Manual

BIM da INFRA S.A.

PROJETOS FERROVIÁRIO

INFRA S.A. Ministério dos Transportes GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

NORMA

INFRA S.A.
REG-00041

rev 0
01.06.2023

Manual BIM de Projetos Ferroviários da INFRA S.A.

BIM Guideline for Railways Designs of INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023
Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada em qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da INFRA S.A.

Sede da INFRA S.A.
SAUS, Quadra 01, Bloco 'G', Lotes 3 e 5. - CEP: 70.070-010
Asa Sul Brasília - DF
Telefone:+55 61 2029-6100
https://www.infrasa.gov.br

SUMÁRIO

PREFÁCIO **11**

APRESENTAÇÃO **12**

1 INTRODUÇÃO **13**

1.1 Definições sobre o BIM 13
1.2 Normativas vigentes sobre o BIM 15
1.3 Organização das partes envolvidas de acordo com a ISO 19650 19
1.4 Processo de gestão da informação de acordo com a EN ISO 19650 21
1.5 Troca de arquivos - formato IFC 22
1.6 CDE - Ambiente Comum de Dados (ACD) 24

2 FERROVIA **26**

2.1 Via permanente 27
2.1.1 Faixa de domínio 29
2.2 Superestrutura ferroviária 30
2.2.1 Trilhos 30
2.2.2 Aparelhos de fixação 33
2.2.3 Aparelhos Especiais de Via 36
2.2.4 Dormente 40
2.2.5 Lastro 45
2.2.6 Sublastro 47
2.3 Infraestrutura ferroviária 48
2.3.1 Subleito 48
2.3.2 Terraplenagem 49
2.4 Drenagem e Obras de Artes Correntes 61
2.5 Obra de Artes Especiais (OAEs) 69
2.6 Pontes e viadutos 69
2.7 Túneis 74

3 PRINCIPAIS DOCUMENTOS BIM **78**

3.1 Requisitos de Informações Organizacionais (*Organization Information Requirements* – OIR) 81
3.2 Requisitos de Informações dos Ativos (*Asset Information Requeriment* - AIR) 81
3.3 Requisitos de Informações do Projeto (*Project Information Requeriments* – PIR) 83
3.4 Requisitos de Informações de Segurança (*Security Information Requiriments* – SIR) 84
3.5 Requisitos de Troca de Informação (*Exchange Information Requirements* – EIR) 85
3.6 Padrão de Informações do Projeto (*Project Information Standard* - PIS) 88
3.7 Protocolo de Informação do Projeto (*Project Information Protocol* - PIP) 88
3.8 Plano de Execução BIM (*BIM Execution Plan* – BEP) 89
3.9 Plano Individual de Entrega de Informações (*Task Information Delivery Plan* – TIDP) 92
3.10 Plano Mestre de Entrega de Informações (*Mater Information Delivery Plan* - MIDP) 93

4 CONTRATAÇÃO **95**

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

4.1 FLUXO DE INFORMAÇÃO 96
4.2 DOCUMENTOS ADVINDOS DO PMBOK 101
4.2.1 O Plano de Comunicação e Colaboração 101
4.2.2 O Plano de Gerenciamento de Mudanças 102
4.2.3 O Plano de Gerenciamento de Risco 103

5 MOBILIZAÇÃO E PRODUÇÃO COLABORATIVA 106

5.1 PLANEJAMENTO DA MODELAGEM 107
5.2 TREINAMENTO 110
5.3 PRODUÇÃO COLABORATIVA 112
5.4 VERIFICAÇÃO E REVISÃO DOS MODELOS 113
5.4.1 Design Review 116
5.5 ORGANIZAÇÃO DOS PROFISSIONAIS NA PRODUÇÃO 117
5.6 FASES DO PROJETO 119
5.6.1 Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) 120
5.6.2 Projeto Básico 123
5.6.3 Projeto Executivo 125
5.7 DISCIPLINAS 126
5.7.1 Estudos Topográficos 126
5.7.2 Estudos Geológicos 126
5.7.3 Estudos Geotécnicos 127
5.7.4 Geometria do Traçado 128
5.7.5 Estudos Operacionais 128
5.7.6 Estudos Hidrológicos 129
5.7.7 Desapropriação 130
5.7.8 Terraplenagem 130
5.7.9 Obras de Arte Especiais (OAEs) 131
5.7.10 OAEs (Túneis) 132
5.7.11 Superestrutura 133
5.7.12 Sinalização 134
5.7.13 Drenagem 134
5.7.14 Obras de Arte Corrente (OAC) 135
5.7.15 Obras Complementares 136
5.7.16 Orçamento da Obra 136
5.8 FLUXOS DE TRABALHO A SEREM ALCANÇADOS 137

