

# **OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DA INFORMAÇÃO EM PROJETOS FERROVIÁRIOS: UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA COM MAPA DE REQUISITOS DE INFORMAÇÃO (IRM) BASEADO NA ISO 19650**

Paulo Renato Vieira Andrade

## **Resumo**

A gestão da informação em projetos de infraestrutura ferroviária no Brasil enfrenta uma lacuna crítica: a ausência de requisitos informacionais sistematizados, comprometendo a qualidade dos dados e a tomada de decisões. Este artigo propõe uma abordagem metodológica inovadora para a construção de um Mapa de Requisitos de Informação (IRM), fundamentado nos princípios da norma ISO 19650, a partir de sua aplicação em uma concessionária ferroviária nacional. O estudo detalha a estrutura de três níveis (organizacional, de projeto e de ativos) do IRM e seu fluxo coerente de requisitos. Demonstra-se como requisitos organizacionais (OIR) são traduzidos em especificações detalhadas nos requisitos de ativos (AIR) e de projeto (PIR) através de exemplos práticos de elementos ferroviários. Os resultados evidenciam o potencial do IRM como ferramenta estratégica para o alinhamento interinstitucional, a melhoria da qualidade da informação e o impulsionamento da maturidade na engenharia digital do setor ferroviário brasileiro.

**Palavras-chave:** Mapa de Requisitos de Informação; ISO 19650; Infraestrutura Ferroviária; BIM; Gestão da Informação.

## **Abstract**

Information management in Brazilian railway infrastructure projects faces a critical gap: the absence of systematized information requirements, compromising data quality and decisionmaking. This paper proposes an innovative methodological approach for constructing an Information Requirements Map (IRM), based on the principles of the ISO 19650 standard, derived from its application within a national railway concessionaire. The study details the IRM's three-level structure (organizational, project, and asset) and its coherent flow of requirements. It demonstrates how organizational information requirements (OIR) are translated into detailed specifications within asset information requirements (AIR) and project information requirements (PIR) through practical examples of railway elements. The results highlight the IRM's potential as a strategic tool for inter-institutional alignment, improving information quality, and fostering the engineering digital maturity of the Brazilian railway sector.

**Keywords:** Information Requirements Map; ISO 19650; Railway Infrastructure; BIM; Information Management.

## **Sumário**

1. Introdução.....	3
2. Metodologia.....	4
2.1. Pesquisa bibliográfica.....	4
2.2. Análise de Normas e Guias Técnicos Internacionais .....	4
2.3. Diagnóstico Qualitativo do Setor Ferroviário Brasileiro.....	5
2.4. Desenvolvimento da Proposta de Modelo IRM .....	5
2.5. Análise Crítica e Discussão .....	6
3. Contextualização Teórica: ISO 19650 e Requisitos de Informação .....	6
3.1. A Gestão da Informação no Setor Construído e a Ascensão do BIM.....	6
3.2. A Série ISO 19650: Princípios Fundamentais e o Ambiente Comum de Dados (CDE) ....	7
3.3. Classificação e Interdependência dos Requisitos de Informação .....	7
3.4. O Mapa de Requisitos de Informação (IRM) como Ferramenta de Operacionalização ....	8
4. Desenvolvimento e Resultados.....	9
4.1. Diagnóstico dos Desafios na Gestão da Informação Ferroviária .....	9
4.2. O Mapa de Requisitos de Informação (IRM) em Aplicação: Detalhamento de um Estudo .....	10
de Caso .....	10
4.3. Estudo de Caso: Trilho (IfcTrackElement).....	13
4.3.1. Contexto e Propósito (OIR - Requisitos de Informação Organizacionais) .....	13
4.3.2. Aplicação do IRM (PIR/AIR/EIR).....	15
4.4. Implicações e Contribuições do IRM para o Setor Ferroviário.....	15
4.4.1. Contribuições e Implicações Positivas .....	15
4.4.2. Desafios de Implementação e Reflexões Práticas .....	16
5. Conclusões.....	17
6. Referências .....	19

## 1. Introdução

A transição para a era digital tem redefinido profundamente as abordagens para a concepção, desenvolvimento e gestão de projetos de infraestrutura complexos. Tecnologias como o Building Information Modelling (BIM) estão sendo adotadas globalmente como instrumentos estratégicos para melhorar a colaboração, a acurácia de informações e a eficiência ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos [Eastman et al., 2018].

No Brasil, o setor ferroviário, estratégico para o transporte de cargas e passageiros, enfrenta o imperativo de modernizar suas práticas e adotar novos modelos de gestão da informação. Um dos principais desafios históricos observados é a ausência de diretrizes claras e padronizadas para a definição e entrega de requisitos informacionais, o que tem gerado retrabalho, baixa interoperabilidade e tomada de decisão baseada em dados fragmentados [Borges et al., 2020; Nielsen et al., 2021].

A fragmentação da informação entre as fases do projeto (planejamento, projeto, construção, operação) e entre os diversos agentes envolvidos (concessionárias, projetistas, empreiteiras, órgãos reguladores) impede a consolidação de um fluxo digital contínuo, limitando o avanço da maturidade digital no setor ferroviário [Succar, 2009].

Nesse contexto, a adoção de metodologias e padrões internacionais, como a série de normas ISO 19650, surge como uma alternativa promissora para estruturar e qualificar os fluxos de informação. A ISO 19650 organiza a gestão da informação ao longo de todo o ciclo de vida dos ativos construídos utilizando BIM, e destaca a importância da definição precisa de requisitos de informação (OIR, PIR, AIR, EIR) para assegurar que os dados sejam entregues no formato certo, com a qualidade adequada e no tempo correto [ISO 19650-1, 2018].

