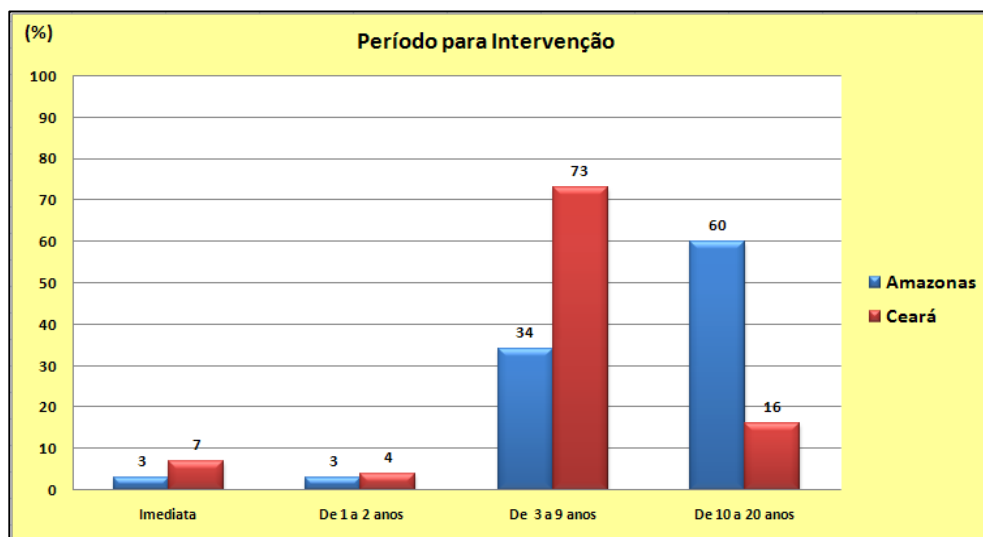


Figura 5. Percentual de obras que necessitam de intervenções.

Faz-se necessária, também, a avaliação do estado aparente da obra, pois uma simples patologia pode representar um alto risco para a ponte e seus usuários. Para se ter noção generalizada do estado de conservação das obras, ao final de cada levantamento, adota-se subjetivamente uma



determinada situação, estados crítico, péssimo, regular, bom e ótimo. A 'fig. 6' mostra o percentual de obras e seus respectivos estados de conservação.

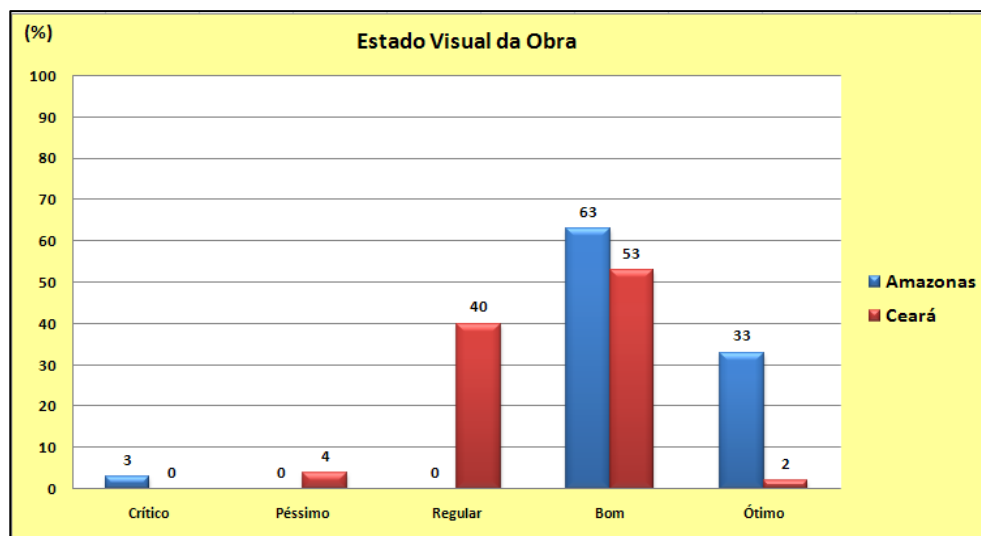


Figura 6. Situação das obras pesquisadas em seu estado visual.