6 PADRONIZAÇÃO 140

6.1 MODELOS DE INFORMAÇÃO 140
6.2 USOS DO MODELO 141
6.3 AMBIENTE COMUM DE DADOS (ACD) 143
6.4 NOMENCLATURA 146
6.5 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE INFORMAÇÕES 148
6.5.1 INDUSTRY FOUNDATION CLASSES - IFC 148
6.5.2 Classificações alfanuméricas 149
6.5.3 Sistemas de Classificação da Informação para Projetos Ferroviários 151

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

6.6 GRANDEZAS E PRECISÃO DE PROJETO 156
6.7 FONTES 157
6.8 ESTRUTURA ANALÍTICA DE PROJETO (EAP) 158
6.9 FORMATOS DE ARQUIVOS 159
6.10 TEMPLATES 161
6.10.1 Formatos e carimbos *161*
6.10.2 Simbologias *164*
6.10.3 Pranchas *171*

7 DIRETRIZES GERAIS DE MODELAGEM 173

7.1 PONTO DE REFERÊNCIA 173
7.2 GEORREFERENCIAMENTO 173
7.3 ELEMENTOS PARAMÉTRICOS BIM 177
7.4 EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS E ORÇAMENTO 178
7.5 MODELO DIGITAL DO TERRENO 181
7.6 LOD/ND PARA INFRAESTRUTURA 182
7.7 MOVIMENTAÇÃO DE TERRA 182
7.8 DRENAGEM E OBRAS DE ARTES CORRENTES 187
7.9 OBRA DE ARTE ESPECIAL 187
7.10 SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA 187

8 ENTREGAS DE INFORMAÇÕES DO MODELO 188

8.1 ENTREGAS TRADICIONAIS 188
8.1.1 Projeto Básico *188*
8.1.2 Projeto Executivo *195*
8.2 ENTREGAS ADVINDAS DO BIM 203

9 REFERÊNCIAS 205

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO EM BIM. 19
FIGURA 2 - ORGANIZAÇÃO DAS PARTES E EQUIPES DE ACORDO COM A ISO 19650..... 20
FIGURA 3 - ORGANIZAÇÃO DAS PARTES E EQUIPES DE ACORDO COM A ISO 19650..... 22
FIGURA 4 - EXEMPLO DE MODELO 3D IFC VISTO EM *SOFTWARE* DE VISUALIZAÇÃO. 23
FIGURA 5 - CDE INFRA S.A. - AMBIENTE COMUM DE DADOS BIM & GIS. 25
FIGURA 6 - ESQUEMATIZAÇÃO DO AMBIENTE COMUM DE DADOS BIM CONSIDERANDO O AMBIENTE GIS EM CONJUNTO..... 25
FIGURA 7 - IMAGEM VIA PERMANENTE DE FERROVIA COM DORMENTES EM CONCRETO..... 26
FIGURA 8 - IMAGEM VIA PERMANENTE DE FERROVIA COM DORMENTES EM MADEIRA..... 27
FIGURA 9 – PRINCIPAIS ELEMENTOS NUMA VIA PERMANENTE FERROVIÁRIA. 28
FIGURA 10 - FAIXA DE DOMÍNIO DA FERROVIA NA FERROVIA TEREZA CRISTINA S/A (FTC). 29
FIGURA 11 – VIA PERMANENTE COM DESTAQUE PARA A SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA. 30
FIGURA 12 IMAGEM DE TRILHOS USADOS EM FERROVIAS..... 31
FIGURA 13 - SEÇÃO DE TRILHO COM SUAS PRINCIPAIS DIMENSÕES. 32
FIGURA 14 – EXEMPLOS DE TALAS DE JUNÇÃO. 34
FIGURA 15 – TALA DE JUNÇÃO..... 34
FIGURA 16 - EXEMPLO PLACA DE APOIO 1..... 35
FIGURA 17 EXEMPLO PLACA DE APOIO 2..... 35
FIGURA 18 EXEMPLO PLACA DE APOIO 3..... 36
FIGURA 19 – EXEMPLO DE APARELHOS ESPECIAIS DE VIA NO METRÔ DE CHICAGO..... 37
FIGURA 20 – ESQUEMATIZAÇÃO DE UM AMV. 39
FIGURA 21 – AMV COM CONTROLE VIA MOLA..... 39
FIGURA 22 – AMV COM CONTROLE VIA CIRCUITO ELÉTRICO. 40
FIGURA 23 - DORMENTE EM MADEIRA. 41
FIGURA 24 - DORMENTE DE PLÁSTICO. 42
FIGURA 25 - DORMENTE DE AÇO. 42
FIGURA 26 - DORMENTE DE CONCRETO. 43
FIGURA 27 - PRINCIPAIS DIMENSÕES DE UM DORMENTE DE CONCRETO USADO PELA INFRA S.A. 44
FIGURA 28 - IMAGEM DE ASSENTAMENTO DE TRILHOS EM FERROVIA. 44
FIGURA 29 - IMAGEM DE LASTRO DE DORMENTE EM OBRA FERROVIÁRIA. 45
FIGURA 30 - IMAGEM DE COMPACTAÇÃO DE LASTRO EM OBRA FERROVIÁRIA..... 46
FIGURA 31 – VIA PERMANENTE COM DESTAQUE PARA A INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA..... 48
FIGURA 32 - IMAGEM DE PREPARAÇÃO DA INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA EM OBRA. 55
FIGURA 33 - IMAGEM DE CORTE PARA PREPARAÇÃO DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA. 55
FIGURA 34 - IMAGEM DE CORTE EM ROCHA PARA PREPARAÇÃO DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA. 56
FIGURA 35 – GRAMPEAMENTO DO SOLO PARA PROTEÇÃO DO CORTE. 56
FIGURA 36 – EXECUÇÃO DE BOTA-FORA DE MATERIAL REJEITADO EM OBRA. 57
FIGURA 37 - IMAGEM DE MATERIAL DEPOSITADO PARA ATERRO COMO PREPARAÇÃO DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA. 58
FIGURA 38 - IMAGEM DE ESPALHAMENTO DE MATERIAL PARA PREPARAÇÃO DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA. 59
FIGURA 39 - IMAGEM DE MATERIAL SENDO COMPACTADO COMO PREPARAÇÃO DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA. 59
FIGURA 40 – CONSTRUÇÃO DE CANALETA EM OBRA FERROVIÁRIA..... 62
FIGURA 41 – CONSTRUÇÃO DE CANALETA EM CORTE INCLINADO. 63
FIGURA 42 – DESCIDA DE ÁGUA EM CANALETA (DIREITA), DESCIDA DE ÁGUA EM DEGRAU (ESQUERDA)COM DISSIPADOR DE ENERGIA (ABAIXO)..... 63
FIGURA 43 – DESCIDA DE ÁGUA EM DEGRAUS..... 64

