

20 ANOS DE IMPLEMENTAÇÃO E DE DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE OBRAS DE ARTE – REDE RODOVIÁRIA

Sérgio Pereira¹, Afonso Póvoa², Luís Freire³ e Fernanda Santos⁴

¹ IP, S.A., Departamento de Inspeção e Diagnóstico de Estruturas Especiais, Av. Dra. Elza Maria Pires Chambel, 11, 2005-356 Santarém, Portugal

email: sergio.pereira@infraestruturasdeportugal.pt <http://www.infraestruturasdeportugal.pt/>

² IP, S.A., Departamento de Inspeção e Diagnóstico de Estruturas Especiais, Estrada da Chapeleira. 3040-583 Antanhol, Portugal

³ IP, S.A., Departamento de Inspeção e Diagnóstico de Estruturas Especiais, Praça da Portagem, 2809-013 Almada, Portugal

⁴ IP, S.A., Departamento de Inspeção e Diagnóstico de Estruturas Especiais, Praça da Portagem, 2809-013 Almada, Portugal

Sumário

Esta comunicação pretende efetuar um balanço de 20 anos de implementação e de desenvolvimento do sistema de gestão de obras de arte da rede rodoviária da IP, como ferramenta fundamental de apoio à gestão de ativos, e cujo processo se iniciou com o lançamento do Concurso Público Internacional, em 2002, no ex-ICERR. Os resultados obtidos são caracterizados e analisados, em particular, com o estudo de caso das pontes rodoviárias da região centro sul (distritos de Leiria, Santarém e Portalegre), e que contemplam as três atividades fundamentais do SGOA IP: Inspeção e Diagnóstico; Estudos e Projetos; Manutenção e Reparação.

Palavras-chave: SGOA; Obra de Arte; Inspeção; Conservação; Ponte.

1 INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Gestão de Obras de Arte (SGOA) são uma ferramenta fundamental de apoio à gestão de ativos, permitindo conhecer a condição estrutural e funcional das obras de arte, organizar as atividades inerentes à sua manutenção e apoiar a tomada de decisão, para otimizar a funcionalidade e garantir a sua longevidade e segurança. Têm como principais vetores: a identificação de anomalias, através da realização de Inspeções visuais; o levantamento das necessidades de manutenção e de reparação; a prescrição de medidas de atuação complementares, para desenvolvimento do diagnóstico ou para mitigação do risco de segurança, estrutural ou de utilização; a priorização das intervenções tendentes à reposição de padrões aceitáveis de desempenho e de garantia de integridade estrutural e de condições de exploração da rede. Este tipo de abordagem, à Gestão de Obras de Arte, teve a sua génese no início da década de 2000, marcado pelo lançamento do Concurso Público Internacional, em 2002, para o fornecimento e implementação de um Sistema de Gestão de Conservação de Obras de Arte da rede rodoviária, no ex-ICERR (Instituto para a Conservação e Exploração da Rede Rodoviária). Com a forte expansão da rede rodoviária em Portugal nos últimos 50 anos e com o aumento progressivo do tráfego rodoviário, inúmeras pontes têm sido sucessivamente adaptadas às novas exigências de mobilidade, através de trabalhos de reabilitação e de alargamento, com recurso a diversas soluções estruturais e com diferentes tipos de materiais. A vasta diversidade das estruturas existentes na rede rodoviária da IP, e entidades antecessoras, tem exigido um considerável esforço organizativo e procedimental para a definição de uma linguagem e metodologias comuns, que abranja as diferentes etapas do processo de gestão, nomeadamente da conceção à exploração.

No âmbito do processo de consolidação organizativa da IP, resultado da fusão entre a REFER, E.P.E. e a EP, S.A. em 2015, desenvolveu-se um Sistema único de Gestão de Obras de Arte, SGOA IP, como sistema de apoio à organização e decisão da Gestão unificada das duas redes, Rodoviária e Ferroviária, designadamente quanto à Manutenção e Conservação de Ativos tão valiosos e determinantes como as Obras de Arte, norteando-se pela

procura de maior eficiência e valorização de recursos, abrangendo um universo de cerca de 8 250 estruturas (5 950 obras de arte rodoviárias).

O balanço de 20 anos de implementação e de desenvolvimento do SGOA na IP, e respetiva monitorização do desempenho das obras de arte, é caracterizado pelos resultados práticos obtidos e analisados com o estudo de caso das pontes rodoviárias da região centro sul (distritos de Leiria, Santarém e Portalegre), englobando três atividades fundamentais: Inspeção e Diagnóstico; Estudos e Projetos; Manutenção e Reparação. Nesta abordagem, evidencia-se a evolução dos estados de conservação das obras de arte, desde as primeiras inspeções realizadas e correspondentes medidas de atuação preconizadas, incluindo as anomalias mais comuns associadas a diversos tipos de estrutura, as soluções de reabilitação adotadas e o investimento financeiro envolvido para a concretização dos trabalhos (manutenção, reparação, reforço, substituição), assim como os novos desafios que se perspetivam no futuro, com base na maturidade e experiência adquirida.

2 SISTEMA DE GESTÃO DE OBRAS DE ARTE – REDE RODOVIÁRIA

O ex-ICERR promoveu, em 2001, um Programa de Inspeção de Obras de Arte a Nível Nacional, após o colapso da ponte de Entre-os-Rios, tendo englobado 353 inspeções visuais, realizadas por diversas empresas projetistas e pela Escola Prática de Engenharia. Com base nos dados recolhidos dos relatórios de inspeção, puderam retirar-se algumas conclusões, nomeadamente: a ausência de manutenção a nível nacional; a existência de obras com idade avançada e com baixos níveis de serviço, a necessitar de serem substituídas; a necessidade de intervenção urgente em 24% das obras inspecionadas; a necessidade de intervenção em cerca de 79% das obras inspecionadas; a necessidade de elaboração de um número elevado de projetos de reparação (152). Constatou-se também a não uniformização de critérios nos relatórios de inspeção, tendo-se concluído a necessidade urgente de implementação de um Sistema de Gestão de Obras de Arte.