Entretanto, a aplicação desses princípios à realidade dos projetos ferroviários brasileiros, que apresentam características técnicas, regulatórias e contratuais bastante específicas, ainda enfrenta desafios. Estudos apontam que a ausência de alinhamento entre atores e a falta de ferramentas adaptadas ao contexto nacional dificultam a implantação efetiva de uma governança informacional robusta [Arrotéia et al., 2021; Bonduelle et al., 2020].

Este artigo propõe uma abordagem metodológica para a construção de um Mapa de Requisitos de Informação (IRM) adaptado às necessidades dos projetos ferroviários no Brasil. A proposta parte de uma revisão da literatura sobre os fundamentos da ISO 19650 e da gestão da informação em ativos lineares, e se aprofunda na análise de um modelo de IRM consolidado e já utilizado por uma concessionária nacional.

O estudo de caso apresenta exemplos práticos do uso do IRM em projetos de expansão ferroviária, demonstrando como essa ferramenta contribui para o alinhamento institucional, melhoria na governança da informação e avanço da maturidade digital das organizações. Ao explorar a aplicação real de um sistema de requisitos de informação, a pesquisa busca preencher lacunas da literatura sobre diretrizes práticas em projetos de infraestrutura, fortalecendo a gestão integrada dos ativos desde sua concepção até a operação.

## **2. Metodologia**

A elaboração desta proposta metodológica para a construção de um Mapa de Requisitos de Informação (IRM) para projetos ferroviários fundamenta-se em uma abordagem de pesquisa qualitativa e exploratória. O estudo pautou-se na consulta a diversas fontes de informação, visando garantir a robustez teórica e a aplicabilidade prática dos resultados no contexto da infraestrutura ferroviária brasileira. O trabalho foi estruturado nas seguintes etapas:

### **2.1. Pesquisa bibliográfica**

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica centrada nos fundamentos da gestão da informação em projetos de construção e infraestrutura, com ênfase na aplicação do Building Information Modelling (BIM) e nos princípios estabelecidos pela série de normas ISO 19650. A pesquisa abrangeu obras fundamentais como a de Eastman et al. (2018), que apresentam a modelagem da informação como instrumento estratégico para o ciclo de vida dos empreendimentos, e o framework conceitual proposto por Succar (2009), que sistematiza os níveis de maturidade e os processos de gestão informacional no ambiente BIM. Também foram analisados estudos aplicados ao contexto brasileiro, como os de Borges, Arrotéia e Souza (2020) e Arrotéia et al. (2021), que identificam barreiras, oportunidades e diretrizes práticas para a adoção do BIM em projetos de infraestrutura. Complementarmente, os trabalhos de Nielsen, Vasconcellos e Amorim (2024) e as diretrizes da ISO 19650-1,2 (2018) contribuíram para consolidar uma base teórica complementar, permitindo compreender os requisitos de informação e os desafios inerentes à sua gestão em ambientes colaborativos e tecnicamente complexos.

### **2.2. Análise de Normas e Guias Técnicos Internacionais**

Foi conduzido um estudo das normas ISO 19650-1 (2018) e ISO 19650-2 (2018), que estabelecem os conceitos e princípios para a gestão da informação utilizando BIM na fase de entrega de ativos. Para compreender a evolução dessas diretrizes e a lógica por trás da estrutura

de requisitos de informação — incluindo OIR, PIR, AIR e EIR — também foram analisados documentos precursores, como a PAS 1192-2 (2013). Complementarmente, foram examinados guias de implementação e manuais de boas práticas elaborados por entidades de referência internacional, como o UK BIM Framework, que oferecem orientações práticas para a aplicação efetiva das normas.

### **2.3. Diagnóstico Qualitativo do Setor Ferroviário Brasileiro**

A metodologia adotada incluiu a análise aprofundada de um Mapa de Requisitos de Informação (IRM) em operação em uma concessionária ferroviária brasileira de destaque. Foram examinados documentos de projetos e elaborada uma planilha eletrônica contendo o catálogo de ativos, disciplinas, parâmetros informacionais e níveis de detalhamento (LOD) por fase, além de fichas de detalhamento de elementos construtivos específicos. Essa análise empírica permitiu avaliar a estrutura de classificação de elementos e disciplinas aplicadas a ativos ferroviários, compreender a operacionalização dos LODs ao longo das fases de projeto — Estudo Preliminar, Projeto Conceitual, Projeto Básico, Projeto Executivo, Construção e Montagem, e As-built, e mapear os parâmetros informacionais exigidos para cerca de 150 tipos de ativos ferroviários, incluindo suas correspondências com classes e propriedades do padrão Industry Foundation Classes (IFC), além da definição de mais de 40 parâmetros essenciais. Também foi possível verificar a aderência do sistema aos princípios da ISO 19650 na prática e identificar suas implicações para a gestão da informação em um ambiente operacional real.

### **2.4. Desenvolvimento da Proposta de Modelo IRM**

Com base nos conhecimentos adquiridos na revisão da literatura, na análise das normas e nos insights obtidos a partir do estudo de caso prático, foi desenvolvido um modelo estruturado de Mapa de Requisitos de Informação (IRM). Esse modelo foi adaptado às especificidades do ciclo de vida dos projetos ferroviários, incorporando exemplos práticos extraídos do caso analisado para ilustrar a aplicação dos conceitos. Foram definidos três níveis de requisitos — organizacional, de projeto e de ativos — e proposto um fluxo coerente de requisitos informacionais por fase do ciclo de vida e por disciplina técnica, com o objetivo de otimizar a coleta, organização e entrega das informações ao longo do desenvolvimento dos empreendimentos.

