

## MODELO CONCEITUAL APLICADO À GESTÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS MUNICIPAIS: ESTUDO DE CASO EM PONTES, VIADUTOS E PASSARELAS

### *Conceptual Model Applied to the Management of Municipal Structural Art: Case Study in Bridges, Viaducts and Footbridges.*

**André Felipe Bozio**

**Vivian da Silva Celestino Reginato**  
**Universidade Federal de Santa Catarina**

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial  
andrefbozio@gmail.com; vivian.celestino@ufsc.br

#### **Resumo:**

Ao nível municipal, a gestão de obras de arte especiais (OEA) ainda é incipiente no Brasil. De maneira a gerenciá-las é necessário conhecer suas tipologias, funcionamentos e anomalias, sendo estas, armazenadas de forma estruturada dentro de uma base de dados funcional. Por este objeto geográfico ser complexo, contendo dentro de um mesmo ponto diversos atributos, surge a necessidade de utilizar ferramentas como a Modelagem Conceitual para definir classes, atributos, relacionamentos e demais padronizações referentes. Objetiva-se neste trabalho estruturar um modelo conceitual aplicado à gestão das OAE em âmbito municipal, contemplando prioritariamente as pontes, viadutos e passarelas. A partir de uma análise de atributos, embasada pelas normas vigentes no Brasil, foram estruturados e produzidos como resultados um diagrama de classes e seus respectivos dicionários de dados, seguindo o modelo *Object Modelling Technique – Geographic* (OMT-G). Desta forma foi possível especificar as abstrações realizadas por meio da modelagem conceitual e concluir que a estruturação de um banco de dados de forma padronizada é um importante instrumento de gestão territorial que pode ser utilizado por gestores e projetistas no controle e intervenção em OAE, se tornando um subsídio à tomada de decisão.

**Palavras-chave:** Obras de Arte Especiais (OEA); Modelagem Conceitual; Banco de Dados Geográfico (BDG); gestão territorial.

**Abstract:** At the municipal context, the management of Structural Art is still incipient in Brazil. In order to manage them, it is necessary to know their typologies, operations and anomalies, which are stored in a structured way within a functional database. Because this geographic object is complex, containing several attributes within the same point, there is a need to use tools such as Conceptual Modeling to define classes, attributes, relationships and other related standards. The objective of this work is to structure a conceptual model applied to the management of Structural Art at the municipal context, priority to bridges, viaducts and walkways. Based on an analysis of attributes, on the norms in force in Brazil, a class diagram and its respective data dictionaries were structured and produced as results, following the Object Modeling Tehcnique - Geographic (OMT-G) model. In this way it was possible to specify the abstractions carried out through conceptual modeling and conclude that the structuring of a database in a standardized way is an important territorial management tool that can be used by managers and designers in the control and intervention in Structural Art, becoming an aid to decision making.

**Keywords:** Management of Structural Art; Conceptual Modeling; Geodatabase; Land Management.

## 1. INTRODUÇÃO

As Obras de Arte Especiais (OEA) são elementos fundamentais na infraestrutura civil, haja vista que são necessárias para transpor barreiras da natureza, locadas em ambientes estratégicos, com consequências desastrosas ao desmoronarem ou suas estruturas serem prejudicadas. Para isto, conhecer o objeto e aliá-lo à um preceito de gerenciamento é pré-requisito para um sistema de transporte horizontal bem-sucedido (OLIVEIRA *et al.*, 2019a). Um exemplo atual de desmoronamento devido a estrutura prejudicada ocorreu no viaduto

*Polcevera* da Autoestrada A10, também conhecido como ponte *Morandi*, em Gênova em agosto de 2018, causando a morte de 43 pessoas.

Pelo fato de este tipo de objeto geográfico ser complexo, contendo dentro de um mesmo ponto diversos atributos, surge a necessidade da utilização de ferramentas como a modelagem conceitual, de forma a definir as classes, atributos, relacionamentos e demais padronizações referentes. Segundo a literatura, é incipiente o desenvolvimento de sistemas contendo banco de dados (BD) relacionados a este contexto, mais precisamente no âmbito municipal. As diretrizes que são embasadas pelas normas restringem-se apenas ao aspecto rodoviário, justificando a falta de legislação na esfera municipal. Desta forma, a carência no domínio dos dados e informações relacionadas às OAE por meio dos órgãos públicos municipais torna-se uma limitação nas tomadas de decisão acerca de melhorias pontuais em cada obra, planejamento viário e composição de custos de manutenção.

Destarte, o objetivo deste artigo é estruturar um modelo conceitual de banco de dados de forma a subsidiar a gestão de Obras de Artes Especiais no contexto municipal, sintetizando os principais atributos relacionados às inspeções e ao gerenciamento deste tipo de obra. Este estudo contribui no campo da engenharia ao apresentar um modelo padronizado e organizado por meio de técnicas consolidadas na literatura, as quais facilitarão os gestores municipais e entidades governamentais nas fases de diagnóstico, planejamento e gestão do território, podendo ser propulsor e exemplo para diversos outros bancos de dados relacionados à objetos geográficos dentro de uma cidade.