2.1 Implementação

Em 2002, o ex-ICERR promoveu o lançamento do Concurso Público Internacional para o fornecimento e implementação de um Sistema de Gestão de Conservação de Obras de Arte da rede rodoviária, que incluía a realização de um conjunto de atividades de Inventário e de Inspeção (Principal e de Rotina) a uma amostra de obras da rede existente (distritos de Aveiro, Beja e Castelo Branco). As restantes obras de arte, a nível nacional, foram inventariadas e inspecionadas de modo expedito, internamente, pelas direções distritais, tendo sido efetuado o primeiro levantamento da situação.

Em 2003, no seguimento do referido concurso, foi adjudicado à empresa BETAR - Consultores, Lda., o sistema GOA, de Gestão de Obras de Arte, que permitiu a inserção dos dados do Inventário e de Inspeções, em 2004, pela primeira vez numa aplicação informática de apoio à gestão de ativos.

O SGOA foi implementado, na sua plenitude, em 2006/2007, já depois de concluído o processo de levantamento de todos os dados do Inventário das obras de arte (dados administrativos, técnicos e de constituição) e de realizadas Inspeções de Rotina, por engenheiros da especialidade de projeto de pontes, nas quais se identificavam as necessidades de manutenção e se efetuavam pedidos de inspeção principal, quando necessário. Em 2007, iniciou-se, de forma sistematizada, a realização de inspeções principais, sendo os respetivos relatórios inseridos na aplicação GOA (ferramenta funcional do SGOA).

No final de 2007, a EP foi objeto de uma reestruturação da sua organização, sobre a qual assenta o atual modelo do SGOA da rede rodoviária, funcionando fundamentalmente num ciclo que engloba 4 áreas de atividades distintas: inventário; inspeção e diagnóstico; estudos e projetos; e manutenção, reparação reforço e substituição. A atualização permanente do Inventário das obras de arte, incluindo o registo do histórico proveniente dos trabalhos realizados nas estruturas, é assegurada pela gestão da rede rodoviária, através dos Centros Operacionais (CO). A Inspeção e Diagnóstico compete à área da gestão de ativos, no departamento de estruturas especiais, que assume a realização de inspeções periódicas (de caráter visual), de âmbito estrutural (inspeções principais e subaquáticas, com 6 e 4 anos de periodicidade), para avaliação do estado de conservação, estabelecendo medidas complementares de diagnóstico e/ou de mitigação de riscos de segurança, assim como a definição de prioridades nas intervenções de reparação/reforço/substituição. São também executadas inspeções visuais mais simples e frequentes às obras, para levantamento das necessidades de manutenção (inspeções de rotina, a cada 2 anos), pela referida gestão da rede rodoviária, que incluem pedidos de inspeção principal, em caso de verificação de anomalias

estruturalmente importantes. Os estudos e projetos competem à área de engenharia e ambiente, também num departamento próprio, de estruturas especiais, que, em face das necessidades identificadas no âmbito das inspeções, assegura a execução dos projetos ou especificações de intervenção e estudos de aprofundamento do diagnóstico. Finalmente, as intervenções de manutenção, reparação, reforço e substituição das obras de arte, para garantir o adequado funcionamento estrutural das obras, são igualmente executadas pela área da gestão da rede rodoviária. As pontes rodoviárias dos distritos de Leiria, Santarém e Portalegre (estudo de caso no capítulo 4) estão abrangidas por um dos seis CO existentes, nomeadamente o Centro Operacional Centro Sul (COCS).

2.2 Desenvolvimento

Na fase de desenvolvimento do SGOA, um dos principais objetivos foi a credibilização do sistema, nomeadamente na área de inspeções e diagnóstico, atendendo à vasta diversidade das estruturas existentes na rede rodoviária, pelo que se procurou a definição de uma linguagem e metodologias comuns, e a uniformização de critérios nos relatórios de inspeção. Outro objetivo foi a execução das inspeções principais através de equipas técnicas próprias, especializadas, sem recurso, sistemático, à contratação externa. Em 2009, concretizou-se um protocolo com o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), para apreciação das inspeções de obras de arte realizadas internamente pela EP, incluindo acompanhamento e aconselhamento do respetivo sistema de gestão de conservação de pontes. Todos os engenheiros responsáveis pelas inspeções principais frequentaram diversos módulos do curso de inspeção de pontes, associados a diferentes tipos de estrutura, em Paris (2009-2011), na *Ecole Nationale des Ponts et Chaussées*. A partir de junho de 2010, as inspeções principais passaram a ser asseguradas, quase exclusivamente, por equipas técnicas internas, ano este em que 25% das obras de arte inspecionadas apresentavam estados de conservação entre o mediano e o mau ($EC > 2$, numa escala decrescente de 0 a 5, conforme descrito no ponto 3.2.2 deste artigo, sendo que 8% estavam em estado deficiente/mau).

A estratégia de manutenção das obras passou pela criação de contratos de conservação corrente, com rúbricas que incluíssem trabalhos nos componentes das obras de arte (p.e. substituição de guarda-corpos e juntas de dilatação, proteção das fundações com enrocamento, selagem de fendas, pequenas reparações de betão e de reboco, etc). As intervenções de reparação, reforço e substituição das obras de arte foram preferencialmente programadas através da agregação de projetos, em detrimento de projetos individualizados, tendo como base um distrito e as características das obras em causa, sempre que tecnicamente adequado. Nesse sentido, procurou-se uma otimização, em termos operacionais, do processo de coordenação dos projetos e empreitadas, necessários até ao final do primeiro ciclo de Inspeções Principais, previsto para 2011-2012. Esta estratégia teve inúmeras vantagens, nomeadamente: a redução dos custos associados, quer de projeto, quer de empreitada, devido ao fator de escala e a um melhor aproveitamento dos meios humanos e técnicos; melhor aproveitamento dos técnicos especializados em obras de arte, reduzindo o peso da componente administrativa e processual inerente aos contratos; tornar os contratos de reabilitação de obras de arte, quer de projeto, quer de empreitada, mais apelativos para o mercado. Entre 2010 e 2015, estavam programadas 260 intervenções (com projetos agregados ou individualizados), correspondendo a um total de investimento de 27,7 M€, a nível nacional.