## **2.5. Análise Crítica e Discussão**

Foi realizada uma avaliação do potencial do modelo proposto, reforçada pela validação prática obtida no estudo de caso, com o objetivo de enfrentar os desafios identificados. Discutiram-se os benefícios esperados, os obstáculos inerentes à sua implementação e as contribuições do IRM para o avanço da maturidade digital e o alinhamento interinstitucional no setor ferroviário brasileiro. A metodologia adotada permitiu construir uma proposta robusta, fundamentada em bases teóricas sólidas e em padrões internacionais, ao mesmo tempo em que foi pragmaticamente adaptada às necessidades e aos desafios específicos do ambiente ferroviário nacional, com o respaldo de um exemplo prático.

## **3. Contextualização Teórica: ISO 19650 e Requisitos de Informação**

A gestão eficaz da informação é um componente crítico para o sucesso de empreendimentos complexos, especialmente no setor de engenharia e construção. A crescente digitalização e a complexidade dos projetos de infraestrutura, como os ferroviários, exigem uma abordagem estruturada para a criação, troca e utilização de dados ao longo de todo o ciclo de vida dos ativos. Nesse cenário, o Building Information Modelling (BIM) e a série de normas ISO 19650 emergem como pilares para a modernização da gestão da informação.

### **3.1. A Gestão da Informação no Setor Construído e a Ascensão do BIM**

O Building Information Modelling (BIM) representa uma metodologia integrada para a geração, organização e gestão de representações digitais das características físicas e funcionais de um empreendimento ao longo de seu ciclo de vida [EASTMAN et al., 2018]. Mais do que uma ferramenta de modelagem tridimensional, o BIM configura-se como um processo colaborativo que permite que múltiplos agentes, projetistas, construtores, operadores e gestores, acessem e compartilhem informações estruturadas, promovendo a interoperabilidade entre disciplinas. A adoção do BIM tem sido associada à melhoria da produtividade, à redução de retrabalhos e à elevação da qualidade na tomada de decisão em projetos de construção e infraestrutura [ARROTÉIA et al., 2021; BORGES et al., 2020]. No entanto, para que os benefícios do BIM se concretizem, é imprescindível que a informação seja gerida de forma padronizada, segura e orientada a objetivos, o que demanda a definição clara e hierarquizada dos requisitos informacionais [SUCCAR, 2009; ISO, 2018].

### 3.2. A Série ISO 19650: Princípios Fundamentais e o Ambiente Comum de Dados (CDE)

A série de normas internacionais ISO 19650, derivada da experiência consolidada das normas britânicas PAS 1192, estabelece um arcabouço para a gestão e colaboração da informação ao longo de todo o ciclo de vida de ativos construídos, com base na utilização do BIM [ISO 196501, 2018]. Seu principal objetivo é promover a interoperabilidade, a padronização e a eficiência na troca de informações entre os envolvidos em um projeto, assegurando que a informação correta esteja disponível para a pessoa certa no momento adequado. Entre seus princípios fundamentais, destacam-se a gestão da informação ao longo do ciclo de vida, reconhecendo que os dados são gerados, utilizados e evoluem desde o planejamento até a operação e eventual desativação do ativo, o conceito de Ambiente Comum de Dados (CDE), que funciona como uma fonte única e acordada de informação para o projeto, com status bem definidos (WIP, Shared, Published e Archived), garantindo qualidade, rastreabilidade e transparência, e o planejamento estruturado da entrega da informação, concretizado por meio de documentos como os Planos de Execução BIM (BEP) e marcos informacionais que definem responsabilidades e prazos [ISO 19650-2, 2018].

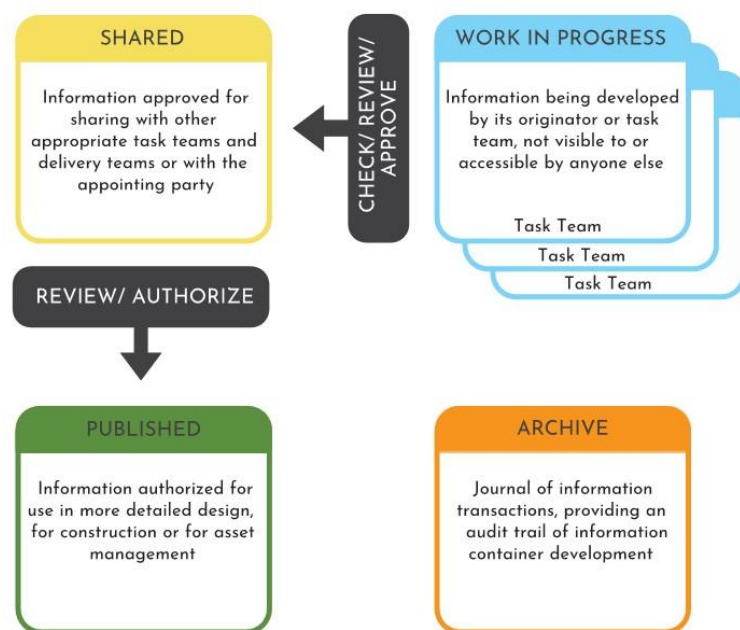


Figura 1- <https://bimcorner.com/cde-within-iso-19650-a-process-or-a-solution/>

### 3.3. Classificação e Interdependência dos Requisitos de Informação

O cerne da ISO 19650 está na definição e gestão sistemática dos requisitos de informação, organizados em uma hierarquia lógica que orienta a solicitação e entrega de dados ao longo do ciclo de vida dos ativos [ISO 19650-1, 2018]. A norma distingue quatro tipos principais de

requisitos: os Requisitos de Informação Organizacionais (OIR), que representam as informações de alto nível necessárias para que uma organização atinja seus objetivos estratégicos e operacionais, independentemente de projetos específicos; os Requisitos de Informação de Ativos (AIR), que detalham os dados essenciais para a operação, manutenção e gestão eficiente de ativos ao longo de sua vida útil, derivados dos OIRs; os Requisitos de Informação de Projeto (PIR), que descrevem as informações necessárias para a gestão de um projeto específico, também derivados dos OIRs e, quando aplicável, dos AIRs; e os Requisitos de Informação para Troca (EIR), que formalizam, de forma contratual, as exigências informacionais a serem entregues entre as partes envolvidas no projeto, detalhando formatos, níveis de detalhamento (LOD), níveis de necessidade da informação (LOIN), padrões de nomenclatura, entre outros. A inter-relação entre esses requisitos é fundamental: os OIRs orientam os AIRs e os PIRs, que, por sua vez, são desdobrados nos EIRs, garantindo que as necessidades informacionais da organização sejam atendidas em todos os níveis do empreendimento.