## 2. GESTÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

O impulso para o surgimento de legislações acerca das inspeções e gestão das OAE ocorreu em 1967, nos Estados Unidos, mais precisamente na ponte *Silver Bridge* em seus 40 anos de vida útil, que ao desmoronar deixou 46 pessoas mortas (SMALL *et al.*, 1999). A partir dos anos 80, com o advento da informática, estes sistemas de gerenciamento saíram do analógico e migraram para o meio digital, melhorando os níveis e a velocidade na qualidade dos dados e nas suas análises (RYALL e RYALL, 2001).

Diante disso as OEA, sendo as pontes, viadutos e passarelas as mais conhecidas, são objetos geográficos de grande importância para o desenvolvimento econômico e social de um país, estando sujeitas a todos os tipos de esforços e ações deteriorantes do meio ambiente, exemplificados por desgastes naturais e acidentais durante toda a sua vida útil (ARAÚJO, 2017).

As atividades de gerenciamento e programação de inspeções deste tipo de obra com os devidos registros dos dados para posterior análise, acarretando tomadas de decisões acerca de sua manutenção, é conhecida como gestão de pontes, ou *management bridge* (HURT e SCHROCK, 2016). Atualmente no Brasil existem diversos métodos de inspeção de pontes, em paralelo aos múltiplos modelos criados por empresas terceiras contratadas para este tipo de inspeção (OLIVEIRA *et al.*, 2019b).

De acordo com as legislações vigentes em âmbito nacional, com maior utilização no Brasil, contemplam-se as normas de inspeção de OAE, a NBR 9452 (ABNT, 2016) a qual estabelece um conjunto de diretrizes para as atividades de inspeções, facilitando a interpretação dos dados levantados e subsidiando de forma eficaz as tomadas de decisões a respeito das manutenções (ARAÚJO, 2017). A norma PRO 010 (DNIT, 2004) estabelece igualmente condições para a realização deste tipo de serviço, trazendo ainda um conjunto de tabelas de inspeção acerca dos principais atributos que devem ser levados em consideração neste contexto

de aplicação (DNIT, 2004), sendo esta utilizada pelo próprio órgão e pela Agência Nacional de Infraestrutura e Transporte (ANTT).

Além destas normas nacionais, são criados, a partir de empresas terceiras, procedimentos próprios de inspeção e/ou para complementar estas análises exigidas. De acordo com Oliveira (2013), que analisou diversos relatórios provenientes destas empresas, constatou-se uma ausência de padronização relacionada ao registro destas informações e falta de uniformização acerca dos critérios adotados, acarretando um grande viés qualitativo com diferentes níveis de detalhamentos dos dados. Já de acordo com Almeida (2013), as metodologias para implementação de um sistema que gerencie este tipo de obra são bastante diversificadas, fato explicado pela dependência com o contexto do parque de OAE, pelo país em que se está aplicando e também pelos tipos de entidades que os desenvolvem.

### 3. MODELAGEM GEOGRÁFICA CONCEITUAL

Diante do contexto de aplicação em OEA, onde inúmeros objetos geográficos são especializados dentro de um sistema, o processo de abstração inerente é denominado modelagem geográfica (COUGO, 1997). Por meio desta abstração da realidade, um modelo de dados subsidia a descrição e a representação destes tipos de objetos em ambiente digital, acarretando inúmeros benefícios relacionados às formas de armazenamento e controlando significativamente as operações analíticas realizadas (LONGLEY *et al.*, 2005). Por conseguinte, um modelo de dados geográficos objetiva trazer um significado capaz de representar de forma digital um determinado dado que represente um fenômeno (COUTO *et al.*, 2017).

Dentro de um projeto de BD, existem três grandes níveis de modelagem: conceitual, lógico e físico, sendo o universo conceitual o que permite a maior abstração dos dados geográficos, tornando-os independentes de critérios de armazenagem e *softwares* para implementação (ELMASRI e NAVATHE, 2015).

A primeira etapa da modelagem conceitual consiste na “análise de requisitos” para definir o objetivo do BD (TEOREY *et al.*, 2013). Para descrever o conteúdo, as estruturas e regras a eles aplicáveis é necessária a segunda etapa, que é o “esquema conceitual” ou “diagrama de classes”, construído por meio de uma linguagem que demonstra como os dados devem ser coletados, organizados e relacionados entre si, para atender a uma determinada demanda (QUEIROZ e FERREIRA, 2006). A terceira etapa é composta pela escrita do dicionário de dados que é a estruturação das representações dos atributos de cada classe e seus domínios, organizados através de tabelas (REGINATO *et al.*, 2018).