Durante esse período, para melhoria da tipificação da análise e uniformização dos Estados de Conservação atribuídos, começaram a ser desenvolvidos Guias de Diagnóstico de Obras de Arte específicos para incorporação no SGOA (obras de betão armado e pré-esforçado, metálicas e mistas, alvenaria, estruturas geotécnicas e inseridas em meio aquático, e equipamentos), em colaboração com projetistas, universidades e o LNEC. Nesta fase, o SGOA já apresentava alguns ajustamentos, nomeadamente ao nível da periodicidade de 3 anos para inspeções principais às passagens hidráulicas tubulares metálicas, em aço corrugado (ETMAC), uma vez que se verificava uma degradação acentuada nas suas estruturas (50% das obras tinham $EC > 2$, em 2013). No final de 2014, as inspeções subaquáticas já eram parcialmente asseguradas por uma equipa técnica interna, tendo sido criado um centro de inspeções subaquáticas (CIS).

No âmbito do processo de consolidação organizativa da IP, foi desenvolvido um Sistema único de Gestão de Obras de Arte, SGOA IP, conforme apresentado na Fig.2., como sistema de apoio à organização e decisão da Gestão unificada das duas redes, rodoviária e ferroviária, que foi apreciado e validado pelo LNEC, e que considerou uma gradual desativação dos três sistemas de gestão anteriores existentes na rodovia (1) e na ferrovia (2). Segundo dados recolhidos no final de 2021, o estado de conservação das obras de arte rodoviárias é, agora, visivelmente mais positivo e estabilizado, fruto do trabalho desenvolvido pelas atividades integradas na metodologia do SGOA, verificando-se que as obras com estados de conservação entre o mediano e o mau ($EC > 2$) reduziram para cerca de 10% e que apenas 1,5% se encontram em estado deficiente/mau, conforme apresentado na Fig.1.

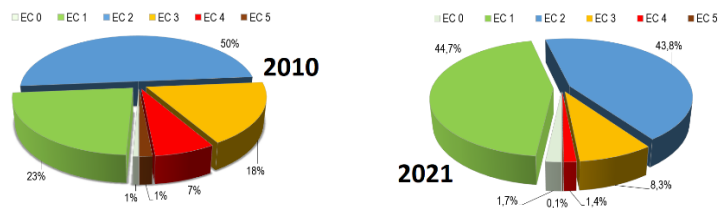


Fig.1. Estados de conservação das obras de arte inspecionadas (rede rodoviária – 2010 e 2021)

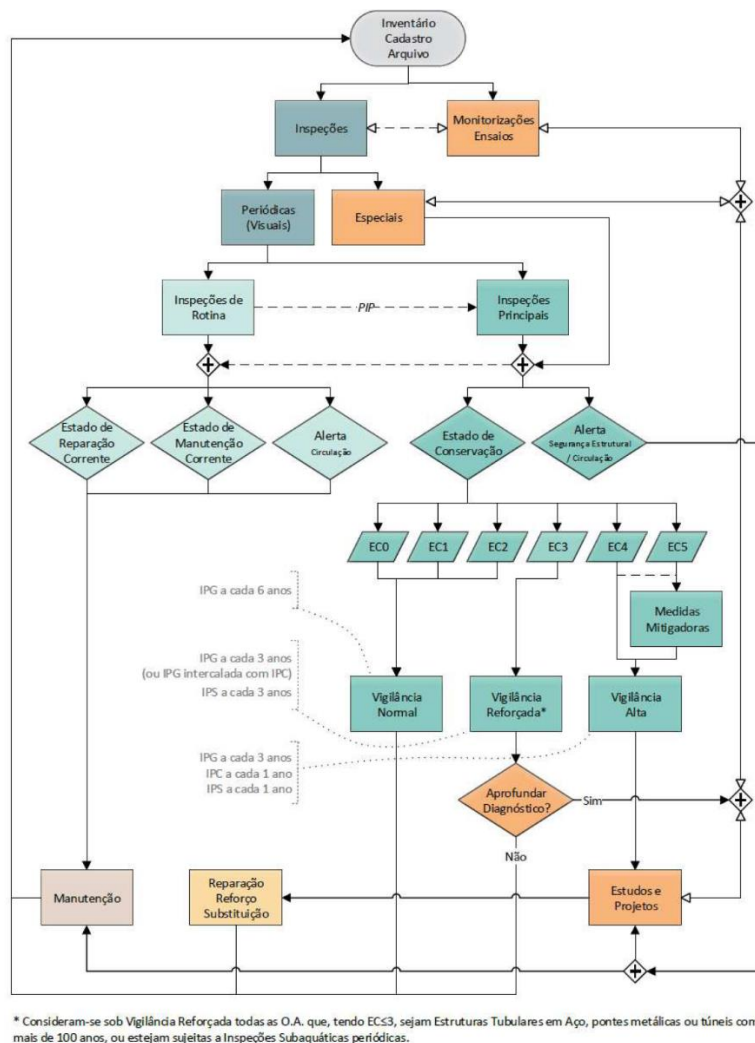


Fig.2. Fluxograma do SGOA IP (2018)

Nos últimos anos, a IP tem participado em diversos projetos internacionais, partilhando experiências e adquirido conhecimento, com novas perspetivas e ideias para a melhoria futura do seu SGOA, de modo a garantir o enquadramento permanente com as melhores práticas utilizadas a nível europeu e mundial.