#### **3.4. O Mapa de Requisitos de Informação (IRM) como Ferramenta de Operacionalização**

Um Mapa de Requisitos de Informação (IRM) é uma representação estruturada e operacional que demonstra como os diferentes tipos de requisitos de informação se relacionam e se desdobram ao longo do ciclo de vida de um projeto ou ativo. Funciona como uma ferramenta estratégica de planejamento e comunicação, assegurando que todos os envolvidos, desde proprietários e operadores até projetistas e construtores, compreendam claramente “quem precisa de que, quando e como”.

A operacionalização de um IRM se concretiza por meio de documentos e estruturas que detalham as expectativas informacionais. Um exemplo prático, analisado neste estudo, evidencia a robustez de um IRM quando implementado de forma sistemática. Esse modelo se manifesta em uma planilha abrangente, transformada em um painel BI, complementada por especificações detalhadas de elementos, que mapeia com precisão os requisitos de informação para diversos ativos que compreendem uma infraestrutura ferroviária.

A construção de um IRM eficaz, como o modelo prático em questão, facilita a implementação do BIM e a aderência à ISO 19650 em diversos aspectos. Primeiramente, ao esclarecer expectativas por meio de um detalhamento prático, o IRM define com precisão os Níveis de Detalhamento (LOD) para cerca de 150 tipos de ativos ferroviários, especificando-os para cada fase do projeto, desde o Estudo Preliminar até o As-built. Além disso, lista mais de 40 parâmetros específicos para cada ativo, indicando a obrigatoriedade de cada um em cada etapa

do projeto. Por exemplo, para um “corrimão superior”, o IRM exige parâmetros como identificação, dimensões, material e níveis de instalação, eliminando ambiguidades.

Em segundo lugar, o IRM otimiza processos por meio da padronização de dados. Ao especificar o uso de classes e propriedades IFC (Industry Foundation Classes), vincula os ativos aos padrões internacionais de interoperabilidade, permitindo automação e integração entre diferentes softwares e disciplinas. A definição de tipos de dados e unidades de medida para cada parâmetro contribui para a consistência na coleta e processamento das informações, reduzindo retrabalhos e incompatibilidades.

Além disso, o IRM apoia a governança da informação ao fornecer um dicionário unificado de disciplinas, ativos e parâmetros. A matriz de aplicação de parâmetros para cada ativo permite auditoria transparente e rastreabilidade, fortalecendo a governança documental e definindo claramente as responsabilidades pela entrega de cada parcela de dados.

Por fim, o IRM maximiza o valor da informação ao longo do ciclo de vida dos ativos. A exigência de dados detalhados desde as fases iniciais do projeto, com progressão nos LODs, garante que a informação gerada seja um ativo confiável. Informações sobre materiais, datas de construção e manutenção, e características técnicas dos ativos são diretamente utilizáveis em sistemas de gestão de ativos, manutenção preditiva e otimização operacional, estendendo o valor da informação para além da fase de entrega do projeto.

Em ambientes complexos como a infraestrutura ferroviária, onde precisão, rastreabilidade e interoperabilidade são essenciais para a segurança, eficiência e longevidade dos ativos, um IRM bem estruturado e alinhado à ISO 19650, torna-se uma ferramenta indispensável para o avanço da maturidade digital do setor.

#### **4. Desenvolvimento e Resultados**

Esta seção consolida o diagnóstico dos desafios da gestão da informação no setor ferroviário brasileiro com a apresentação detalhada de um Mapa de Requisitos de Informação (IRM) em aplicação prática, culminando na análise de suas implicações e contribuições para a maturidade digital do setor.

##### **4.1. Diagnóstico dos Desafios na Gestão da Informação Ferroviária**

A infraestrutura ferroviária brasileira, apesar de seu papel vital, enfrenta desafios substanciais na gestão da informação de seus projetos e ativos. A transição para um ambiente digital e

integrado ainda é incipiente em muitas operações, com a ausência de processos sistematizados para a definição de requisitos de informação figurando como uma barreira primária à modernização. Os principais problemas identificados são,

- *Qualidade e Consistência dos Dados:* Observa-se uma falta de padronização na coleta, armazenamento e compartilhamento de dados, o que resulta em informações inconsistentes, duplicadas ou incompletas. Modelos e desenhos frequentemente carecem de padrões consistentes, dificultando a interoperabilidade e a reutilização de dados entre disciplinas e fases. Isso leva à inconfiabilidade da informação para análises críticas e à perda de dados valiosos entre as fases do ciclo de vida do ativo [Eastman et al., 2018].
- *Governança Documental Deficiente:* A gestão de documentos e informações é frequentemente fragmentada, baseada em repositórios isolados e, por vezes, inadequados. A ausência de um Ambiente Comum de Dados (CDE) robusto e bem implementado compromete o controle de versão, a rastreabilidade e o acesso ágil à informação, criando "silos" informacionais entre departamentos e disciplinas [ISO 19650-1, 2018].
- *Impacto na Tomada de Decisão:* A carência de informações precisas e acessíveis no momento oportuno afeta diretamente a qualidade das decisões estratégicas e operacionais. Isso se manifesta em atrasos de projetos, custos adicionais por retrabalhos, gerenciamento de riscos ineficaz e uma subutilização do potencial das tecnologias digitais, como o BIM, que não conseguem transformar dados em inteligência acionável sem requisitos claros [Succar, 2009].
- *Cultura Organizacional e Capacitação:* Há uma lacuna na conscientização sobre o valor estratégico da gestão da informação, aliada a uma resistência natural à mudança de processos. A capacitação em novas metodologias e tecnologias, como o BIM e os princípios da ISO 19650, ainda demanda maior investimento para impulsionar a maturidade digital do setor.