## 6. CONCLUSÃO

O desenvolvimento da tecnologia do concreto armado e do concreto protendido no Brasil, aliado ao custo dos insumos que os compõem, justificam a continuidade do emprego desses materiais.

A preocupação com a durabilidade das obras de arte é a tônica de engenheiros e demais profissionais ligados ao tema patologia, visto que cada vez mais são projetadas obras de grandes dimensões e de arrojada arquitetura.

Os resultados da pesquisa indicam a necessidade de um melhor acompanhamento das obras rodoviárias, desde a fase de projeto até a fase de uso, pois ficou evidente que a maioria das manifestações patológicas encontradas nas pontes vistoriadas, nos Estados do Ceará e Amazonas, é de fácil identificação quanto à origem e causa. Como exemplos têm-se:

- na fase de projeto: posicionamento inadequado da obra com relação ao eixo do curso d'água e seus afluentes provocando desmoronamento do aterro na cabeceira da ponte;
- na fase de execução: não garantia do cobrimento das armaduras pela falta ou ineficiência de espaçadores de plástico ou de argamassa; baixa qualidade de alguns concretos, isto é, concretos bastante porosos e com vazios;
- na fase de uso: falta de controle de cargas nas estradas provocando deformações excessivas à obra, o que acarreta no aparecimento de trincas e fissuras. Essas fissuras são vias de acessos de agentes agressivos ao interior do concreto.

O estudo efetuado nessas obras de arte permite concluir os seguintes:

- o número de obras com problemas de corrosão no Estado do Ceará é o dobro das obras no Estado do Amazonas, cuja causa principal é a deficiência de cobrimento das armaduras;
- 84% das obras no Estado do Ceará apresentam lixiviação, apesar do índice pluviométrico ser menor do que o índice registrado no Amazonas, pela falta de manutenção preventiva nos drenos do tabuleiro;
- o índice de obras danificadas por abaloamentos no Amazonas é 8 vezes maior quando comparadas com o Estado do Ceará;
- 83% das obras no Amazonas apresentam desmoronamento de aterro devido a não execução de contenção em concreto ou alvenaria de pedra;

*Estudo comparativo da degradação de pontes de concreto armado e mistas no Brasil, em dois ambientes distintos*

- as obras que necessitam de intervenção imediata ou em curto prazo no Estado do Ceará são o dobro das obras no Amazonas, por serem mais antigas;
- mais de 90% das obras no Estado do Amazonas estão em bom ou ótimo estado de conservação, enquanto no Estado do Ceará 93% delas estão em estado regular ou bom;
- a baixa qualidade das obras averiguadas provém individualmente ou da soma dos seguintes fatores: materiais inadequados, técnica construtiva ineficiente e deficiência de fiscalização;
- algumas manifestações patológicas estão ligadas ao uso inadequado da obra, porém fica evidente que essas manifestações foram geradas em decorrência do avanço tecnológico dos transportes de cargas;
- a falta de controle tecnológico visando confirmar a qualidade dos materiais empregados na obra pode ser considerada fator limitador da vida útil da obra;
- por ser a obra de arte um produto manufaturado ou industrializado, recomenda-se a criação de um manual de utilização da obra, elaborado pelos profissionais envolvidos no projeto, desde sua concepção até o uso;
- a obra deverá ser acompanhada periodicamente para serem efetuadas manutenções preventivas e/ou corretivas, isto é, implantação de um sistema de gestão.

## **REFERENCIAS**

[1] COUTINHO, A. S. - Fabrico e propriedades do betão. 1973, Lisboa: LNEC.

[2] ACI Committee 210 - Erosion resistance of concrete in hydraulic structures, J. Amer Concr. Inst., 52, pp.259-71 nov. 1955.

[3] Associação Brasileira de Normas Técnicas/NBR-9452: vistoria em pontes e viadutos de concreto, 1986.13p.