Existem diversos modelos conceituais para diferentes exigências. Todavia, os modelos Orientados à Objeto (OO) são utilizados quando é necessário: suportar a diferenciação entre fenômenos geográficos e convencionais e seus relacionamentos; modelar as visões de campo e objeto; modelar as características espaciais dos dados; representar a topologia e suas propriedades (associações simples); organizar os fenômenos por níveis de informação e; ser independente de implementação (*software*). Tendo em vista estas premissas, o modelo OO mais utilizado é o OMT-G (BORGES *et al.*, 2001).

O OMT-G é baseado em três conceitos básicos: classes, relacionamentos e restrições de integridade espacial. Por meio das classes e relacionamentos, estrutura-se os diagramas de classes que consistem em esquemas estáticos de aplicação. A partir do diagrama de classes, deve-se determinar as possíveis restrições de integridade espaciais, as quais devem ser

consideradas na fase de implementação do Banco de Dados Geográficos (BDG) (BORGES *et al.*, 2001).

São dois os tipos de classes possíveis: georreferenciadas e convencionais. As classes georreferenciadas possuem localização geográfica na superfície terrestre (BORGES *et al.*, 2001), representando a visão de campos e objetos. Já as classes convencionais têm a função de descrever um conjunto de objetos, com propriedades, comportamento, relacionamentos e semânticas semelhantes e que, conseqüentemente, possuem uma relação com os objetos espaciais das classes georreferenciadas (BORGES *et al.*, 2001).

#### 4. MATERIAIS E MÉTODO

Com o intuito de responder aos objetivos da pesquisa, foram definidos alguns procedimentos metodológicos. Primeiramente foram levantados as variáveis e atributos necessários à inspeção das OEA, baseados na norma de inspeções de pontes e viadutos de concreto armado e protendido PRO 010 (DNIT, 2004). Com o auxílio das tabelas estabelecidas por esta norma foram possíveis as realizações dos levantamentos das principais classes e seus atributos, por meio de um inventário dos itens que devem ser levantados acerca de uma OAE.

Baseando-se no inventário de dados, foi possível analisar e estabelecer os requisitos básicos para o levantamento, catalogação e gestão de OEA. Destarte, foi possível a estruturação do modelo conceitual, onde foram utilizados parâmetros OMT-G. Para o desenho do diagrama de classes foi-se utilizado o *Stencil OMT-G* do *Microsoft Visio 2010*. O modelo foi diagramado em classes: Município; OAE; características funcionais; características estruturais; tabela de inspeção e; tabela de registro fotográfico.

A partir da definição das classes e seus atributos, seus relacionamentos e, por fim, sua diagramação, os dados foram detalhados e padronizados por meio de dicionários. Para a elaboração deste documento foram contempladas as seguintes informações de cada classe e atributo: nome da classe e sua descrição, primitiva geométrica e sua representação, seus atributos, tipo de dados, tamanho, precisão, possibilidade de valores nulos, domínios, descrições e exemplos.

#### 5. RESULTADOS

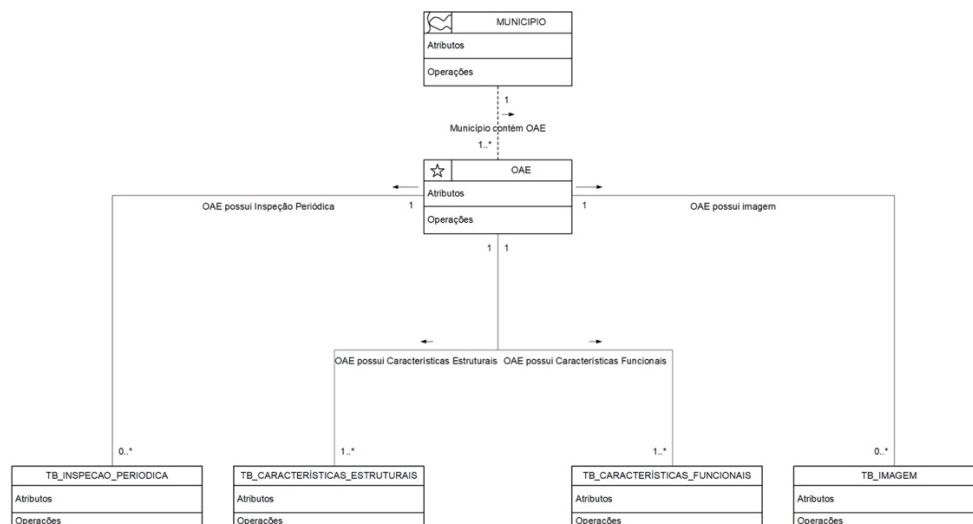
Neste capítulo serão apresentados os resultados da pesquisa na forma de produtos. Mostra-se que o desenvolvimento do modelo conceitual permitiu uma análise dos requisitos básicos e uma padronização dos tipos de dados que estruturaram um sistema de gestão de OEA em um contexto municipal.

