



XIV Congresso Brasileiro  
de Pontes e Estruturas

## Sobre Métodos e Procedimentos de Auditoria Técnica do Processo de Gestão e de Verificação Estrutural de Obras de Arte Especiais Sob Concessão

Andrea Laurindvicius Ribeiro<sup>1</sup>, Filippo Chiariello<sup>2</sup>, Paolo Franchetti<sup>3</sup>, Michele Frizzarin<sup>4</sup>,  
Kauã Vasconcellos<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Ecorodovias SA / [andrea.ribeiro@ecorodovias.com.br](mailto:andrea.ribeiro@ecorodovias.com.br)

<sup>2</sup> Ecorodovias SA / [filippo.chiariello@ecorodovias.com.br](mailto:filippo.chiariello@ecorodovias.com.br)

<sup>3</sup> Grupo Franchetti / [paolo.franchetti@franchetti.tech](mailto:paolo.franchetti@franchetti.tech)

<sup>4</sup> Grupo Franchetti / [michele.frizzarin@franchetti.tech](mailto:michele.frizzarin@franchetti.tech)

<sup>5</sup> Grupo Franchetti / [kaua.vasconcellos@franchetti.tech](mailto:kaua.vasconcellos@franchetti.tech)

### Resumo

A EcoRodovias administra atualmente 10 concessões rodoviárias e, com mais de 4.700 km de rodovias e mais de 400 milhões de veículos por ano, é a segunda maior operadora de rodovias do Brasil. A EcoRodovias administra 1.483 obras de arte especiais (OAEs) incluindo a Ponte Rio-Niterói.

A partir de 2020, a EcoRodovias iniciou um processo virtuoso com o objetivo de aprimorar o processo de gestão das OAEs no tocante aos aspectos de segurança estrutural, indo além das meras obrigações contratuais. Este processo concretizou-se nas seguintes atividades, realizadas por uma entidade independente (Grupo Franchetti):

- Verificação estrutural de todas as OAEs, tanto com as cargas previstas pela norma como sob tráfego real. A atividade, realizada para cada OAE individualmente, utilizou os dados disponíveis relativos a geometrias, materiais, detalhes construtivos, mas também dados reais de tráfego e condições de degradação resultantes das inspeções, e permitiu calcular os níveis de segurança estrutural e destacar quaisquer questões críticas que foram em seguida gerenciadas pela Ecorodovias.
- Auditoria técnica independente das inspeções, dos planos de inspeção e dos planos de ações aprovados em orçamento. A atividade visou a análise da *compliance* das atividades de inspeção com a norma vigente e com as obrigações contratuais, e avaliou a adequação dos planos de inspeção e manutenção, examinando se foram adotadas todas as ações necessárias para garantir a segurança da infraestrutura.

Este artigo ilustra os procedimentos e metodologias adotados para a execução dessas atividades de auditoria independente e verificação estrutural, que têm permitido à Ecorodovias, por um lado, ter um controle muito preciso sobre as ações desenvolvidas, por outro, implementar todas as ações preventivas e corretivas necessárias para garantir um maior nível de segurança de suas OAEs.

### Palavras-chave

Gestão de ativos; Gestão de obras de arte estruturais; Inspeções visuais; Auditoria independente; Verificações estruturais.

### 1. Introdução

O rápido aumento das atividades socioeconômicas em muitas áreas urbanas modernas geralmente é acompanhado por um desenvolvimento interativo da rede de transporte rodoviário na forma de novas

construções de anéis viários, artérias radiais e outras melhorias para acomodar o aumento correspondente no fluxo de tráfego, particularmente decorrente da expansão das comunidades suburbanas. À medida que o processo de expansão avança e amadurece, no entanto, situações tornam-se mais comuns em que os gastos com rodovias públicas devem ser mais direcionados não apenas para a manutenção de rotina, mas também para a reabilitação do núcleo funcional ou fisicamente envelhecido existente da rede rodoviária da qual a expansão se originou. (Franchetti P. et al, 2008).