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

FIGURA 44 – DESCIDA DE ÁGUA COM SAÍDA E DISSIPADOR DE ENERGIA. 65
FIGURA 45 – CONSTRUÇÃO DE COLCHÃO DRENANTE EM VIA FERROVIÁRIA. 66
FIGURA 46 – BUEIRO DE TUBULAR. 67
FIGURA 47 – BUEIRO TRIPLO TUBULAR EM CONSTRUÇÃO. 67
FIGURA 48 – BUEIRO SIMPLES CELULAR. 68
FIGURA 49 – BUEIRO SIMPLES CELULAR COM DESCIDA DE ÁGUA. 68
FIGURA 50 – PASSAGEM DE ANIMAIS COMO OAC. 69
FIGURA 51 – CONSTRUÇÃO DE BLOCO DE COROAMENTO E PILAR EM PONTE. 71
FIGURA 52 – CONSTRUÇÃO DE VIGAS LONGARINAS EM PONTE. 72
FIGURA 53 – MONTAGEM DE ARMAÇÃO DE AÇO DE UMA LAJE EM PONTE. 72
FIGURA 54 – CONCRETAGEM E ADENSAMENTO DE UMA LAJE EM PONTE. 73
FIGURA 55 – PROTEÇÃO DE UMA LAJE EM PONTE PARA REALIZAÇÃO DO PROCESSO DE CURA. 73
FIGURA 56 – PONTE ACABADA COM GUARDA-CORPO. 74
FIGURA 57 – PONTE ACABADA FERROVIÁRIA TRANSPONDO UM RIO. 74
FIGURA 58 – ABERTURA EXTERNA DE UM TÚNEL FERROVIÁRIO. 76
FIGURA 59 – MÁQUINA REALIZANDO PERFURAÇÃO EM TÚNEL PARA INSERÇÃO DE EXPLOSIVO E DEPOIS DETONAÇÃO. 77
FIGURA 60 – MÁQUINA RETIRANDO MATERIAL SOLTO EM TÚNEL. 77
FIGURA 61 - PRINCIPAIS DOCUMENTOS NO PROCESSO DE GESTÃO DA INFORMAÇÃO. 78
FIGURA 62 - ENCANDEAMENTOS DOS REQUISITOS DE INFORMAÇÕES E OS MODELOS DE ENTREGA DE INFORMAÇÕES. 79
FIGURA 63 – DOCUMENTOS ENVOLVIDOS DURANTE A FASE DE CONTRATAÇÃO SEGUNDO A ISO 19650-2. 97
FIGURA 64 – FLUXO DE LEVANTAMENTO DE NECESSIDADES SEGUNDO A ISO 19650-2. 98
FIGURA 65 - FLUXO DE CHAMADA COMERCIAL E/OU LICITAÇÃO SEGUNDO A ISO 19650-2. 99
FIGURA 66 - FLUXO DA RESPOSTA À CHAMADA COMERCIAL E/OU LICITAÇÃO SEGUNDO A ISO 19650-2. 100
FIGURA 67 - FLUXO DA CONTRATAÇÃO SEGUNDO A ISO 19650-2. 101
FIGURA 68 – FLUXO DA MOBILIZAÇÃO DO PROJETO SEGUNDO A NORMA ISO 19650-2. 106
FIGURA 69 - DIAGRAMA DE LEVANTAMENTO DOS DADOS CONSTRUTIVOS. 108
FIGURA 70 - USOS DOS MODELOS ESTABELECIDOS PARA A INFRA S.A E A CORRELAÇÃO DOS USOS DOS MODELOS IDENTIFICADOS PELO DOCUMENTO DA *THE PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY*. 109
FIGURA 71 - DIAGRAMA DE ESTRATÉGIAS DE MODELAGEM. 110