##### 4.1. Diagrama de Classes

O diagrama de classes foi produzido com seis classes, sendo duas georreferenciadas (objetos) e quatro convencionais (tabelas). A Figura 1 apresenta o diagrama de classes proposto de forma a delimitar os relacionamentos e as cardinalidades entre os objetos, onde a partir da classe “MUNICIPIO” estão contidas as “OAE” e que, a partir delas derivam-se quatro tabelas: “TB\_INSPECAO\_PERIODICA” (elementos acerca das inspeções de forma a construir-se um BD que servirá de base para possíveis intervenções); “TB\_CARACTERISTICAS\_ESTRUTURAIS” (elementos técnicos da ponte); “TB\_CARACTERISTICAS\_FUNCIONAIS” (funcionalidade de determinada OAE) e; “TB\_IMAGEM” (registro fotográfico). A cardinalidade apresenta a quantidade de atributos

que podem estar contidos dentro de um mesmo objeto (classe), por exemplo, existem muitas características estruturais para cada OAE. Assim como para cada município (1) existem de 1 a muitas OEA (1\*).

Figura 1 – Diagrama de Classes produzido para o modelo conceitual proposto



## 4.2. Dicionário de Dados

Foram construídos seis dicionários de dados para as classes modeladas no diagrama de classes apresentado na Figura 01. Foram detalhados os tipos de dados (*String, Boolean, Float, Date, Integer*, entre outros.), o tamanho (quantidade de caracteres alfanuméricos permitidos dentro do BD), possibilidade de valores nulos, breve descrição acerca do atributo, modo de preenchimento no banco (automático, a ser preenchido, a ser selecionado), e um exemplo norteador. Ver os dicionários de dados produzidos nos Quadros 1, 2, 3, 4, 5 e 6, por meio dos quais foi possível estruturar para cada classe, os atributos contidos dentro das mesmas, de maneira a detalhar a forma pela qual o dado será armazenado, ou seja, a maneira pela qual o objeto geográfico será abstraído da realidade, transformando-o em uma linguagem computacional.

Quadro 1 - Dicionário de dados da classe “MUNICÍPIO”.

Classe	Descrição					Primitiva Geométrica	Representação
MUNICÍPIO	Classe geográfica correspondente à divisão político-administrativa municipal do Brasil, de acordo com a estrutura político-administrativo vigente em 30/04/2018 publicada pelo IBGE					Polígono Adjacente	
Atributo	Tipo de dado	Tamanho	Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Descrição
GEOCODIGO_MUNICÍPIO	Text	7	-	NO	Código numérico do município atribuído pelo IBGE utilizado para relacionamentos no banco (chave primária)	Automático	Ex.: 4202008
NOME_MUNICÍPIO	Text	50	-	NO	Nome do município por extenso	Automático	Ex.: Lages
POPULACAO_MUNICÍPIO	Integer	7	-	NO	População estimada pelo IBGE em 2019 (habitantes)	Automático	Ex.: 108089
AREA_MUNICÍPIO	Double	6	3	NO	Área total do município expressa em quilômetros quadrados (km <sup>2</sup> )	A ser calculado	Ex: 45,214
PERIMETRO_MUNICÍPIO	Float	8	2	NO	Perímetro do município expresso em metros (m)	A ser calculado	Ex: 5000,00

COORDENADA N	Float	7	2	NO	Coordenada Norte do ponto referente a Sede do Município na Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) em metros (m)	A ser calculado	Ex.: 7000000
COORDENADA E	Float	6	2	NO	Coordenada Leste do ponto referente a Sede do Município na Projeção UTM em metros (m)	A ser calculado	Ex.: 7000000
LATITUDE	Float	2	4	NO	Latitude Geográfica do ponto referente a Sede do Município em graus decimais	Automático	Ex.: -26,3525
LONGITUDE	Float	2	4	NO	Longitude Geográfica do ponto referente a Sede do Município em graus decimais	Automático	Ex.: -48,5525
DENSIDADE_DEMO_GRAFICA	Double	8	2	NO	População dividida pela área do município	A ser calculado	Ex.: 2337,67

O Quadro 1 retrata a abstração acerca do município que contemplará o parque de OAE e, para isto, foram levantados 10 atributos que caracterizam o mesmo. Os atributos contidos nesta classe caracterizam a área de estudo em que o parque de OAE está delimitado. O atributo "GEOCODIGO\_MUNICIPIO" objetiva tornar-se chave primária para relacionamentos com as outras classes e é automaticamente relacionado às convenções do IBGE.

Quadro 2 - Dicionário de dados da classe "OAE".