O mau funcionamento das estruturas civis muitas vezes tem consequências graves. O mais grave é um acidente envolvendo vítimas humanas. Mesmo quando não há perda de vidas, as populações sofrem se a infraestrutura estiver parcial ou totalmente fora de serviço.

As implicações de uma possível ruptura ou danos às obras presentes ao longo das rodovias podem ser resumidas em 4 aspectos principais:

1. Perda de vidas humanas: o risco de ruptura ou danos em pontes, viadutos, passarelas e túneis está intimamente relacionado com o risco de perda de vidas humanas sejam estas de usuários, operacionais ou quaisquer outros ocupantes adjacentes.
2. Perdas socioeconômicas: a interrupção do tráfego de veículos, tanto de carga quanto de passageiros, envolve, dependendo das características da malha, prejuízos mais ou menos extensos à economia ligada ao transporte rodoviário, como por exemplo interrupção de fornecimentos, danos às atividades produtivas, até o dano ao tecido social.
3. Eventos de desastre: as obras pertencentes às principais redes rodoviárias são consideradas Obras Estratégicas no caso de um evento calamitoso (inundações, deslizamentos de terra, etc.). Portanto, é fundamental que essas obras permaneçam operacionais mesmo após esse tipo de evento, de forma a permitir o transporte das equipes de resgate médico, o transporte dos acidentados para hospitais e a triagem das necessidades básicas. Um desmoronamento ou sérios danos a essas obras resultariam em fortes impedimentos às atividades de emergência, com consequências potencialmente muito graves.
4. Defesa militar: os dorsais e corredores principais também desempenham um papel central no possível funcionamento dos órgãos de defesa. No caso de mobilização do Exército, é necessário que as artérias principais estejam operacionais e adequadas para suportar cargas do tipo militar, de forma a permitir todas as operações necessárias.

As estruturas mais seguras e duráveis são aquelas bem geridas (Glišić, B. & Inaudi, D., 2007).

O gerenciamento bem-sucedido de ativos de infraestrutura, como pontes, requer informações confiáveis de saúde estrutural (SHI) sobre a condição real dessas estruturas. De fato, a condição dos ativos de infraestrutura deve ser avaliada regularmente para apoiar as decisões de manutenção (Honfi, D., Björnsson, I., Ivanov, O.L., 2020).

Assim, é fundamental que o gestor atue em simultâneo em duas vertentes:

- por um lado, deve manter de forma organizada e detalhada, com atualizações periódicas, todo o conjunto de informações relativas ao asset;
- por outro lado, necessita de processar a informação disponível, através de uma ferramenta eficaz de apoio à decisão.

Em primeiro lugar, inspeções de pontes abrangentes e frequentes devem ser realizadas regularmente (Xu, Yiye & Turkan, Yelda. (2019). Mas esta é apenas a primeira etapa de um processo que envolve conhecimento aprofundado das obras, avaliação da segurança estrutural e funcional, planejamento e execução de intervenções e monitoramento.

Neste artigo, após uma breve apresentação da Ecorodovias e do marco regulatório em que este trabalho se insere, as metodologias adotadas para as atividades de avaliação da segurança estrutural e de auditoria técnica independente são apresentadas. Essas atividades tiveram como objetivo avaliar se todas as medidas necessárias para garantir a segurança foram adotadas pelo gestor das rodovias.

Os capítulos finais resumem as vantagens e potencialidades da implementação constante deste processo virtuoso.

## 2. Ecorodovias

A EcoRodovias é uma empresa de infraestrutura focada na gestão e operação de concessões rodoviárias com sede na cidade de São Paulo. Atualmente, o Grupo EcoRodovias é uma das principais companhias de infraestrutura do Brasil e do mundo, com 24 concessões e 10 concessionárias de rodovias que totalizam mais de 5 600 quilômetros de extensão, sendo mais de 4 mil no Brasil.

A EcoRodovias administra 1.483 obras de arte especiais (OAEs), distribuídas nas 10 concessionárias, incluindo a Ponte Rio-Niterói:

1. Ecovias dos Imigrantes;
2. Ecopistas;
3. Ecosul;
4. Eco101;
5. Ecoponte;
6. Eco135;
7. Eco050;
8. Ecovias do Cerrado;
9. Ecovias do Araguaia;
10. EcoRioMinas.