FIGURA 72 – FLUXO DA PRODUÇÃO COLABORATIVA DO PROJETO SEGUNDO A NORMA ISO 19650-2. 112
FIGURA 73 - FLUXO GERAL COLABORATIVO DE ESTUDO DE VIABILIDADE. 137
FIGURA 74 - FLUXO GERAL COLABORATIVO DO PROJETO BÁSICO. 138
FIGURA 75 - FLUXO GERAL COLABORATIVO DE UM PROJETO FERROVIÁRIO EXECUTIVO. 139
FIGURA 76 - RELAÇÃO ENTRE MODELO DE INFORMAÇÃO DO PROJETO EM FASE DE ENTREGA E MODELO DE INFORMAÇÃO DO ATIVO EM FASE DE OPERAÇÃO. 141
FIGURA 77 – FASES DE USOS DOS MODELOS. 142
FIGURA 78 - FLUXO DE TRABALHO NO AMBIENTE COMUM DE DADOS. 145
FIGURA 79 - CLASSES DE IFC PARA ELEMENTOS DA CONSTRUÇÃO (*IFCBUILDINGELEMENT*). 149
FIGURA 80 - SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO ETS. 152
FIGURA 81 - LISTAS DOS MODELOS FGV. 153
FIGURA 82 - INFORMAÇÃO, NOME E DESCRIÇÃO. 154
FIGURA 83 - FORMATOS IFC NA CLASSE IFCCLASSIFICATIONREFERENCE. 155
FIGURA 84 - PLANILHA DA SCFCLASS. 156
FIGURA 85 - CONFIGURAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE AMBIENTE DO MODELO DIGITAL. 157
FIGURA 86 - PADRÕES DE TEXTO DAS PEÇAS GRÁFICAS. 158

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

FIGURA 87 – EAP DE FERROVIAS NA ORGANIZAÇÃO SUGAT-SUPRO. 159
FIGURA 88 – EXEMPLO DE PRANCHA NO FORMATO A3. 162
FIGURA 89 – EXEMPLO DE PRANCHA NO FORMATO A1. 162
FIGURA 90 – EXEMPLO DO CARIMBO NO FORMATO A2. 163
FIGURA 91 – EXEMPLO DO CARIMBO NO FORMATO A1. 163
FIGURA 92 - INFORMAÇÕES EM CAMADAS NO GIS. 174
FIGURA 93 – DETALHE DE PROJETO GEOMÉTRICO COM A PLANTA E COM REFERÊNCIAS GEOGRÁFICAS. 175
FIGURA 94 – PROJETO GEOMÉTRICO EXPORTADO PARA UM AMBIENTE GIS. 176
FIGURA 95 – PRANCHA DO PROJETO GEOMÉTRICO REFERENCIADO NO SISTEMA GIS. 176
FIGURA 96 - FLUXO RECOMENDADO PARA MODELAGEM DOS ELEMENTOS PARAMÉTRICOS. 178
FIGURA 97 - FLUXO DE TRABALHO PROPOSTO PARA GERAÇÃO DE QUANTITATIVOS QUE LEVA À ESTIMATIVA DE CUSTO ADEQUADA. 179
FIGURA 98 – SEÇÃO TIPO DE ATERRO. 184
FIGURA 99 – SEÇÃO TIPO DE CORTE MISTO SOLO/ROCHA. 185
FIGURA 100 – SEÇÃO TIPO DE CORTE EM SOLO. 186
FIGURA 101 – FLUXO DAS ENTREGAS DE INFORMAÇÕES DO MODELO DO PROJETO SEGUNDO A NORMA ISO 19650-2. 188