Classe	Descrição					Primitiva geométrica	Representação
OAE	Classe geográfica correspondente à Obra de Arte Especial contida dentro do município					Ponto	★
Atributo	Tipo de dado	Tamanho	Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Descrição
GEOCODIGO_MUNICIPIO	Text	7	-	NO	Código numérico do município atribuído pelo IBGE utilizado para relacionamentos no banco (chave primária)	A ser preenchido	Ex: 4202008
CODIGO_OAE	Text	20	-	NO	Código numérico da Obra de Arte Especial utilizado para relacionamentos no banco (chave primária)	A ser preenchido	Ex.: 4202008PO01
NOME_OAE	Text	50	-	NO	Nome da Obra de Arte Especial por extenso	A ser preenchido	Ex.: Mario Olinger
TIPO_ESTRUTURAL	Text	32	-	NO	Tipo da estrutura básica da Obra de Arte Especial	A ser selecionado	Viga de Concreto Armado Viga de Concreto Protendido Viga e Laje Metálicas Mista (Viga Metal e Laje Concreto) Arco Inferior de Concreto Armado Arco Inferior de Concreto Protendido Arco Inferior Metálico Arco Superior de Concreto Armado Arco Superior de Concreto Protendido Arco Superior Metálico Arco de Alvenaria de Pedra Treliça Metálica Laje de Concreto Armado Laje de Concreto Protendido Madeira Estaiada com Vigamento Metálico Estaiada com Vigamento de C. Protendido Pênsil Não Informado
NAT_TRANSPOSICAO	Text	28	-	NO	Tipo de Obra de Arte Especial	A ser selecionado	Ponte Pontilhão Viaduto de Transposição de Rodovia Viaduto sobre Ferrovia Viaduto sobre Rodovia / Rua Viaduto em Encosta Passagem Inferior Passagem de Pedestre Não Informada
SISTEMA_CONSTRUTIVO	Text	35	-	NO	Tipo de sistema construtivo da Obra de Arte Especial	A ser selecionado	Moldado no Local Pré-moldado de Concreto Armado Pré-moldado Protendido (Pós-tensão) Pré-moldado Protendido (Pré-tensão)

							Balancos Progressivos c/ Continuidades
							Balancos Progressivos c/ Articulações
							Aduelas Pré-moldadas
							Viga Calha Pré-moldada (Sist. Protótipo)
							Ponte Empurrada
							Estaiado em avanços progressivos
							Não Informado
<b>RIO_RUA</b>	Text	30	-	NO	Nome do rio ou rua/rodovia pela qual a Obra de Arte Especial está construída, por extenso	A ser preenchido	Ex.: Rio Itajaí Mirim
<b>COORDENADA N</b>	Float	7	2	NO	Coordenada Norte do ponto referente a Obra de Arte Especial na Projeção UTM em metros (m)	A ser calculado	Ex.: 700000
<b>COORDENADA E</b>	Float	6	2	NO	Coordenada Leste do ponto referente a Sede do Município na Projeção UTM em metros (m)	A ser calculado	Ex.: 700000
<b>LATITUDE</b>	Float	2	4	NO	Latitude Geográfica do ponto referente a Sede do Município em graus decimais	Automático	Ex.: -26,3525
<b>LONGITUDE</b>	Float	2	4	NO	Longitude Geográfica do ponto referente a Sede do Município em graus decimais	Automático	Ex.: -48,5525
<b>ANO_CONSTRUCAO</b>	Integer	4	-	NO	Ano de construção (inauguração) da Obra de Arte Especial	A ser preenchido	Ex: 1995
<b>CONSTRUTORA</b>	Text	40	-	NO	Nome da empresa contratada para os serviços de construção da Obra de Arte Especial	A ser preenchido	Ex: Construtora Engendorff
<b>COMPRIMENTO</b>	Float	4	2	NO	Comprimento total da pista do tabuleiro da ponte (entre as cabeceiras) em metros	A ser preenchido	Ex: 80,00
<b>LARGURA</b>	Float	2	2	NO	Largura total (entre os guarda-corpos) em metros	A ser preenchido	Ex: 10,00

O Quadro 2 detalha a classe “OAE” que abriga as construções propriamente ditas e seus atributos compõem características básicas, segundo a Norma PRO 010 (DNIT, 2004). É uma classe que permite a geoespacialização da OAE dentro do recorte municipal por meio de coordenadas. A chave que irá liga-la à classe de município é o “GEOCODIGO\_MUNICIPIO”. Os demais atributos caracterizam de forma básica a estrutura.

A partir do Quadro 3, são representadas as classes relacionadas às tabelas que serão agregadas dentro de cada OAE. Portanto, o Quadro 3 especifica informações acerca das inspeções destas obras, garantindo um gerenciamento otimizado, de forma a facilitar o acesso à informação dos agentes públicos nos setores de planejamento e gestão territorial.

Quadro 3 - Dicionário de dados da classe "INSPECAO PERIODICA".