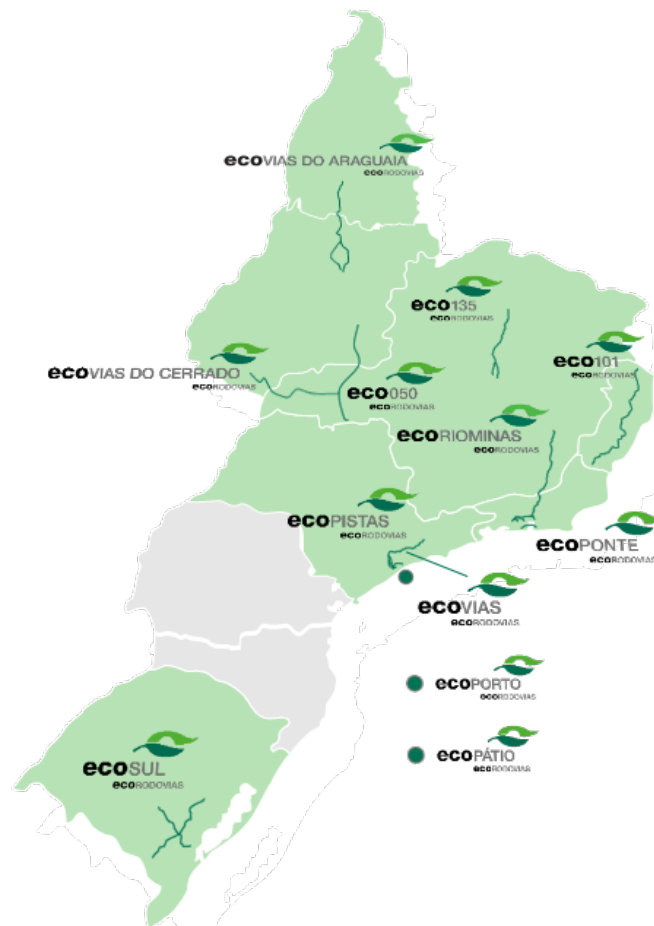


Figura 1 – Mapa das concessionárias de Ecorodovias.

## 3. Contexto normativo

No Brasil, os serviços de inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto devem seguir as diretrizes técnicas contidas na norma técnica da ABNT NBR 9452:2019, Norma técnica DNIT n°

010/2004 – PRO, especificação técnica da ARTESP nº ET-00-000.000-0-C21-002 e demais normas, especificações e documentos aplicáveis.

A NBR 9452: 2019 tem por objetivo apresentar conjunto de diretrizes e especificações para realização das atividades de inspeção a fim de preservar as condições estruturais, funcionais e de durabilidade das Obras de Artes Especiais (OAEs). Essa norma contribui para uma melhor análise dos dados e conseqüentemente proporciona melhores informações para as atividades de manutenção das Obras.

A Norma técnica DNIT nº 010/2004 – PRO também apresenta diretrizes e especificações para realização de inspeções de OAEs e os resultados das referidas inspeções.

A especificação técnica da ARTESP nº ET-00-000.000-0-C21-002 é um documento utilizado para estabelecer procedimento e garantir a manutenção e adequação da segurança e funcionalidade requeridas nas obras de Arte Especiais localizadas no estado de São Paulo. Esses procedimentos devem ser respeitados as normas vigentes da ABNT, tanto em inspeções de pontes e viadutos de concreto (NBR 9452), quanto nas intervenções com projetos e obras necessários para adequá-los aos níveis por elas exigidos.

Ao nível das verificações estruturais, a norma relativa às cargas de tráfego a aplicar em pontes sofreu alterações ao longo do tempo. De fato, desde 1987 a carga nominal passou de 36 toneladas (TB36) para 45 toneladas (TB45). Portanto, todas as pontes projetadas antes de 1987 foram dimensionadas com carga inferior ao mínimo exigido pela norma vigente, e esse aspecto deve ser levado em consideração no processo de verificação estrutural. Os gestores rodoviários estão implementando, de acordo com as obrigações contratuais, uma adaptação gradual das obras mais antigas às cargas previstas na norma em vigor.