3 MONITORIZAÇÃO DO DESEMPENHO DAS OBRAS DE ARTE

A vasta diversidade das estruturas do inventário das obras de arte da rede rodoviária da IP tem exigido um considerável esforço organizativo e procedimental para a definição de uma linguagem e metodologias comuns, que abranjam os seus diversos níveis de intervenção e de articulação. A monitorização e o acompanhamento do desempenho das obras de arte, no âmbito do SGOA, desde simples inspeções visuais periódicas orientadas por diversos guias do diagnóstico até ao recurso a diferentes tecnologias avançadas (p.e. SHM), tem demonstrado,

ainda assim, o indispensável sentido crítico da engenharia na leitura e na interpretação do comportamento das estruturas, seja através das observações expeditas, seja pelos dados recolhidos em ferramentas digitais/eletrónicas, de modo a determinar as medidas de atuação mais adequadas para cada obra em específico.

3.1 Inventário

O inventário é organizado em três partes: dados administrativos, dados técnicos e dados de constituição. Nos dados administrativos, é registada toda a informação que permite localizar a obra (por exemplo: via e quilómetro em que se encontra, coordenadas geográficas, etc.). Nos dados técnicos, é indicada essencialmente a solução estrutural da obra (por exemplo: tipo de estrutura, dimensões gerais, etc.). Para os dados de constituição, faz-se a discretização da obra em vários componentes (por exemplo: muros, encontros, aparelhos de apoio, apoios intermédios, tabuleiro, etc), sendo identificado, para cada um deles, as respetivas características específicas (por exemplo: materiais estruturais, tipo de fundações, tipo de aparelho de apoio, etc.). Por vezes, não é possível tipificar claramente as obras, devida à existência de 2 ou mais tipos de estrutura e com materiais distintos (de alargamento ou reforço), enquadrando-se na categoria “misto destas soluções”. A definição de obra de arte tem requisitos mínimos gerais, com as seguintes condições: um vão livre ou abertura igual ou superior a 2 m; um vão livre mínimo de 1m e uma distância entre paramentos dos encontros superior a 10 m; um vão livre igual ou superior a 1,5 m desde que tenha uma altura livre superior a 4 m (a distância até à base).

3.2 Inspeção e diagnóstico

O SGOA IP prevê a realização de diferentes tipos de inspeção, que se inserem em 2 grupos distintos: inspeções periódicas (rotina e principais) e inspeções especiais (IE). Do diagnóstico proveniente das inspeções principais e especiais resultam diferentes níveis de vigilância nas obras, com periodicidades distintas para o respetivo acompanhamento, e medidas de atuação específicas que vão de encontro às necessidades de cada estrutura inspecionada.

3.2.1 Inspeções

As inspeções periódicas, que se consideram ser o motor do sistema, assentam em 2 tipos de inspeção: inspeções de rotina (IR) e inspeções principais (IP). A IR consiste numa ação inspetiva visual de carácter cíclico e frequente, que compreende o levantamento das necessidades de trabalhos de manutenção e reparação corrente e o acompanhamento simplificado da obra de arte. Poderá ser identificada a necessidade de inspeção principal, bem como o registo de alertas de segurança de circulação. A inspeção de rotina classifica o estado de manutenção das obras, em suficiente, insuficiente e muito insuficiente, dependente do cumprimento da periodicidade definida para as ações de manutenção e da necessidade da realização de trabalhos de manutenção corrente (no máximo de 2 em 2 anos).

As IP estão divididas em 3 tipos: inspeção principal global (IPG), inspeção principal de componente (IPC) e inspeção subaquática (IPS). Todas estas inspeções poderão ser realizadas de forma programada ou por motivos extraordinários (em face de pedidos de inspeção principal, provenientes de inspeções de rotina ou de acidentes). A IP consiste em observar e registar as condições de funcionamento de uma obra de arte. Neste registo ficam identificadas as anomalias relevantes, que comprometem o bom desempenho dos diversos componentes da obra de arte, quer a nível de durabilidade quer ao nível de segurança.

A IE consiste numa ação inspetiva não periódica, incorporando conhecimento adquirido por meio de estudos complementares tais como avaliações estruturais, ensaios especializados não correntes, ensaios dinâmicos ou ensaios de carga, ou análise de monitorizações estruturais periódicas. Podem ocorrer nas seguintes condições: aprofundamento de diagnóstico decorrente de pedido efetuado numa IP; no âmbito de um estudo, projeto ou avaliação estrutural; avaliação particular de determinado comportamento da obra de arte; inspeção e verificação do estado pormenorizado de conservação de parte ou da globalidade da obra de arte.

3.2.2 Diagnóstico da Inspeção Principal

No âmbito das inspeções principais, com base no historial da obra e na leitura de eventual monitorização instalada, as observações in situ permitem efetuar uma análise e diagnóstico da condição da obra, tendo em conta os fatores de risco e agravamento, e avaliar se as anomalias aparentes são de carácter evolutivo ou não. Nesse sentido, é atribuído um estado de conservação para a obra e arte (escala de 0 a 5: 0 – excelente; 1 – bom; 2 – regular; 3 –

mediano; 4 – deficiente; 5 – mau). Este indicador estabelece prazos recomendáveis para a realização das medidas de atuação que a obra de arte requer. Para o estado de conservação excelente, não existem anomalias relevantes nem é necessário efetuar qualquer trabalho de reparação, enquanto o pior estado (mau) corresponde a situações que podem pôr em risco a segurança estrutural, devendo ser especificadas intervenções de urgência a curto prazo (até 1 ano) ou mesmo o encerramento da obra.

Esta lógica serve de base para todo o tipo de estruturas existentes no inventário da IP, estando documentadas linhas orientadoras nos diversos guias do diagnóstico, que definem critérios de referência para atribuição dos diferentes níveis dos estados de conservação, em função do tipo de anomalia. Esta abordagem também se baseou em documentação internacional (p.e. LCPC-SETRA de França).