#### **4.2. O Mapa de Requisitos de Informação (IRM) em Aplicação: Detalhamento de um Estudo de Caso**

Para ilustrar a superação dos desafios citados anteriormente, esta seção detalha um Mapa de Requisitos de Informação (IRM) em uso em uma concessionária ferroviária nacional. Este IRM

representa uma aplicação prática e consolidada dos princípios da ISO 19650, adaptados às especificidades da infraestrutura ferroviária brasileira.

- *Requisitos de Informação Organizacionais (OIR)*: Embora não explicitamente denominados, a abrangência e o detalhamento do IRM refletem diretamente as necessidades organizacionais para a gestão de seus ativos. A estrutura do IRM, que abarca 64 disciplinas distintas (ex: Acústica, Aerofotogrametria, Arquitetura, Eletromecânica, Via Permanente, Telecomunicações), e a diversidade de requisitos de dados, demonstram a busca por uma base informacional robusta para apoiar decisões estratégicas e operacionais de longo prazo, como planejamento de manutenção, otimização de investimentos e conformidade regulatória.

Disciplina										
(Em branco)	AUT	CVI	EEL	EQP	HID	LUM	PAI	SAU	SIN	TOP
ACU	BAT	DES	EEM	ETR	HVA	MAM	PAV	SCI	SON	TUN
AER	CAR	DRE	EET	GEO	ILU	MET	PLA	SCO	SVI	URB
ARQ	CFT	ECO	EHI	GER	INT	MNU	PRO	SDA	TEL	UTI
ATR	CTR	EEC	EME	GET	LEV	OBC	SAE	SFE	TER	VPE

Figura 2 - Disciplinas do IRM - Fonte: autor

- *Requisitos de Informação de Projeto (PIR)*: O IRM detalha os requisitos para a gestão de projetos ferroviários através da especificação dos Níveis de Detalhamento (LOD) esperados para cada tipo de ativo em diferentes fases do projeto. As fases são definidas como Estudo Preliminar, Projeto Conceitual, Projeto Básico, Projeto Executivo, Construção e Montagem, e As-built. Para cada ativo, o IRM associa LODs que progridem em detalhamento (ex: LOD 200 em fases iniciais, evoluindo para LOD 500 no As-built), orientando as equipes de projeto sobre a granularidade da modelagem e da informação exigida em cada etapa do ciclo de vida do empreendimento.



Figura 3 - LOD de elementos - Fonte: autor

- *Requisitos de Informação de Ativos (AIR)*: Este é o nível mais granular e prático do IRM. Ele cataloga aproximadamente 150 tipos de ativos e elementos construtivos comuns em projetos ferroviários. A tabela 1 traz exemplos dessa organização:

Aspecto	Descrição	Detalhes/Exemplos
Correspondência IFC	Vinculação de cada classe de elemento a uma Classe IFC (Industry Foundation Classes) padrão, com URLs de referência para a buildingSMART International. Crucial para a interoperabilidade e a gestão da informação em um Ambiente Comum de Dados (CDE).	Exemplos de Classes IFC: IfcRailing, IfcTrackElement, IfcPile, IfcDuctSegment, IfcElectricalDevice.
Parâmetros Informativos	Uma matriz de aplicação que indica quais dos mais de 40 parâmetros informativos são mandatórios para cada ativo, com tipos de dados (ex: Texto, Número, Data) e unidades de medida (ex: m, m <sup>2</sup> , V, km/h) rigorosamente definidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificação e Contexto: ID do ativo, nome, descrição, ambiente de instalação, classificação interna, identificador (Tag).</li> <li>• Informações de Gerenciamento de Projeto/Pacote de Trabalho: Área de Trabalho de Construção, Pacote de Trabalho de Construção, Pacote de Trabalho de Engenharia, Pacote de Trabalho de Instalação.</li> <li>• Dimensões Geométricas: Altura, largura, comprimento, espessura, diâmetro, área, volume, inclinação, raio, profundidade.</li> <li>• Características Físicas e Construtivas: Material, ano de construção/manutenção, níveis de instalação (base, topo, offset).</li> <li>• Dados Operacionais/Técnicos Específicos: Tensão nominal, corrente nominal, resistência, taxa de aço, superelevação, ramo, velocidade projetada, estaqueamento, dados específicos de AMV (abertura, lado, número).</li> </ul>
Diversidade de Ativos	O catálogo abrange elementos de diversas disciplinas, refletindo a complexidade da infraestrutura ferroviária.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arquitetura: rampas, escadas, paredes, lajes.</li> <li>• Via Permanente: dormentes, trilhos, AMVs.</li> <li>• Estruturas (concreto e metálicas): estacas, pilares, vigas, tabuleiros.</li> <li>• Sistemas Elétricos: bandejas de cabos, equipamentos, painéis.</li> <li>• Sistemas Hidrossanitários: tubulações, equipamentos.</li> <li>• Mecânicos: bombas, compressores.</li> <li>• Outros: drenagem, terraplenagem e sinalização.</li> </ul>

Tabela 1 - Componentes para a definição de ativos e parâmetros informativos em projetos de Engenharia Ferroviária – Fonte: Autor

A implementação deste IRM se destaca pelo seu compromisso com a padronização e interoperabilidade. A vinculação a padrões IFC para ativos e propriedades, juntamente com um dicionário de parâmetros detalhado, garante consistência e a capacidade de análise quantitativa dos modelos. A matriz de aplicabilidade de parâmetros serve como uma ferramenta contratual e operacional, orientando os fornecedores de informação sobre as exigências precisas para cada entrega.