#### **4. Verificações de segurança estrutural**

No Brasil, a maior parte da principal malha rodoviária em uso hoje foi construída após a Segunda Guerra Mundial.

As tecnologias de construção na área da engenharia civil sofreram uma evolução considerável nos últimos anos, acompanhadas por inúmeras atualizações regulamentares e critérios de aceitação e certificação mais rígidos. As estruturas construídas em média há 50 anos, ainda que com técnicas construtivas e materiais válidos de acordo com a norma da época, podem agora apresentar níveis de desempenho que já não são os ideais devido, entre outros, à vida útil limitada dos materiais, às condições ambientais e as cargas sofridas ao longo do tempo por parte das estruturas.

Além disso, apenas recentemente os técnicos passaram a ter plena consciência de que os materiais utilizados na construção têm uma vida útil limitada, que pode variar muito em função da qualidade do próprio material, mas também em função das condições ambientais em que a estrutura está inserida.

O Grupo Ecorodovias decidiu realizar uma atividade de avaliação preliminar da segurança estrutural, objetivando o fornecimento de informações úteis para a elaboração de um plano de ação estendido a toda a rede sob gestão. O Grupo Franchetti cuidou desta atividade.

Para cada OAE, foram disponibilizados diferentes tipos de documentos, como:

- Informações gerais da ponte
- Informações sobre inspeções anteriores
- Informações sobre as dimensões geométricas
- Informações sobre os projetos originais
- Informação relativa às eventuais intervenções realizadas

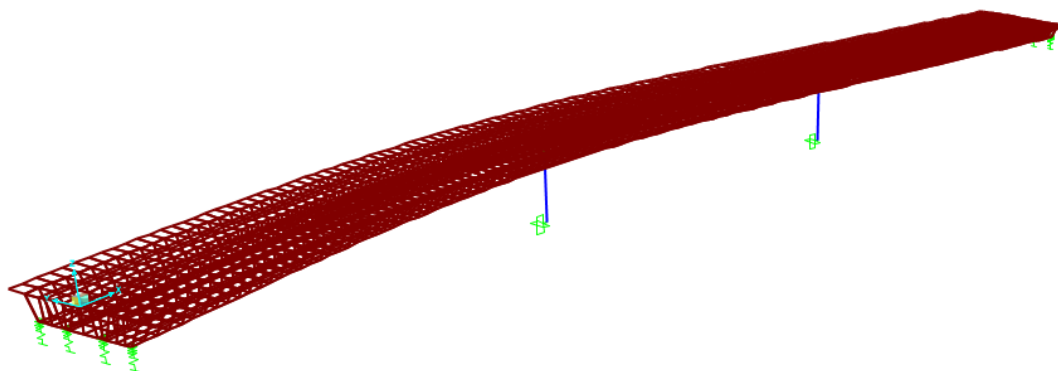
- Dados de tráfego.

Todas as obras recebidas foram classificadas segundo sua tipologia, sistema estrutural e material.

Foram definidas 4 etapas de carregamentos e resistências a serem avaliadas:

1. A primeira é a Etapa Inaugural da Obra, que considera a Norma da época de construção e o projeto recebido, se houver. Se o projeto original não estiver disponível, é adotado um reprojeto com normas da época, assumindo que o projetista teria dimensionado de forma adequada conforme normatização da época de construção.
2. A segunda é a Etapa após a inauguração da Obra, que considera a carga real medida, baseada nos dados de tráfego disponibilizados.
3. A terceira é a Etapa no Estado Atual da Obra com carga de Projeto vigente, que considera as cargas de projeto conforme Normas atuais, tendo em consideração o estado de degradação observado.
4. Por fim, a Etapa no Estado Atual da Obra com carga Real considera as cargas reais do tráfego medido, tendo em consideração também o estado de degradação observado.