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

LISTA DE QUADRO

QUADRO 1 - QUADRO DE RESPONSABILIDADES SEPARADAS EM NÍVEIS. 118
QUADRO 2 - QUADRO DE AUTORIDADES SEPARADAS EM NÍVEIS. 118
QUADRO 3 - CAMPO, USO E DESCRIÇÃO 147
QUADRO 4 - EXEMPLO DE NOMENCLATURA. 148

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

LISTA DE TABELA

TABELA 1 - PRINCIPAIS DIMENSÕES DA SEÇÃO TRANSVERSAL DE UM TRILHO FERROVIÁRIO. 32
TABELA 2 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS DIFERENTES MATERIAIS DE DORMENTE. 43
TABELA 3 - TIPOS DE VERIFICAÇÕES DE INFORMAÇÕES BIM. 114

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

PREFÁCIO

A INFRA S.A. é uma empresa pública, organizada sob a forma de sociedade anônima de capital fechado, controlada pela União e vinculada ao Ministério dos Transportes, nos termos previstos na Lei n° 11.772, de 17 de setembro de 2008. Está sujeita ao regime jurídico das empresas privadas, inclusive quanto aos direitos e obrigações civis, comerciais, trabalhistas e tributárias.

Tem por objeto social prestar serviços na área de projetos, estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento da logística e dos transportes no País, consideradas as infraestruturas, plataformas e os serviços pertinentes aos modos rodoviário, ferroviário, dutoviário, aquaviário e aeroviário.

A Superintendência de Projetos e Custos SUPRO tem por competência zelar e organizar o acervo de normas técnicas de engenharia, sendo parte de suas atribuições revisar e criar normas com o intuito de melhorar os procedimentos da empresa. Ainda que a responsabilidade do conteúdo das normas seja de todo o corpo técnico da INFRA S.A. a responsabilidade pela revisão, criação assim como pela revogação deve ter passagem inicial nesta unidade, ainda que demandada por outra.

Para estabelecer a estrutura técnica aplicada à infraestrutura de logísticas de transporte nacional, foi elaborada a Norma técnica INFRA S.A. REG-00041 – Manual BIM de Projetos Ferroviários da INFRA S.A. para regulamentação dos requisitos que definem estratégias e processos BIM - Building Information Modeling, realizados entre CONTRATANTE e PROPONENTE/CONTRATADO, para a conclusão bem-sucedida de empreendimentos ferroviários em GeoBIM (BIM&GIS) da INFRA SA.

Esta edição refere-se à primeira versão da norma.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

APRESENTAÇÃO

O Manual BIM de Projetos Ferroviários da INFRA S.A. é um documento que objetiva orientar e subsidiar os órgãos "CONTRATANTES" nos processos licitatórios, bem como, as empresas prestadoras de serviços " PROPONENTE/CONTRATADO " no desenvolvimento dos projetos ferroviários com o uso da metodologia BIM - Building Information Modeling, para a conclusão bem-sucedida de empreendimentos ferroviários em GeoBIM (BIM&GIS) da INFRA SA.

Discutido durante as reuniões do Núcleo BIM da VALEC, este documento baseia-se no Relatório de Pesquisa n° 22 “Manual BIM de Projetos Ferroviários”, apresentado neste documento, complementa a meta VI.M4 – Produzir o manual de projetos ferroviários em BIM e atividade VI.A4 - Pesquisa dos manuais existentes de projetos ferroviários e consideração do BIM. desenvolvido durante o projeto de pesquisa intitulado ‘Implementação e Comunicação de Tecnologias GIS (“Geographic Information System”) e BIM (“Building Information Modeling”) em Projetos de Infraestrutura’, resultante do Termo de Execução Descentralizada – TED celebrado entre a Infra S.A. empresa pública vinculada ao Ministério da Infraestrutura, e o Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído – PISAC, plataforma tecnológica do Parque Científico e Tecnológico da Universidade de Brasília - PCTec/UnB.

Núcleo BIM Valec Infraestrutura ***Portaria nº 270, de 17 de Julho de 2020***	**Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente Construído – Pisac – UNB**
Washington Gultenberg de Moura Luke - Coordenador Michelle Maura Ribeiro - Gestora do TED 003/20 Bruno Nogueira da Costa Caio César Fernandes Medeiros Hugo Sternick José Wedson Bezerra Lucas Bitencourt Silveira Ramon Saleno Yure Rubim Costa Silva Wagner Edson Ribeiro Ferreira	Raquel Naves Blumenschein - Coordenação Geral Antonio Carlos de Oliveira Miranda - Redação Raquel Naves Blumenschein - Revisão Técnica Tallita Karolline Nunes Rocha - Apoio Técnico Thaís Oliveira Chaves Fontes - Apoio Técnico

O Manual BIM de Projetos Ferroviários da INFRA S.A. é também norteador para adoção do Manual BIM de Projetos INFRA S.A. em outros modais de transporte, especialmente para empreendimentos de Infraestrutura Linear.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

1 INTRODUÇÃO

1.1 Definições sobre o BIM

O termo BIM vem do inglês "*Building Information Modelling*" é traduzido para o português como "Modelagem da Informação da Construção". Deutsch (DEUTSCH, 2011) apresenta o conceito de BIM como um processo e uma ferramenta. Já Leusin (LEUSIN, 2018) define BIM como um processo de gestão e trabalho colaborativo, com integração de dados e sistemas.