A *figura 4* representa o uso do IRM associado ao elemento do projeto:

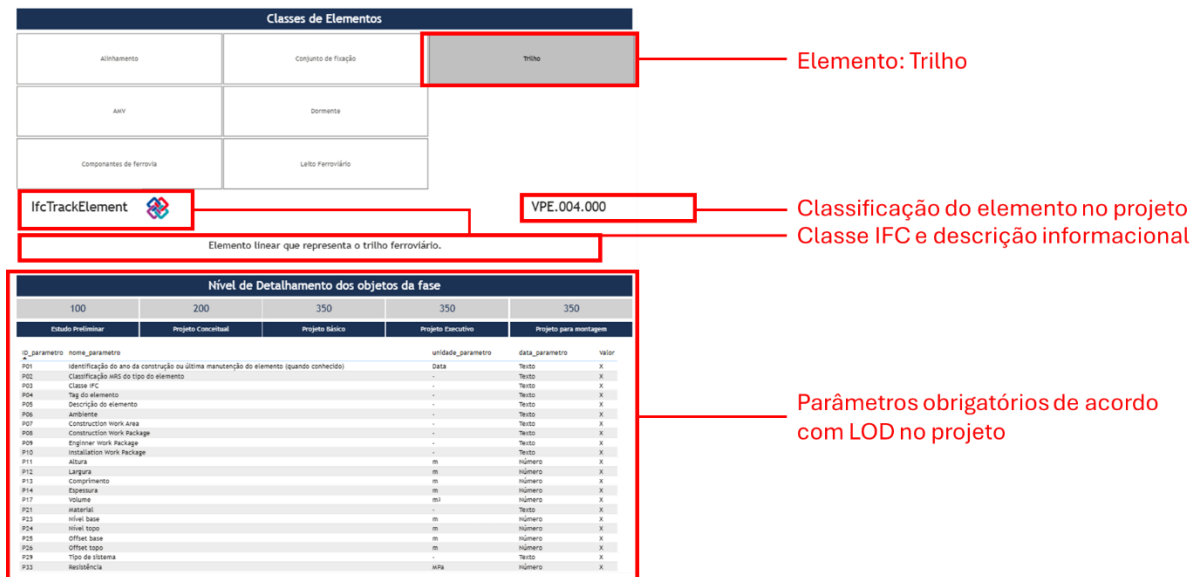


Figura 4 - Classificação completa do elemento no IRM - Fonte: Autor

### 4.3. Estudo de Caso: Trilho (IfcTrackElement)

Para tangibilizar a funcionalidade do Mapa de Requisitos de Informação (IRM), e demonstrar sua aplicabilidade em projetos de expansão e manutenção ferroviária, será apresentado exemplo hipotético de como a especificação de requisitos informacionais impacta a gestão de elementos específicos da infraestrutura. O poder do IRM reside na sua capacidade de padronizar a geração de dados para centenas de ativos, garantindo que a informação seja útil desde a concepção até a operação.

#### 4.3.1. Contexto e Propósito (OIR - Requisitos de Informação Organizacionais)

Em infraestruturas ferroviárias, a gestão detalhada dos trilhos é crucial para a segurança operacional e a eficiência. Isso envolve garantir a Compatibilidade de Bitola (1,60m) para toda a infraestrutura, permitindo a operação segura do material rodante e a compatibilidade com equipamentos de manutenção. A Integridade Estrutural e Capacidade de Carga são determinadas pela identificação clara da classe do trilho (ex: TR57), o que informa os limites de velocidade

e carga por eixo, além de guiar o planejamento da vida útil e a estratégia de substituição. Para a Segurança e Desempenho em Curvas, a conformidade com parâmetros geométricos, como o raio mínimo de 120m, é imperativa para evitar descarrilamentos, garantir o conforto dos passageiros e reduzir o desgaste da via e do material rodante, influenciando diretamente o projeto e a manutenção da geometria da via. Além disso, informações precisas sobre tipo, condição e localização dos trilhos são essenciais para o Planejamento de Manutenção e Logística, otimizando inspeções, esmerilhamentos, soldas e trocas, e gerenciando eficientemente o inventário. Finalmente, um rigoroso Controle de Qualidade e Conformidade assegura que os trilhos instalados atendam às especificações técnicas e regulatórias.

Disciplina
Ativo

Todos
Todos

Disciplina

VPE

Classes de Elementos

Alinhamento	Conjunto de fixação	Trilho
AMV	Dormente	
Componentes de ferrovia	Leito Ferroviário	

IfcTrackElement 
VPE.004.000

Elemento linear que representa o trilho ferroviário.