Foi feita a modelagem das OAEs por meio do *software* de Elementos Finitos, e neste modelo, são aplicadas cargas móveis teóricas (TB-36 para obras projetadas antes de 1987 e TB-45 para obras projetadas após 1987) e cargas móveis reais (aplicação de cargas de veículos reais mais frequentes conforme classificação DNIT, em Manual de Estudos de Tráfego – 2006 – Publicação IPR-723 – Fig. 13, pag. 51 a 55).



**Figura 2 - Modelo de OAE elaborado no software.**

As atividades foram divididas nas fases:

1. Coleta de dados disponíveis;
2. Análise dos dados disponíveis e construção do modelo de cálculo;
3. Calibração do modelo com base na condição de degradação das estruturas;
4. Verificação estrutural;
5. Resumo dos resultados.

Os resultados obtidos permitem ao gestor montar um plano de ação estendido a todas as obras de arte sob gestão, com base em elementos quantitativos, ainda que sem ter a disposição projetos as-built originais, ensaios dos materiais e dos detalhes construtivos, levantamento geométrico de detalhe e outros elementos que permitiria uma verificação mais rigorosa.

Cada estrutura é inscrita dentro de grupos homogêneos de resultados e, conseqüentemente, de ações necessárias ou recomendadas. Para cada grupo, ou classe, são identificadas algumas ações

prioritárias, e outras programáveis, que proporcionam ao gestor uma priorização das próprias intervenções.

Essa abordagem é necessária na gestão de grandes redes de infraestrutura, e é contemplada em recentes diretrizes internacionais para a gestão de pontes.

As atividades de verificações estruturais foram realizadas com o suporte do software Argan®, de propriedade do grupo Franchetti e desenvolvido especificamente para fornecer um suporte aos engenheiros nas atividades descritas acima.

## **5. Auditoria Técnica Independente**

Com o objetivo de avaliar a metodologia aplicada na gestão de ativos de infraestrutura rodoviária, mais especificamente a gestão de OAEs do Grupo Ecorodovias, o Grupo Franchetti cuidou da auditoria técnica e de planejamento realizada sobre as inspeções, projetos e planejamento de obras de manutenção e/ou recuperação validando se tais ações e intervenções são necessárias e suficientes para garantir a segurança da infraestrutura.

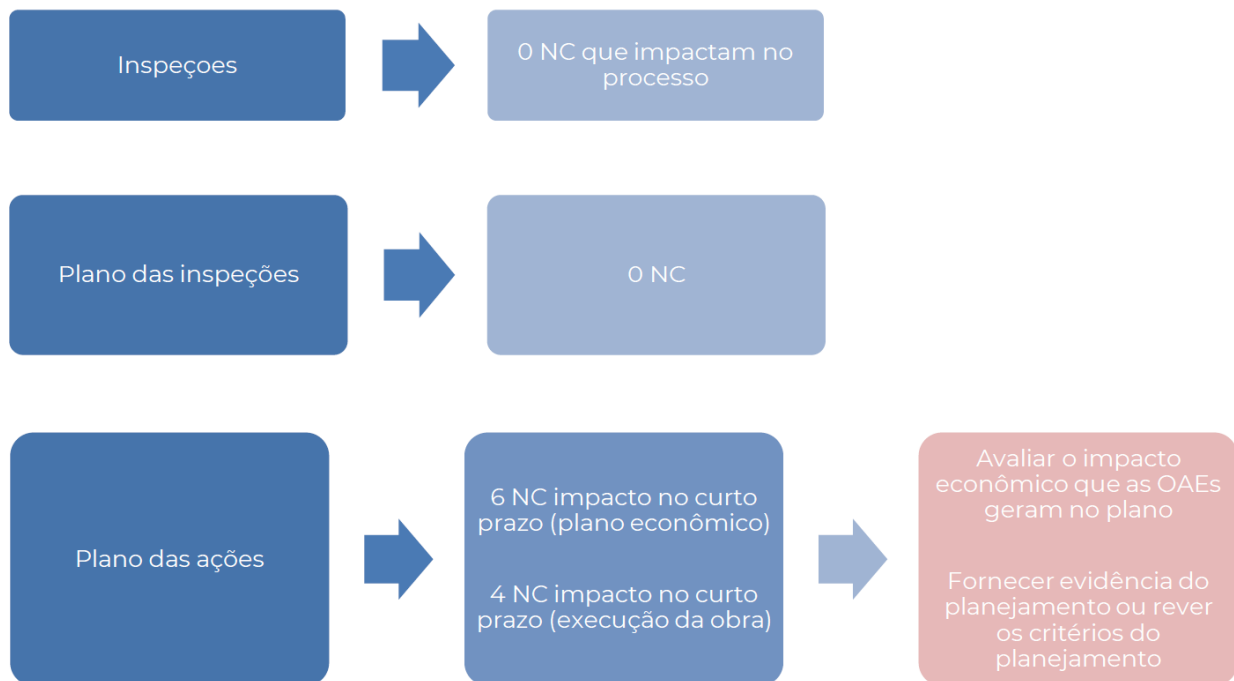
A auditoria técnica tem como primeiro objetivo analisar o procedimento realizado de todas as inspeções visuais. Nessa fase são avaliadas as inspeções rotineiras, especiais e extraordinárias, utilizando uma ficha que contempla o exame da completude do relatório, a consistência entre os dados apresentados tais como fotos, croquis, ensaios, anomalias, terapias e classificação da OAE e por fim o julgamento geral da auditoria. Em sequência, é analisada a motivação de todas as obras que obtiveram julgamento geral como "Conforme com ressalva" e "Não Conforme", para propor recomendações necessárias e concluir se esse resultado está impactando no processo de gestão da Ecorodovias.