O diagnóstico efetuado no âmbito de uma inspeção principal tem sempre presente os conceitos básicos de engenharia relativos à vida útil de uma obra: a vida funcional e a vida estrutural. O período de vida estrutural de uma obra (p.e. 50 anos), que está inerente à atribuição do Estado de Conservação na Inspeção Principal, assenta no pressuposto de que a conceção de projeto (seguindo normas de materiais e de ações) garante um período durante o qual existe um nível de segurança correspondente a uma probabilidade de colapso de cerca de 7×10^{-5} (caso não ocorra degradação), findo o qual a probabilidade começa a aumentar (p.e. o tempo estimado para chegada da frente de carbonatação às armaduras). Uma vez que os modelos de degradação admitidos em projeto não são precisos, é recomendável que as obras sejam acompanhadas regularmente, com base em procedimentos normalizados de monitorização, devendo ser realizada uma inspeção principal após a empreitada, suportada no projeto, telas finais e compilação técnica, os planos de manutenção. Esta documentação, importante para o diagnóstico, nem sempre está disponível, o que condiciona algumas tomadas de decisão. É importante salientar que uma inspeção principal não incorpora uma avaliação técnica estrutural, pelo que a análise do comportamento estrutural não pode ser demasiado rigorosa, sendo apenas necessário ter noções gerais sobre o seu funcionamento. Por outro lado, uma inspeção principal também não deverá limitar-se apenas ao registo de anomalias, uma vez que a atribuição do estado de conservação da obra dependerá de um conhecimento técnico do equilíbrio e comportamento da estrutura (identificação de possíveis modos de falha, com rotura dúctil ou frágil), que é fundamental para interpretar as causas, a gravidade e as consequências de algumas anomalias (mesmo quando localizadas em zonas pontuais). No caso de não ser possível retirar conclusões através de uma inspeção principal visual, recorre-se a uma inspeção especial (detalhada), que contempla ensaios, avaliações técnicas ou monitorizações.

As principais anomalias estruturais encontradas no âmbito do SGOA das pontes rodoviárias e que determinaram classificações de EC3, EC4 e EC5, foram maioritariamente objeto de monitorização e acompanhamento com leituras frequentes (EC3 e EC4), primeiramente através de meios expeditos (testemunhos de gesso/argamassa ou fissurómetros) ou com recurso à topografia, uma vez que os registos históricos das anomalias eram mínimos ou inexistentes e não era possível prever a tendência de evolução/agravamento das mesmas. As obras com estado de conservação mais elevados (EC4 e EC5) foram objeto de condicionamento/limitação de carga e/ou velocidade de circulação e escoramentos urgentes, como medidas de mitigação do risco associado ao seu estado de conservação, procedendo-se, no limite, à interdição total ao tráfego. Estas medidas provocaram, em alguns distritos, bastantes constrangimentos a nível social e económico, obrigando a desvios de tráfego para outras estradas nacionais.

Um exemplo da imprevisibilidade dos modelos de degradação estimados em projeto traduz-se pelas inspeções principais realizadas às passagens hidráulicas do tipo ETMAC. O seu período de vida útil previsto em projeto (50 anos) estaria sobrestimado devido à inesperada velocidade de degradação do aço das chapas de base (corrosão e abrasão). Neste sentido, aquando das primeiras inspeções principais realizadas a estas obras, passados 20-25 anos após as respetivas construções, verificou-se um estado de conservação entre o mediano e o mau em 50% destas obras (EC>2, em 2013), o que obrigou a medidas de mitigação do risco (EC3-EC4 – monitorização e condicionamento de carga, em função da altura do aterro) e à execução de intervenções urgentes (EC4-EC5). As obras em estado de conservação mediano (EC3) encontram-se referenciadas para intervenções a médio-prazo e têm sido acompanhadas de 3 em 3 anos após a primeira inspeção, verificando-se, em algumas, o agravamento das respetivas anomalias (EC4 – perfuração da chapa), mantendo outras sensivelmente o mesmo estado de condição (EC3 – delaminações do aço). Conclui-se assim que os modelos de degradação reais, de cada obra, correspondem a iterações em tempo real, através das inspeções principais periódicas, e que os prazos estimados para as medidas de execução previstas (sejam reativas em EC4-5 ou preventivas em EC3), são baseados essencialmente na experiência adquirida e nos guias de diagnóstico (suportados pelos dados estatísticos adquiridos), existindo sempre um risco associado, que contempla uma possibilidade/incerteza de agravamento das anomalias e dos respetivos custos de reparação.

Importa referir que o estado de conservação atribuído no âmbito do SGOA IP não incorpora informação sobre o tempo de vida útil funcional ou estrutural remanescente da obra de arte, uma vez que a mesma não é sequer objetivamente determinável. Os estados de conservação atribuídos nas inspeções principais apenas indiciam um risco diretamente proporcional à probabilidade de colapso admitida. Este conceito assume o fator fundamental na relação entre a engenharia e a gestão de ativos. É de extrema importância a melhoria contínua da informação expressa nos respetivos relatórios técnicos de inspeção principal, designadamente a necessidade de a mesma ser exposta de uma forma clara, com linguagem acessível (dentro do possível) e por vezes também pedagógica, de modo a estabelecer uma base sólida de apoio à decisão dos gestores das infraestruturas, uma vez que terão implicações sociais, económicas e políticas.

3.2.3 Níveis de vigilância e Gestão do Risco

Em função do estado de conservação (EC) atribuído a uma obra de arte numa inspeção principal, são definidos níveis de vigilância diferentes. Assim, para $EC \leq 2$ considera-se adequada uma vigilância normal (IPG a cada 6 anos). Para $EC=3$ enquadra-se a vigilância reforçada (IPG/IPC/IPS a cada 3 anos), e para $EC \geq 4$ define-se vigilância alta (IPG a cada 3 anos; IPC/IPS a cada 1 ano). Complementarmente, existe a necessidade de maior vigilância para determinados tipos de obra que, pelas suas características, têm um nível mais baixo de robustez, com possibilidade de maior rapidez de desenvolvimento de mecanismos de degradação. Nesse âmbito, enquadram-se as obras de arte metálicas com mais de 100 anos e as estruturas tubulares metálicas em aço corrugado (ETMAC) que têm sempre vigilância reforçada (mesmo para $EC \leq 2$). As medidas específicas de vigilância associadas ao tipo de estruturas têm vindo a ser implementadas progressivamente, em face da experiência adquirida ao longo dos últimos anos de desenvolvimento e de maturação do sistema de gestão de obras de arte.