Nível de Detalhamento dos objetos da fase

	100	200	350	350	350		
	Estudo Preliminar	Projeto Conceitual	Projeto Básico	Projeto Executivo	Projeto para montagem		
ID_parametro	nome_parametro				unidade_parametro	data_parametro	Valor
P01	Identificação do ano da construção ou última manutenção do elemento (quando conhecido)				Data	Texto	X
P02	Classificação do tipo do elemento				-	Texto	X
P03	Classe IFC				-	Texto	X
P04	Tag do elemento				-	Texto	X
P05	Descrição do elemento				-	Texto	X
P06	Ambiente				-	Texto	X
P07	Construction Work Area				-	Texto	X
P08	Construction Work Package				-	Texto	X
P09	Enginner Work Package				-	Texto	X
P10	Installation Work Package				-	Texto	X
P11	Altura				m	Número	X
P12	Largura				m	Número	X
P13	Comprimento				m	Número	X
P14	Espessura				m	Número	X
P17	Volume				m <sup>3</sup>	Número	X
P19	Raio				m	Número	X
P21	Material				-	Texto	X
P23	Nível base				m	Número	X
P24	Nível topo				m	Número	X
P25	Offset base				m	Número	X
P26	Offset topo				m	Número	X
P29	Tipo de sistema				-	Texto	X
P33	Resistência				MPa	Número	X
P35	Superelevação				%	Número	X
P37	Velocidade projetada				km/h	Número	X

Figura 5 - Exemplo do uso do IRM - Fonte: autor

### **4.3.2. Aplicação do IRM (PIR/AIR/EIR)**

- Fase de Projeto Conceitual (LOD 100/200): O modelo BIM representaria os eixos da via e trechos de trilhos de forma simplificada, indicando a "bitola" como uma propriedade do segmento de via ou do alinhamento. A informação da "Classe do Trilho" (TR57) e "Raio Mínimo" (120m) seriam referenciadas nas especificações gerais do projeto para aquele trecho.
- Fase de Projeto Básico/Executivo (LOD 300/350): O IRM exigiria um modelo mais detalhado. O "Material" (P21) do trilho seria especificado como aço TR57. O "Comprimento" exato dos segmentos (P13) e o perfil do trilho seriam precisos. Para trechos curvos, o "Raio" (P19) da curva na qual o trilho está inserido, a "Superelevação" (P35) e a "Velocidade Projetada" (P37) para aquele raio seriam parâmetros mandatórios. A "Bitola" (poderia ser um parâmetro customizado, ou inferida da geometria do modelo) seria validada. Parâmetros de localização como "Estaqueamento" (P36) seriam inseridos ao projeto na disciplina de geometria.
- Fase "As-Built" (LOD 500): Após a instalação, o modelo seria atualizado com as dimensões reais dos trilhos instalados, o "Ano de Construção/Manutenção" (P01), o "Tag" único (P04) de cada segmento ou conjunto de trilhos. Adicionalmente, referências a certificados de qualidade do material (TR57), relatórios de inspeção geométrica final (validando bitola e raio mínimo) e dados de performance pós-instalação seriam vinculados.

## **4.4. Implicações e Contribuições do IRM para o Setor Ferroviário**

A análise do IRM em estudo demonstra seu potencial para transformar a gestão da informação no setor ferroviário, oferecendo contribuições significativas e enfrentando os desafios setoriais previamente colocados.

### **4.4.1. Contribuições e Implicações Positivas**

- *Alinhamento estratégico e operacional:* O IRM operacionaliza a ligação entre as necessidades de informação de alto nível (OIR) e as exigências detalhadas de projeto (PIR e AIR). A especificação de parâmetros para gestão de pacotes de trabalho e dados operacionais de ativos garante que a informação gerada durante o projeto seja diretamente útil para a operação e manutenção, otimizando o valor do ativo ao longo de seu ciclo de vida

- *Melhora da qualidade e confiabilidade da informação:* Ao exigir parâmetros específicos, Níveis de Detalhamento e aderência a padrões IFC para um vasto leque de ativos e disciplinas, o IRM minimiza a inconsistência, incompletude e duplicidade de dados. Isso resulta em informações mais confiáveis para a tomada de decisão e redução de retrabalhos
- *Otimização de processos e eficiência:* A clareza dos requisitos informacionais, incluindo tipos de dados e unidades, otimiza os fluxos de trabalho de geração e consumo de informação. Isso permite evitar a superprodução (geração de dados desnecessários) e a subprodução (falta de dados essenciais), levando a ganhos de eficiência e redução de custos operacionais e de projeto
- *Fortalecimento da governança da informação:* O IRM, com sua taxonomia padronizada de disciplinas, ativos e parâmetros, estabelece uma estrutura robusta para a governança documental e a rastreabilidade. Ele facilita a implementação eficaz de um Ambiente Comum de Dados (CDE), garantindo que todos os stakeholders acessem as informações mais atualizadas e aprovadas
- *Aceleração da maturidade digital e adoção consistente do BIM:* A exigência de classes e propriedades IFC valida o IRM como um impulsionador fundamental da adoção do BIM, fornecendo um roteiro claro para a modelagem digital e a transformação de dados brutos em inteligência acionável, além de trazer um framework de interoperabilidade entre as concessionárias ferroviárias
- *Redução de riscos:* Informações precisas e estruturadas (ex: dados de material, ano de construção, geometria exata) permitem uma melhor avaliação de riscos em todas as fases do projeto e operação, contribuindo para a segurança e a resiliência da infraestrutura ferroviária
- *Transparência e Colaboração Aprimorada:* O IRM serve como um documento de referência que estabelece expectativas claras para todos os envolvidos, promovendo maior transparência e eficácia na colaboração entre a concessionária e sua cadeia de suprimentos (projetistas, construtoras, fornecedores).