Classe	Descrição					
<b>INSPECAO PERIODICA</b>	<b>Relacionamento entre a classe de Obras de Artes Especiais e as Inspeções Periódicas realizadas em casa obra</b>					
Atributo	Tipo de dado	Tamanho/Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Descrição
<b>CODIGO_OAE</b>	Text	3	NO	Código numérico da Obra de Arte Especial utilizado para relacionamentos no banco (chave primária)	A ser preenchido	Ex.: 4202008PO01
<b>DATA_INPECAO</b>	Date	-	NO	Data em que foi realizada a visita <i>in loco</i> para inspeção da Obra de Arte Especial	A ser preenchido	Ex: 21/04/2020
<b>COND_ESTABILIDADE</b>	Text	10	NO	Condições de estabilidade	A ser selecionado	Boa Sofrível Precária
<b>COND_CONSERVACAO</b>	Text	10	NO	Condições de conservação	A ser selecionado	Boa Regular Sofrível Ruim
<b>NIVEL_VIBRACAO</b>	Text	10	NO	Nível de vibração do tabuleiro	A ser selecionado	Normal Intenso Exagerado
<b>INSP_REALIZADA</b>	Text	20	NO	Necessidade de inspeção realizada por Engenheiro de Estruturas	A ser selecionado	SIM sem urgência SIM com urgência NÃO
<b>SIT_LAGES</b>	Text	20	NO	Situação das lajes	A ser selecionado	Buraco existente Buraco iminente Armadura Exposta muito oxidada Armadura Exposta em grande incidência Concreto Desagregado muita intensidade Concreto Desagregado em grande incidência Fissuras com forte infiltração Fissuras em grande incidência Marcas de Infiltração fortes Marcas de Infiltração em grande incidência

Classe	Tipo de dado	Tamanho/Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Descrição
SIT_VIGAMENTO	Text	20	NO	Situação dos vigamentos principais	A ser selecionado	Aspecto do Concreto com má qualidade
						Ausência de cobrimento / pouco cobrimento
						Fissuras finas em algumas partes
						Fissuras finas em grande incidência
						Trincas em algumas partes
						Trincas em grande incidência
						Armadura principal exposta
						Armadura principal muito oxidada
						Desagregação do concreto com muita intensidade
						Desagregação do concreto em grande incidência
						Dente Gerber quebrado/desplacado
						Dente Gerber trincado
						Deformação (flecha) exagerada
SIT_MESOESTRUTURA	Text	20	NO	Situação da mesoestrutura	A ser selecionado	Aspecto do concreto com má qualidade
						Cobrimento pouco/ausente
						Armadura Exposta muito oxidada
						Armadura Exposta em grande incidência
						Concreto Desagregado com muita intensidade
						Concreto Desagregado em grande incidência
						Fissuras com forte infiltração
						Fissuras em grande incidência
						Aparelho de apoio danificado
						Aspecto do Concreto com má qualidade
						Cobrimento ausente/pouco
						Desaprumo
						Deslocamento dos pilares
SIT_INFRAESTRUTURA	Text	20	NO	Situação da infraestrutura	A ser selecionado	Recalque das fundações
						Deslocamento das fundações
						Erosão do terreno de fundação
						Estacas desenterradas
						Irregularidade no pavimento com muita intensidade
						Irregularidade no pavimento em grande incidência
SIT_PISTA_ACESSO	Text	20	NO	Situação das pistas e acessos	A ser selecionado	Juntas de dilatação faltante/inoperante
						Juntas de dilatação muito problemática
						Acessos com degrau acentuado
						Acesso com concordância problemática
						Acidentes com veículos frequente
						Acidentes com veículos eventuais

No Quadro 4 são atribuídas informações no que tange às características estruturais da OAE, trazendo ao banco de dados um rigor técnico qualitativo em relação aos materiais, seções tipo, da superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura.

Quadro 4 - Dicionário de dados da classe "CARACTERISTICAS ESTRUTURAIS".

Classe	Descrição					
CARACTERISTICA ESTRUTURAIS	Relacionamento entre a classe de Obras de Artes Especiais e as características estruturais da obra					
Atributo	Tipo de dado	Tamanho/Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Descrição
CODIGO_OAE	Text	20	NO	Código numérico da Obra de Arte Especial utilizado para relacionamentos no banco (chave primária)	A ser preenchido	Ex.: 4202008PO01
MAT_LAJES	Text	20	NO	Material constituinte das lajes	A ser selecionado	Concreto Armado
						Concreto Protendido
						Aço
						Madeira
MAT_VIGAS_PRINCIPAIS	Text	20	NO	Material constituinte das vigas principais	A ser selecionado	Pedra Argamassada
						Concreto Armado
						Concreto Protendido
						Aço
MAT_PILARES	Text	20	NO	Material constituinte dos pilares	A ser selecionado	Madeira
						Concreto Armado
						Concreto Protendido
						Aço