A auditoria do plano de inspeções tem como objetivo examinar se o plano adotado pela Ecorodovias está adequado em relação a norma vigente. Para a análise do plano é utilizado como referência a ARTESP – ET-00.000.000-0-C21/002 nas obras localizadas no estado de São Paulo e a NBR 9452:2019 nas demais obras. A análise consiste em executar um controle cruzado entre a data da última inspeção especial e a classificação nos últimos anos da inspeção rotineira para determinar a data da próxima inspeção especial. Em sequência examina se o plano apresentado pela Ecorodovias está compatível com o plano realizado pela auditoria.

A auditoria do plano de ação tem como objetivo avaliar o planejamento de execução de obras da Ecorodovias. Na primeira fase é avaliado se os serviços descritos no plano de ações físicas estão compatíveis com as terapias apresentadas como necessárias pelas inspeções, depois é examinado se os prazos do Programa de Exploração da Rodovia (PER) estão compatíveis com os prazos apresentados pelo plano, em caso de incompatibilidade, ocorre impacto no processo de gestão, sendo recomendadas as adaptações necessárias. Na segunda fase é comparado o orçamento disponibilizado pela Ecorodovias e os orçamentos apresentados pelo orçamentista em cada OAE para avaliar se está conforme, conforme com ressalva ou não conforme. Em seguida é avaliado se os preços unitários, a memória de cálculo e os valores totais das planilhas orçamentárias estão compatíveis, resultando a um julgamento geral de conforme, conforme com ressalva ou não conforme. Por fim, é analisada a motivação de todas as obras que obtiveram julgamento geral como "Conforme com ressalva" e "Não Conforme", para propor recomendações necessárias e concluir se esse resultado está impactando no processo de gestão da Ecorodovias. Na terceira fase é avaliado se as OAEs que tiveram aumento de nota nas inspeções rotineiras dos últimos dois anos foram de fato submetidas a recuperação que justificasse tal aumento, e se as OAEs que foram recuperadas permaneceram com mesma nota. Após a análise, em caso de incompatibilidade, examina-se se o motivo é o desalinhamento entre os inspetores que executaram cada uma das inspeções ou se é uma falha no plano. Na quarta fase é examinado na vistoria de campo se as obras em andamento ou concluídas estão compatíveis com o plano.

As atividades de auditoria foram realizadas com o suporte do software SideCheck, de propriedade do grupo Franchetti e desenvolvido especificamente para fornecer um suporte aos auditores nas atividades descritas acima.