#### **4.4.2. Desafios de Implementação e Reflexões Práticas**

Apesar das contribuições substanciais, a implementação e a manutenção de um IRM abrangente no setor ferroviário brasileiro, enfrentam desafios inerentes:

- *Cultura organizacional e resistência à mudança:* A transição para uma gestão de informação orientada por dados exige uma mudança cultural profunda, que vai além da tecnologia, demandando patrocínio da alta direção e programas de capacitação contínuos para toda a força de trabalho.
- *Investimento em tecnologia e capacitação contínua:* A criação e a gestão de um IRM detalhado e a infraestrutura de dados associada exigem investimentos contínuos em ferramentas (CDEs, softwares de modelagem e análise BIM, sistemas de gestão de ativos) e, crucialmente, no desenvolvimento de habilidades técnicas para a geração, validação e consumo dessas informações.
- *Complexidade intrínseca dos ativos ferroviários:* A vasta diversidade e interdependência dos ativos ferroviários (desde a via permanente até sistemas complexos de sinalização e telecomunicações) tornam a definição e a manutenção de um IRM abrangente uma tarefa complexa e contínua, exigindo um esforço multidisciplinar constante.
- *Integração com sistemas legados:* A interoperabilidade entre o novo fluxo de informações do IRM e os sistemas de gestão legados da concessionária (ex: ERP, EAM/CMMS, GIS) pode ser um desafio técnico significativo, requerendo esforços de integração e desenvolvimento.
- *Manutenção e evolução do padrão:* Um IRM não é um documento estático. Ele requer um processo de governança robusto para ser continuamente revisado e atualizado, incorporando novas tecnologias, regulamentações, necessidades operacionais e lições aprendidas, garantindo sua relevância e eficácia ao longo do tempo.

Em resumo, o IRM é um exemplo concreto de como a teoria da ISO 19650 pode ser aplicada com sucesso em um ambiente de infraestrutura ferroviária. Ele demonstra a capacidade de transformar os desafios da gestão da informação em oportunidades para a inovação e o aprimoramento contínuo, moldando um futuro mais eficiente e digital para o setor.

## **5. Conclusões**

O presente trabalho abordou uma lacuna na gestão dos requisitos de informação em projetos de infraestrutura ferroviária no Brasil, um setor estratégico para o desenvolvimento nacional que carece de padronização informacional. Partindo da premissa de que a qualidade dos dados, a governança documental e a efetividade da tomada de decisão são diretamente impactadas pela ausência de diretrizes claras, este estudo propôs e demonstrou a aplicabilidade de um Mapa de

Requisitos de Informação (IRM) estruturado sob os princípios da norma internacional ISO 19650.

Através de uma revisão da literatura pertinente, que estabeleceu a base teórica da gestão da informação e do Building Information Modelling (BIM) conforme a ISO 19650, e da análise detalhada de um IRM em aplicação real em uma concessionária ferroviária nacional, foi possível evidenciar a transposição dos conceitos normativos para a prática. O IRM proposto, desenhado a partir de uma planilha e apresentado em um painel BI com especificações detalhadas, demonstra como as necessidades de informação de nível organizacional (OIR) se desdobram em requisitos específicos de projeto (PIR) e de ativos (AIR), culminando em requisitos para troca de informação (EIR) detalhados por meio de Níveis de Detalhamento (LODs), correspondências com classes IFC e uma taxonomia de parâmetros informacionais. A demonstração prática, com exemplo hipotético de um trilho, ilustrou como o IRM traduz requisitos organizacionais críticos em entregáveis de informação tangíveis e interoperáveis. Essa capacidade de especificar detalhadamente "o que", "quando" e "como" a informação deve ser gerada e entregue é a chave para transformar modelos digitais em ativos de dados valiosos para todo o ciclo de vida da infraestrutura.

Os resultados confirmam que a implementação de um IRM robusto e alinhado aos padrões da ISO 19650 contribui significativamente para o alinhamento interinstitucional, aprimora a qualidade e a confiabilidade da informação, otimiza processos, fortalece a governança de dados e, conseqüentemente, impulsiona a maturidade digital do setor ferroviário. Ao prover um dicionário unificado de elementos e suas propriedades, o IRM minimiza ambigüidades, reduz retrabalhos e permite uma tomada de decisão mais assertiva e baseada em dados verificáveis.

Embora o desafio da mudança cultural e a necessidade de investimentos contínuos em tecnologia e capacitação sejam reconhecidos como barreiras à plena adoção, a experiência prática do IRM analisado valida sua eficácia como uma ferramenta indispensável. Ele serve como um roteiro claro para a digitalização, garantindo que o vasto volume de informações gerado em projetos de infraestrutura ferroviária seja gerenciado de forma estratégica, culminando em operações mais seguras, eficientes e sustentáveis. A consolidação e disseminação de abordagens como a deste IRM são cruciais para o avanço da engenharia digital no setor, permitindo que as concessionárias ferroviárias alcancem um novo patamar de desempenho e inovação.

## 6. Referências

- BORGES, L. A. S.; ARROTÉIA, A. R.; SOUZA, E. M. Recommendations to BIM Approach for a Brazilian Infrastructure Company. In: CIB W78 Conference 2020, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: CIB, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/343696674>. Acesso em: 01 ago. 2025.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2018.
- ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles. Geneva, 2018.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 19650-2: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including Building Information Modelling (BIM) - Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets. Geneva, 2018.
- NIELSEN, C. M.; VASCONCELLOS, L. P.; AMORIM, C. R. S. A review of global efforts in BIM adoption for road infrastructure and challenges in Brazil. *Infrastructures*, Basel, v. 9, n. 8, p. 126, 2024. DOI: 10.3390/infrastructures9080126. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2412-3811/9/8/126>. Acesso em: 01 ago. 2025.
- SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009. DOI: 10.1016/j.autcon.2008.10.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580508001568>. Acesso em: 02 ago. 2025.
- ARROTÉIA, A. R.; BORGES, L. A. S.; SOUZA, E. M. Barriers to BIM adoption in Brazil: A multistakeholder analysis. *Frontiers in Built Environment*, Lausanne, v. 7, art. 520154, 2021. DOI: 10.3389/fbuil.2021.520154. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2021.520154/full>. Acesso em: 02 ago. 2025.