Classe	Descrição	Tipo de dado	Tamanho/Precisão	Null Values	Relacionamento	Domínio	Descrição
MAT_FUNDACOES	Material constituinte das fundações	Text	20	NO	A ser selecionado	Pedra Argamassada Concreto Estaca Moldada "in situ" Estaca Pré-moldada Estaca de Perfil Metálico Estaca Tubular Metálica Estaca de Madeira Ignorada	
SECAO_TIPO_VIGAS_PRINCIPAIS	Seção tipo das vigas principais	Text	10	NO	A ser selecionado	2 Vigas "T" 3 Vigas "T" 4 ou mais Vigas "T" 2 Vigas "I" 3 Vigas "I" 4 ou mais Vigas "I" Viga Caixa Laje Maciça Vigas Invertidas Vigas Calhas Tipo Especial	
SECAO_TIPO_PILARES	Seção tipo dos pilares	Text	20	NO	A ser selecionado	Único Tipo Parede ou Encontro Único Seção Vazada Único Vazada com Travessa 2 Colunas Isoladas 2 Colunas Contraventadas 2 Colunas com Travessas 3 ou mais Colunas Isoladas 3 ou mais Colunas Contraventadas 3 ou mais Colunas com Travessas Tipo Especial	
SECAO_TIPO_FUNDACOES	Tipo de fundação	Text	20	NO	A ser selecionado	Direta Bloco de Estacas Bloco de Tubulões Tubulões Contraventados Estaca Escavada Ignorada	
APARELHO_APOIO	Tipo de aparelho de apoio	Text	20	NO	A ser selecionado	Freyssinet Neoprene Teflon Placa de Chumbo Rolo Metálico Articulação Metálica Pêndulo Ligação Pórtico Tipo Especial Não Informado	
N_VAOS	Número total de vãos da Obra de Arte Especial	Integer	2	NO	A ser preenchido	Ex: 02	
N_JUNTAS_GERBER	Número total de juntas do tipo Gerber	Integer	2	NO	A ser preenchido	Ex: 04	
COMP_MAIOR_VAO	Comprimento do maior vão, em metros	Float	3/2	NO	A ser preenchido	Ex: 25,41	

O Quadro 5 busca retratar por meio de seus atributos, características relacionadas a funcionalidade da OAE, distinguindo o pavimento, número de vias, acostamento, guarda-corpo, entre outros.

Quadro 5 - Dicionário de dados da classe "CARACTERISTICAS FUNCIONAIS".

Classe	Descrição					
CARACTERISTICAS FUNCIONAIS	Relacionamento entre a classe de Obras de Artes Especiais e as características funcionais da obra					
Atributo	Tipo de dado	Tamanho/Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Descrição
CODIGO_OAE	Text	20	NO	Código numérico da Obra de Arte Especial utilizado para relacionamentos no banco (chave primária)	A ser preenchido	Ex: 4202008P001
RELEVO	Text	10	NO	da região em que a Obra de Arte Especial está implantada	A ser selecionado	Plana Suavemente ondulada Ondulada Montanhosa Escarpada
TRACADO	Text	8	NO	Tipo do traçado da Obra de Arte Especial	A ser selecionado	Tangente Curvo
TRAVESSIA	Text	9	NO	Natureza da travessia da ponte	A ser selecionado	Ortogonal Esconsa
LARG_TOTAL_PISTA	Float	2/2	NO	Largura total da pista em metros	A ser preenchido	Ex: 14,00

N_FAIXAS	Integer	2	NO	Número total de faixas da Obra de Arte Especial	A ser preenchido	Ex.: 6
ACOSTAMENTO	Booleano	3	NO	Existência de acostamento	A ser selecionado	SIM NÃO
LARG_ACOSTAMENTO	Float	1/2	YES	Largura do acostamento	A ser preenchido	Ex: 1,80
PAVIMENTO	Text	8	NO	Tipo de material de pavimentação	A ser selecionado	Asfalto Concreto
PASSEIO	Booleano	3	NO	Existência de passeio	A ser selecionado	SIM NÃO
GUARDA_RODAS	Text	15	NO	Tipo de guarda-rodas	A ser selecionado	P. antigo N. Jersey Outro
DRENOS	Booleano	3	NO	Existência de drenos	A ser selecionado	SIM NÃO
PINGADEIRA	Booleano	3	NO	Existência de pingadeiras	A ser selecionado	SIM NÃO
JUNTA_DILATAÇÃO	Integer	2	NO	Número total de juntas de dilatação	A ser preenchido	Ex: 4
VED_JUNTA_DILATAÇÃO	Text	15	NO	Tipo de vedação das juntas de dilatação	A ser preenchido	Ex: Metálica

Por fim, o Quadro 6 traz as especificações do registro fotográfico acerca de cada OAE.

Quadro 6 - Dicionário de dados relacionado à classe "IMAGEM".