Sempre que existam dúvidas relativas à evolução das anomalias de cariz estrutural ou de durabilidade dos materiais resistentes, recentes ou sem histórico documentado (p.e. devido a embates de veículos), são preconizadas medidas de monitorização (nível de vigilância extraordinário com 2 a 4 leituras por ano) e solicitadas inspeções especiais ou estudos complementares (a realizar pela área de estudos e projetos).

As pontes com maior complexidade estrutural (Obras de Arte Especiais) são acompanhadas através de meios especiais tecnológicos (monitorização estrutural - SHM), que complementam, com mais detalhe a informação proveniente das inspeções visuais.

3.3 Estudos e Projetos

As atividades de inspeção interligam-se com a área de estudos e projetos quando, no âmbito de uma inspeção principal, surge a necessidade de aprofundamento do diagnóstico ou de intervenção na obra. Nesta área são efetuadas inspeções especiais, que podem ou não atribuir um estado de conservação à obra de arte. Como resultado destes estudos (p.e. estruturas metálicas), poderão ser implementadas medidas de mitigação do risco associado (p.e. escoramento, condicionamento de carga sobre a obra, reforço da estrutura, etc), que confirmam as dúvidas levantadas no âmbito das inspeções principais. As soluções de projeto adotadas para cada obra, nomeadamente reparação, reforço ou substituição, têm por base uma análise custo-benefício, a médio-longo prazo, assim como adequar as estruturas à regulamentação atual, dentro do possível (p.e. ação sísmica).

4 ESTUDO DE CASO – PONTES RODOVIÁRIAS DA REGIÃO CENTRO SUL

O presente estudo de caso reporta apenas as intervenções executadas nas obras de arte, em consequência do diagnóstico proveniente das inspeções principais, no âmbito do SGOA, nomeadamente quanto aos estados de conservação atribuídos e às respetivas medidas de atuação, associadas à expectável vida útil estrutural.

4.1 Inventário

Entre 2001 e 2021 o inventário das obras de arte da região centro sul teve algumas variações, tanto associadas a intervenções de alargamento, para prolongar a sua vida funcional, como relativas a intervenções de reabilitação/substituição para garantir a segurança estrutural. Novas obras de arte foram também executadas durante esse período, incluídas em troços variantes a antigas estradas nacionais, contribuindo igualmente para a introdução de novos materiais e novos tipos de estruturas (e a exclusão de antigas soluções, já obsoletas). Alguns troços foram entregues a câmaras municipais, seguindo o PRN2000, e outros foram incluídos em contratos de

subconcessão durante um determinado período. O inventário de obras de arte nos distritos de Leiria, Santarém e Portalegre, sob gestão direta e em exploração, variou entre 780 e 933.

4.2 Inspeção e Diagnóstico

As inspeções principais, realizadas entre 2001 e 2021, só começaram a ser introduzidas na aplicação GOA a partir de 2004, tendo sido dada prioridade aos pedidos de inspeção principal provenientes das inspeções de rotina, a nível distrital. Só em 2012, o universo de obras de arte foi abrangido, na totalidade, com uma inspeção principal inserida no SGOA. No período 2009-2011 verificou-se um maior número de estados de conservação, entre o mediano e o mau, assim como se registou maior investimento em intervenções estruturais. O distrito de Santarém chegou a ter, sensivelmente em simultâneo, 54 obras com EC3, 24 com EC4 e 4 com EC5, num universo de 350 obras inventariadas (25%). Em Leiria registaram-se 34 EC3, 13 EC4 e 3 EC5, num total de 190 obras (25%). Portalegre registou 32 EC3 e 7 EC4, num universo de 250 obras (15%).

Decorrentes das inspeções principais, resultaram cerca de 150 intervenções em obras de arte, através de projetos agregados ou individualizados, conforme indicado na Fig.3. Em Portalegre, foram executadas 20 intervenções, associadas principalmente a estruturas em arco de alvenaria de pedra e tijolo (12), seja devido à degradação dos materiais ou a situações pontuais relacionadas com sobrecargas rodoviárias (fendas perimetrais nos arcos). Outras situações estavam relacionadas com a degradação do betão armado (4) e 2 obras constituídas por lajetas de pedra, seriam substituídas por estruturas de betão armado devido a deficiências estruturais associadas às sobrecargas rodoviárias. A Ponte de Belver também foi objeto de alargamento e reforço estrutural (metálica centenária, com corrosão) e verificou-se uma PH do tipo ETMAC com EC4 (corrosão das chapas). Em Santarém, foram executadas 87 intervenções, sendo 40% associadas a estruturas em arco (alvenaria de pedra e tijolo) que manifestaram degradação dos materiais e deficiências de cariz estrutural (devido a sobrecargas rodoviárias e a assentamento de fundações). A reabilitação/substituição de todas as estruturas metálicas representou 25% das intervenções, devido essencialmente à corrosão e também manifestavam deficiências de cariz estrutural. Relativamente às estruturas de betão, as principais anomalias centraram-se na degradação do betão e corrosão das armaduras (10%), e associadas a problemas nas fundações (assentamentos e infraescavações – 15%). Verificou-se, também, 2 PH do tipo ETMAC com EC4 (corrosão das chapas) e 5 PH constituídas por lajetas de pedra, com deficiências estruturais associadas às sobrecargas rodoviárias. Em Leiria, foram executadas 43 intervenções, sendo 40% associadas a estruturas em arco (alvenaria de pedra) que manifestaram degradação dos materiais e deficiências de cariz estrutural (devido a sobrecargas rodoviárias e a assentamento de fundações). Relativamente às estruturas de betão, as principais anomalias centraram-se na degradação do betão e corrosão das armaduras (15%), e associadas a problemas nas fundações (assentamentos e infraescavações – 5%). Verificou-se 1 PH do tipo ETMAC com EC4 (corrosão das chapas) e 3 PH constituídas por lajetas de pedra, com deficiências estruturais. A única estrutura metálica do distrito de Leiria foi desativada e substituída por nova obra integrada em troço variante. Em consequência das anomalias verificadas, cerca de 30% dessas pontes foram objeto de condicionamento/limitação de carga e velocidade de circulação (EC4), e interdição total ao tráfego ou escoramentos urgentes (EC5).