Eastman e coautores (EASTMAN *et al*., 2014) defendem o BIM como uma simulação inteligente da arquitetura, sendo:

> [...] uma tecnologia de modelagem associada e um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção. Modelos de construção são associados por:
>
> - Os componentes de construção, que são representados como representações digitais inteligentes (objetos) que "sabem" que são, e podem ser associados com atributos (gráficos e de dados) computáveis e regras paramétricas;
> - Componentes que incluem dados que descrevem como eles se comportam, conforme necessários para análises e processos de trabalho, por exemplo, quantificação, especificações e análise energética;
> - Dados consistentes e não redundantes de modo que alterações nos dados dos componentes sejam representadas em todos outros componentes;
> - Dados coordenados de forma que todas as visualizações de um modelo sejam representadas de maneira coordenada (EASTMAN *et al*., 2008).

No livro *Little Book of BIM*, o conceito se apresenta da seguinte maneira:

> *Building Information Modelling* (BIM) é uma forma colaborativa de trabalhar com base em tecnologias digitais, que permitem métodos mais eficientes de projetar, fornecer e manter ativos físicos construídos ao longo de todo o seu ciclo de vida. Maiores ganhos de eficiência podem ser obtidos devido ao pré-planejamento significativo durante as fases de projeto e construção, fornecendo informações abrangentes na fase de entrega (JERNIGAN, 2007).

Jernigan (2007) convenciona BIM com as letras maiúsculas e "bim" com as letras minúsculas:

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

> bim (letras minúsculas) é usado para representar tópicos de aplicação mais focadas, como por exemplo, ArchiCAD, Bentley e Revit, que são ferramentas.
>
> BIM (letras maiúsculas) é a gestão da informação e as relações complexas entre os recursos sociais e técnicos que representam a complexidade, colaboração e as inter-relações do dia a dia das organizações e o ambiente. O foco é na gestão de projetos para obter as informações corretas no lugar certo e no tempo exato (JERNIGAN, 2007).

Kumar (KUMAR, 2015) descreve o significado de cada palavra na sigla BIM:

> A construção ("*Building*") é uma instalação construída que satisfaz os requisitos de uma habitação / escritório / empresa comercial / etc.
>
> A informação ("*Information*") é uma combinação de dados brutos que transmite uma mensagem significativa.
>
> A modelagem ("*Modelling*") é um ato de descrever/representar qualquer coisa por qualquer meio para desenvolver uma maior compreensão (KUMAR, 2015).

Mordue, Swaddle e Philp (MORDUE; SWADDLE; PHILP, 2015) trazem um detalhamento do conceito de "*Building":*

> O B em BIM significa construção. Entretanto, pense nisso como o verbo para construir, e não apenas o substantivo, como se o BIM fosse apenas para construções físicas e discretas. Na verdade, você pode aplicar o BIM à infraestrutura, engenharia civil e paisagem, juntamente com projetos públicos e privados de larga escala (MORDUE; SWADDLE; PHILP, 2015).

Importante enfatizar que a letra M do BIM é de "*Modelling*". Traduzido para o português como "Modelagem", é objeto de mal-entendidos. BIM não é somente a representação de um modelo geométrico, que é uma parte muito pequena da informação (geométrica) da construção, visto que há muitas outras que devem ser tratadas e transmitidas.

Bilal Kumar (KUMAR, 2015) afirma que o BIM pode ser aplicado a qualquer projeto de qualquer construção, incluindo infraestrutura, agronegócio, paisagismo, dentre outros, e sugere que o termo "*Modelling Information*" é conceitualmente mais bem interpretado como "*Management Information*". A tradução do termo "*Management*" para o português é "Gestão"; assim, a terminologia correspondente e completa, nesse caso, seria "Gestão da Informação". Na opinião dos autores, a melhor

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

tradução para o BIM, de toda maneira, seria: “Modelagem e Gestão da Informação da Construção”. Essa interpretação dá uma conotação mais ampla para o BIM, pois tanto a modelagem quanto a gestão são igualmente importantes e, sozinhas, insuficientes.