Classe	Descrição					
IMAGEM	Relacionamento entre a classe de Obras de Artes Especiais e os registros fotográficos de cada obra					
Atributo	Tipo de dado	Tamanho/Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Descrição
CODIGO_OAE	Text	20	NO	Código numérico da Obra de Arte Especial utilizado para relacionamentos no banco (chave primária)	A ser preenchido	Ex.: 4202008PO01
DATA_IMAGEM	Date	-	YES	Data em que foi gerada a imagem da Obra de Arte Especial	A ser preenchido	Ex: 21/04/2020
ANEXO-IMAGEM	Text	30	YES	Link de acesso à imagem relacionada ao Código da Obra de Arte e a data da geração	A ser preenchido	Ex.: Vista lateral, vista frontal, vista superior, panorâmica, geral, outros

## 5. CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu alcançar os objetivos estabelecidos, garantindo, assim, a consecução do objetivo geral, além de revelar aspectos relevantes ao gerenciamento de obras públicas, no contexto das OEA municipais, por meio de um estruturado banco de dados.

Por intermédio da estruturação de um modelo de dados temáticos, haja vista que o enfoque se deu em seu universo conceitual, de forma a não o restringir a um sistema ou *software* de implementação específico, os resultados têm uma contribuição gerencial notória.

Este estudo contribui na sintetização dos dados e informações relacionadas ao parque de OEA no contexto municipal, de forma a permitir aos gestores públicos, projetistas e planejadores, rápidas tomadas de decisão acerca das inspeções e quantificações relacionadas a este tipo de obra. Contribui igualmente na criação de um acervo patrimonial, registrando de forma organizada, sistematizada e geograficamente referenciada cada objeto geográfico. Podem-se utilizar dos resultados empresas privadas de inspeção, instituições públicas e órgãos de planejamento e gestão territorial.

Como recomendações para pesquisas futuras, seria contributivo aplicar este modelo em uma área de estudo, de forma a validá-lo. Não obstante, faz-se necessário a utilização da tecnologia para a alimentação do banco de dados, de forma automatizada.

Por fim, o estudo evidenciou a necessidade da estruturação para a organização e padronização de dados para uma gestão territorial otimizada. De forma a contribuir com a temática, o estudo poderá servir como propulsor e exemplo de modelo para banco de dados para organizar diversos objetos geográficos dentro da estrutura organizacional de um município.

## Referências

- ALMEIDA, J. M. M. R. M. O. **Sistema de gestão de pontes com base em custos de ciclo de vida**. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2013. 380 p.
- ARAUJO, C. J. R. V. Principais aspectos abordados na ABNT NBR 9452: 2016 e a importância das condições de acesso às inspeções e das atividades de manutenção em pontes e viadutos. **Revista IPT: Tecnologia e Inovação**, v. 1, n. 5, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9452: Vistorias de pontes, viadutos e passarelas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 48 p.
- BORGES, K. A. V.; DAVIS, C. A.; LAENDER, A. H. F. OMT-G: an object-oriented data model for geographic applications. **GeoInformatica**, v. 5, n. 3, p. 221-260, 2001.
- COUGO, P. S. Modelagem Conceitual de Dados e Projetos de Bancos de Dados. 1997.
- COUTO, R. *et al.* Proposição de Modelo Conceitual de Banco de Dados Geoespacial para o Cadastro Ambiental Rural. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 7, 2017.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento. Rio de Janeiro: DNIT, 2004. 18 p.
- ELMASRI, R.; NAVATHE, S. Fundamentals of Database Systems. Chap. 23-24. 2015.
- HURT, M. A.; SCHROCK, S. D. **Highway bridge maintenance planning and scheduling**. Butterworth-Heinemann, 2016.
- LONGLEY, P. A. *et al.* **Geographic information systems and science**. John Wiley & Sons, 2005.
- OLIVEIRA, Caroline Buratto de Lima e. **Análise da Eficácia de Métodos de Reforço de Pontes Rodoviárias em Concreto Armado**. 2013. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- OLIVEIRA, C. B. L.; GRECO, M.; BITTENCOURT, T. N. Analysis of the brazilian federal bridge inventory. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 12, n. 1, p. 1-3, 2019a.
- OLIVEIRA, C. B. *et al.* Eficácia da gestão de pontes rodoviárias à luz das práticas de inspeção brasileiras. **TRANSPORTES**, v. 27, n. 4, p. 172-186, 2019b.
- QUEIROZ, G. R.; FERREIRA, K. R. Tutorial sobre Bancos de Dados Geográficos. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: São José dos Campos**, 2006.
- RYALL, M. J.; RYALL, M. **Bridge management**. Elsevier, 2001.
- SMALL, E. P. *et al.* Current status of bridge management system implementation in the United States. *In: 8th International Bridge Management Conference*. 1999.
- TEOREY, T.; LIGHTSTONE, S.; NADEAU, T. Projeto e modelagem de banco de dados. **Campus, 5ª edição**. 2014.