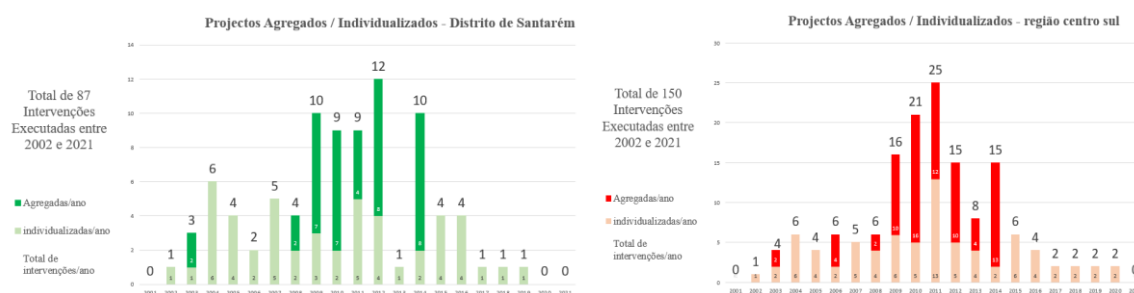


Fig.3. Intervenções em obras de arte no distrito de Santarém e na região centro Sul (2001-2021)

4.3 Estudos e Projetos

Com base no histórico e maturidade do SGOA, e com o desenvolvimento de novos materiais e tecnologias, as soluções de projeto têm evoluído ao longo do tempo. Relativamente às estruturas metálicas centenárias, alargadas com tabuleiro superior de betão armado e reforçadas com pré-esforço exterior, numa primeira fase (2000-2010), era corrente optar-se por manter os aparelhos de apoio metálicos de origem e colocar dispositivos fluido-dinâmicos

antissísmicos nos pilares e encontros (p.e. Ponte D. Luís s/ rio Tejo em Santarém; Ponte s/ rio Zêzere em Constância). Na década seguinte (2010-2020) a técnica de reforço baseou-se no reforço dos pilares e encontros (em alvenaria) com micro-estacas e na substituição dos aparelhos de apoio de origem por HDRB, com capacidade de amortecimento (p.e. Pontes de Abrantes e de Belver). As restantes estruturas metálicas, da primeira metade do séc. XX, com período de vida útil estrutural e funcional finalizado, foram todas desativadas ou demolidas, e substituídas maioritariamente por pontes em betão armado pré-esforçado. Em relação aos arcos de alvenaria, atualmente, os alargamentos estruturais são conseguidos através da execução de uma laje de betão armado, fundada em micro-estacas, para suportar a ação das sobrecargas rodoviárias (ficando a obra de origem apenas sujeita ao peso próprio), contrariamente ao que se verificava no séc. XX, em que se optava, regularmente, por apoiar todo o carregamento, da estrutura de alargamento e das sobrecargas rodoviárias, sobre os arcos existentes (o que se verificou, em algumas situações, não constituir a melhor solução, no médio-longo prazo, devido aos evidentes sinais de excesso de carga nos arcos). Nos arcos em que não se optou pelo alargamento, promoveu-se pela sua impermeabilização, a reparação dos materiais de origem, ou o reforço dos intradorsos com betão armado e aplicação de tirantes nos tímpanos (nos casos em que se verificavam anomalias estruturais). Em alguns arcos de pequena dimensão, assim como PH constituídas por lajetas de pedra, assentes em paramentos de alvenaria, optou-se pela substituição por estruturas de betão armado, devido a deficiências estruturais associadas às sobrecargas rodoviárias e assentamento das fundações. Nas ETMAC, em função do nível de degradação, optou-se pela execução de soleiras de betão armado (solidarizada através de conectores soldados à chapa), pelo reforço através da betonagem de um anel interior em betão armado, dimensionado para resistir às solicitações sem a colaboração da estrutura metálica, ou pela substituição por uma nova estrutura de betão armado. Nas estruturas de betão armado de maior dimensão, procedeu-se, maioritariamente, a trabalhos de reparação de betão e reforço das fundações, enquanto nas PH de menor dimensão optou-se pela substituição ou reforço com estruturas de betão armado, no seu interior.

No âmbito da manutenção, foram prescritas algumas especificações técnicas para trabalhos de reparação em elementos estruturais (situações pontuais), enquadrados no âmbito dos contratos de conservação corrente distrital (CCC) dos CO.

4.4 Manutenção, Reparação, Reforço, Substituição das obras da região centro sul

As cerca de 150 intervenções/empreitadas em obras de arte corresponderam a um investimento de mais de 56,6 Milhões de euros. Ao nível da manutenção, o investimento em obras de arte foi aproximadamente 5,6 Milhões de euros, na última década, através dos CCC (3 contratos por cada distrito, nos períodos de 2010-2013, 2013-2016, e 2017-2020), conforme se apresenta na Fig.4. Verifica-se uma melhoria significativa do estado de conservação das obras de arte, encontrando-se atualmente apenas 4 obras, com EC4-EC5 (0,4%) e 69 com EC3 (7,4%), num universo de 931 obras de arte sob jurisdição da IP, e em exploração na região centro sul (indicado na Fig.5). É de referir que as rubricas incluídas nos Contratos de Conservação Corrente (CCC) têm sido suficientes para a manutenção de obras de arte correntes (Limpezas Gerais de Passeios, Bermas, Órgãos de Drenagem e Juntas de Dilatação; Limpeza de linhas de água, proteção do leito e fundações, com preenchimento de cavidades, execução de soleiras e colchão drenante; Reparações em Componentes Estruturais, incluindo limpeza, selagem de juntas e fendas, reparação de reboco e betão; Manutenção de aparelhos de apoio; Manutenção de Equipamentos como Guardas, Cornijas, Passeios e Passadiços; Manutenção de Juntas de Dilatação; Manutenção de Taludes e Órgãos de Drenagem; Escoramentos). Ainda assim, em algumas obras de maior dimensão, tem existido maior dificuldade no cumprimento dos planos de manutenção específicos (aparelhos de apoio e dispositivos antissísmicos).