A Figura 3 mostra um exemplo de aplicação do processo de auditoria. A presença ou ausência de não conformidades (NC), seu impacto e as ações a serem tomadas para resolvê-las podem ser observadas no diagrama.



**Figura 3 – Exemplo de aplicação do processo da auditoria**

## 6. Conclusões

As atividades de verificação estrutural e de auditoria técnica trazem benefícios de um lado em um controle mais capilar da segurança, do outro lado na melhoria da gestão financeira e do processo de qualidade das inspeções de OAEs.

Em relação à verificação estrutural, os resultados obtidos permitem ao gestor montar um plano de ação estendido a todas as obras de arte sob gestão com base em elementos quantitativos, ainda que sem ter a disposição projetos as-built originais, ensaios dos materiais e dos detalhes construtivos e outros elementos que permitiria uma verificação mais rigorosa. Neste sentido, a observação do caso real, sobreposta ao resultado do cálculo teórico, aporta uma importante contribuição em termos de análise: uma vez efetuado o cálculo e verificada uma eventual insuficiência estrutural, a análise crítica que conduz ao plano de ação leva também em consideração as efetivas patologias que a OAE apresenta, e, em particular, se tais patologias são consistentes ou não com a insuficiência apontada.

Em relação à auditoria, é examinada a qualidade do inspetor ao avaliar as OAEs nos aspectos estrutural, funcional e durabilidade da obra, dessa forma é possível comprovar se o inspetor está apto para exercer essa atividade e se a obra tem defeitos adicionais que não foram identificados. No que se refere à gestão financeira, na auditoria, além de ser verificado se os recursos alocados no cenário analisado são suficientes, é também sugerida, quando cabível, uma melhoria de alocação de recursos envolvidos na inspeção e na manutenção da estrutura. Esse conjunto de atividades contribuem para maior eficiência no planejamento e refinamento do processo.

O processo de verificação estrutural e auditoria técnica potencializa a gestão de recursos da concessionária auxiliando nas atividades de manutenção preventiva, contribuindo no prolongamento da vida útil da OAE, dessa maneira, evita que a falta de manutenção culmine em uma situação crítica que gere maiores custos de recuperação. Um segundo atributo é a programação do plano de inspeção e do plano de ação que possibilita provisionar com antecedência o orçamento, as contratações de terceirizados, a mobilização de equipe interna e as possíveis intervenções no tráfego de veículos. Outro potencial de desenvolvimento é a seleção de inspetores aptos para realização das inspeções visuais, garantindo assim maior confiabilidade e maior qualidade aos resultados das inspeções.

Os resultados da auditoria técnica atestaram a qualificação técnica dos profissionais envolvidos nas inspeções das OAEs e reforçaram a necessidade de uma análise dos processos a fim de garantir maior assertividade na alocação de recursos da concessionária e maior qualidade das inspeções visuais. Foi possível otimizar o planejamento das próximas inspeções especiais das estruturas do Grupo Ecorodovias, constatando quando necessário a antecipação de serviços de inspeção e de recuperação das obras de arte especiais.

Os softwares utilizados como recursos pelos responsáveis pela verificação estrutural e auditoria garantiram a otimização e a automatização de todo o processo.

## **7. Agradecimento**

Os autores agradecem Merielen Almeida, Felipe Gregnanini, Pedro Muzy Tramontini pelas atividades prestadas.

## **Referências**

- GLIŠIĆ, B. & INAUDI, D. 2007. Fibre Optic Methods for Structural Health Monitoring. John Wiley & Sons, Ltd.
- FRANCHETTI, P. ET AL. 2008. Optimal Resource Allocation for Seismic Rehabilitation of Highway Networks, International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS'08), Seoul, Korea, 13 – 17 July 2008.
- HONFI, D., BJÖRNSSON, I., IVANOV, O.L. ET AL. Informed successive condition assessments in bridge maintenance. J Civil Struct Health Monit 10, 729–737 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13349-020-00415-2>
- XU, YIYE & TURKAN, YELDA (2019). BrIM and UAS for bridge inspections and management. Engineering, Construction and Architectural Management. ahead-of-print. 10.1108/ECAM-12-2018-0556.