O significado mais amplo do BIM é maior do que apenas a modelagem e tem implicações no gerenciamento de informações durante todo o ciclo de vida da construção, desde o início (nos primeiros rascunhos do projeto) até a demolição. Geralmente, o BIM é mal compreendido pois é vendido como *software*, isto é, a tecnologia. Entretanto, BIM significa não apenas a tecnologia, mas também o conjunto associado de processos, padrões e protocolos para troca de informações. Todas essas dimensões do BIM devem ser trabalhadas em conjunto.

A norma ISO 19650 (2018) define BIM como:

> [...] uso de uma representação (modelo) digital compartilhada de um empreendimento (construção/obra) para facilitar os processos de projeto, construção e operação e para formar uma base confiável para as decisões (ISO, 2018a).

Isto é, um modelo digital de dados de uma obra que compreende as informações completas e suficientes para suportar todos os processos do seu ciclo de vida, os quais podem ser interpretados diretamente por aplicações computacionais. Esse conceito inclui conhecimento sobre a obra em si, bem como de seus componentes, e também as informações sobre propriedades tais como função, forma, material e processos para o ciclo de vida da edificação.

1.2 Normativas vigentes sobre o BIM

As duas principais normativas sobre BIM é a ABNT NBR 15965 e a ISO 19650. A ABNT NBR 15965 aborda o Sistema de Classificação da Informação da Construção, que define um sistema para categorizar os objetos de construção em 7 partes. Ele facilita a organização das informações, o desenvolvimento de estimativas de custos e orçamentos, como também criação de Estrutura Analítica de Projeto - EAPs padronizadas, cadernos de especificações e memoriais descritivos automatizados, facilitando o intercâmbio de dados entre os diversos usuários e *softwares*.

A ABNT NBR 15965 é dividia entre os seguintes volumes[1]:

[1] Descrições obtidas diretamente do site https://www.abntcatalogo.com.br

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- **ABNT NBR 15965-1:2011** Sistema de classificação da informação da construção Parte 1: Terminologia e estrutura. Esta Norma define a terminologia, os princípios do sistema de classificação e os grupos de classificação para o planejamento, projeto, gerenciamento, obra, operação e manutenção de empreendimentos da construção civil.
- **ABNT NBR 15965-2:2012** Sistema de classificação da informação da construção Parte 2: Características dos objetos da construção. Esta parte da ABNT NBR 15965 define as terminologias, o sistema de classificação e os grupos de classificação relativos às características dos objetos da construção. O sistema de classificação se aplica ao planejamento, projeto, obra, operação e manutenção de empreendimentos da construção civil.
- **ABNT NBR 15965-3:2014** Sistema de classificação da informação da construção Parte 3: Processos da construção. Esta parte da ABNT NBR 15965 tem por objetivo apresentar a estrutura de classificação, que define os processos da construção para serem aplicados na tecnologia de modelagem da informação da construção pela indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).
- **ABNT NBR 15965-4:2021** Sistema de classificação da informação da construção Parte 4: Recursos da construção. Esta Parte da ABNT NBR 15965 estabelece as diretrizes estruturais dos sistemas de classificação 2C (Produtos), 2N (Funções) e 2Q (Equipamentos). NOTA: esta Parte da ABNT NBR 15965 fornece instruções de uso e apresenta tabelas com os conteúdos relacionados.
- **ABNT NBR 15965-5:2022** Sistema de classificação da informação da construção Parte 5: Resultados da construção. A ABNT NBR 15965-5 fornece as diretrizes estruturais dos sistemas de classificação 3E (elementos) e 3R (resultados dos trabalhos).
- **ABNT NBR 15965-6:2022** Sistema de classificação da informação da construção Parte 6: Unidades e espaços da construção. A ABNT NBR 15965-6 fornece as diretrizes estruturais dos sistemas de classificação usados para criação das tabelas 4U (unidades) e 4A (espaços).
- **ABNT NBR 15965-7:2015** Sistema de classificação da informação da construção Parte 7: Informação da construção. Esta parte da ABNT NBR 15965 apresenta a estrutura de classificação que define as informações (ou dados referenciados e utilizados durante o processo de criação e manutenção de um objeto construído) para aplicação na tecnologia de modelagem da informação da construção pela indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

A ISO 19650 é a norma mais completa internacionalmente sobre o BIM que regula a gestão da informação sobre todo o ciclo de vida de um ativo. A ISO 19650 é baseada principalmente na norma PAS britânica PAS 1192 – 2: 2013, com referências também à PAS 1192 – 3: 2014 (BSI, 2013).