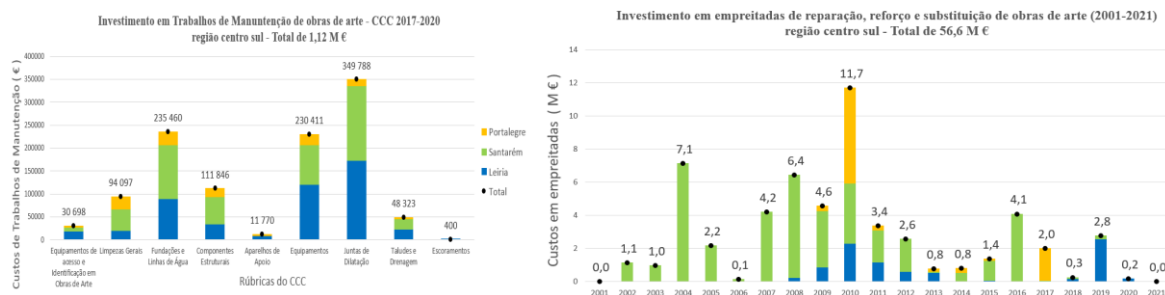


Fig.4. Custos de Manutenção, Reparação, Reforço e Substituição de obras de arte (2001-2021)

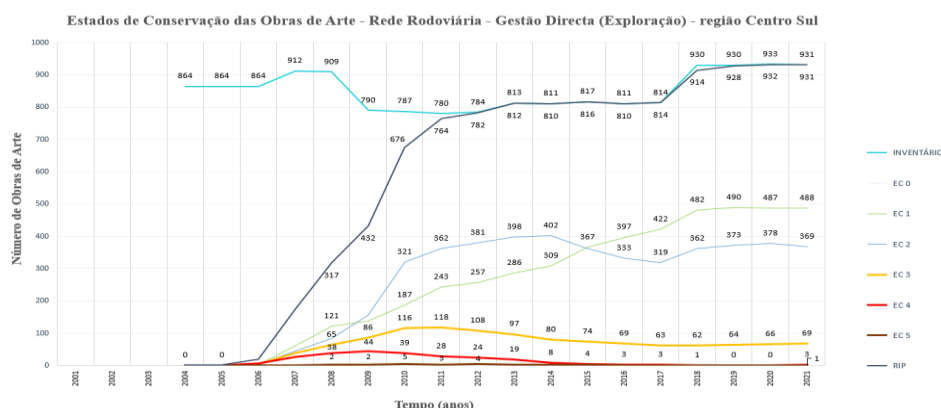


Fig.5. Evolução dos Estados de Conservação das obras de arte na região centro Sul (2001-2021)

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que o período de 20 anos de implementação e desenvolvimento do SGOA da rede rodoviária da IP, como ferramenta fundamental de apoio à gestão de ativos, permitiu o conhecimento da condição estrutural e funcional das obras de arte e a priorização das atividades inerentes à sua manutenção e tomada de decisão das intervenções necessárias, garantindo a sua funcionalidade, longevidade e segurança. Após uma fase inicial, necessariamente mais difícil, de adaptação a novos conceitos e metodologias de trabalho, o SGOA atravessa agora uma fase mais fluída e estabilizada, em que as decisões tomadas são, maioritariamente, de forma preventiva, e não tanto reativa, em situações mais gravosas. No presente, apenas uma obra se encontra permanentemente condicionada por motivos estruturais na região centro sul, nomeadamente a ponte metálica centenária de D. Luís em Santarém s/ rio Tejo (30ton), e em outros casos pontuais evidencia-se que a vida funcional estará esgotada, pelas suas características geométricas (p.e. Pontes metálicas de Coruche e da Chamusca). Em face da maturidade e experiência adquirida, e tendo toda a informação organizada e disponibilizada numa aplicação informática única, é possível hoje ter-se um conhecimento mais aprofundado do histórico das anomalias mais recorrentes e das dificuldades encontradas, o que possibilita definir as metodologias que deverão ser mantidas e os novos desafios a desenvolver. A nível tecnológico, a IP começa hoje a utilizar novos recursos de inspeção (p.e. Drones), numa perspetiva de otimização de custos e de minimização de riscos inerentes a essa atividade, assim como considera melhorar o enquadramento dos trabalhos de manutenção corrente específicos para obras de arte especiais. A integração de novos indicadores no SGOA IP (KPI's), a incorporação de modelos de degradação e sua integração nos estados de conservação, associados à vida estrutural das obras de arte, poderá também ser uma melhoria futura, que deverá seguir os padrões e as melhores práticas utilizadas a nível europeu e mundial, permitindo igualmente uma linguagem comum entre a área da engenharia e a área de gestão de ativos.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a todos os profissionais do ex-ICERR, do ex-IEP, da ex-EP e da atual IP, que trabalharam para a implementação e o desenvolvimento deste SGOA, em todas as suas diversas áreas de atividade, pela partilha de informação técnica e pelo historial disponibilizado, assim como às empresas externas contratadas que igualmente contribuíram para a melhoria dos estados de conservação das obras de arte e do nível de serviço da rede rodoviária.

7 REFERÊNCIAS

1. ICERR, *Caderno de Encargos–Aquisição e Implementação de um Sistema de Gestão de Obras de Arte*, 2002.
2. IP, S.A., *Sistema de Gestão de Obras de Arte da IP - SGOA IP*, 9º Congresso Rodoviário Português, 2019.
3. IP, S.A., *Sistema de Gestão de Obras de Arte da IP (SGOA IP)*, IP, Lisboa, 2018.
4. IP, S.A., *Guias para o Diagnóstico de Obras de Arte*, IP, Lisboa, 2018.
5. IP, S.A., *Manual de Inspeções Principais a Obras de Arte da IP*, IP, Lisboa, 2018.