A ISO 19650 é dividida nos seguintes volumes[2]:

- **ISO 19650-1:2018** *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.* O documento descreve os conceitos e princípios para o gerenciamento de informações em um estágio de maturidade descrito como (BIM) "Modelagem da Informações de construção", de acordo com a série ISO 19650. O documento fornece recomendações para uma estrutura de gerenciamento de informações, incluindo troca, gravação, controle de versão e organização para todos os atores envolvidos. Ela é aplicável para todo o ciclo de vida de qualquer ativo construído, incluindo planejamento estratégico, projeto inicial, engenharia, desenvolvimento, documentação e construção, operação diária, manutenção, reforma, reparo e fim de vida. O documento pode ser adaptado para ativos ou projetos de qualquer escala e complexidade.
- **ISO 19650-2:2018** *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.* O documento especifica os requisitos para a gestão da informação sob a forma de um processo de gestão, no contexto da fase de entrega de ativos e das trocas de informação dentro dela. O documento pode ser aplicado para todos os tipos de ativos e por todos os tipos e tamanhos de organizações, independentemente das estratégias escolhidas.
- **ISO 19650-3:2020** *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 3: Operational phase of the assets.* O documento especifica os requisitos para a gestão da informação sob a forma de um processo de gestão no contexto da fase operacional dos ativos e das trocas de informação dentro dela e durante o uso da modelação da informação do edifício. Os requisitos do documento podem ser alcançados por meio de ações diretas realizadas pela organização em questão ou podem ser delegados a outra parte.

[2] Descrições obtidas diretamente do site https://www.iso.org/

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- **ISO 19650-4:2022** *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 4: Information exchange.* O documento especifica o processo detalhado e os critérios para a tomada de decisões. Ao executar uma troca de informações conforme especificado pela série ISO 19650, a qualidade do modelo de informações do projeto ou do modelo de informações de ativos resultante é garantida. Ele também detalha a implementação dos conceitos na ISO 19650-1 e é aplicável a qualquer troca de informações dentro das etapas de entrega cobertas pela ISO 19650-2 e dos eventos operacionais cobertos pela ISO 19650-3.
- **ISO 19650-5:2020** *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 5: Security-minded approach to information management.* O documento especifica os princípios e requisitos para o gerenciamento de informações voltados para a segurança em um estágio de maturidade do BIM.Tais princípios estão de acordo com a série ISO 19650, e em conformidade com as definições da ISO 19650-1, bem como com a segurança-gerenciamento consciente de informações confidenciais que são obtidas, criadas, processadas e armazenadas como parte ou em relação a qualquer outra iniciativa, projeto, ativo, produto ou serviço. Ele aborda também as etapas necessárias para criar e cultivar uma mentalidade e a cultura de segurança apropriadas e proporcionais a todas as organizações com acesso a informações confidenciais, incluindo a necessidade de monitorar e auditar a conformidade.

Além das normas citadas acima, outros documentos relacionados ao BIM e GIS devem ser considerados, pois, para obras de infraestrutura ferroviária, os elementos de construção são mais bem organizados se forem regulados por um sistema de georreferenciamento. As seguintes normas são recomendadas[3]:

- **ISO/TS 19166:2021** *Geographic information* — BIM to GIS *conceptual mapping* (B2GM). O documento define a estrutura conceitual e os mecanismos para mapear elementos de informação de *Building Information Modeling* (BIM) para *Geographic Information Systems* (GIS) e para acessar as informações necessárias com base em requisitos específicos do usuário. O documento não descreve a integração de esquema físico ou mapeamento entre modelos BIM e GIS porque a integração de esquema físico ou

[3] Descrições obtidas diretamente do site https://www.iso.org/

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

mapeamento entre dois modelos heterogêneos é muito complexo e pode causar uma variedade de problemas de ambiguidade.

- **ISO/TR 23262:2021** GIS (*geospatial)*/BIM *interoperability*. O documento investiga barreiras e propõe medidas para melhorar a interoperabilidade entre os domínios geoespacial e BIM.

Esse manual tem como referência principal a ISO 19650, pois a ABNT é filiada à ISO.

1.3 Organização das partes envolvidas de acordo com a ISO 19650

Inicialmente, esse manual propõe uma estrutura organizacional que permite separar e organizar as pessoas e equipes em respectivas funções específicas e responsabilidades. Isso é necessário devido à necessidade de se responder a algumas perguntas gerais, como: que *software* preciso aprender para o uso do BIM? Quem faz a gerência de informações BIM? Quem são os responsáveis pelas entregas? Muitos administradores ainda entendem que o BIM se dá pelo uso de *softwares* específicos para ele, e que, para implantá-lo na empresa, também é preciso aprender a manipulá-los. Alguns administradores possuem ainda visão equivocada dos papeis e responsabilidades diante da implantação do BIM, mesmo com leitura e estudo das normas ((ISO, 2018a, 2018b)) e dos livros (DEUTSCH, 2011; EASTMAN et al., 2014; KUMAR, 2015).

Dessa forma, procurando orientar atuações dos atores, este Protocolo apresenta proposta de organização do trabalho em três níveis estratégico, tático e operacional, como proposto por Anthony (ANTHONY, 1965) e apresentado na Figura 1.

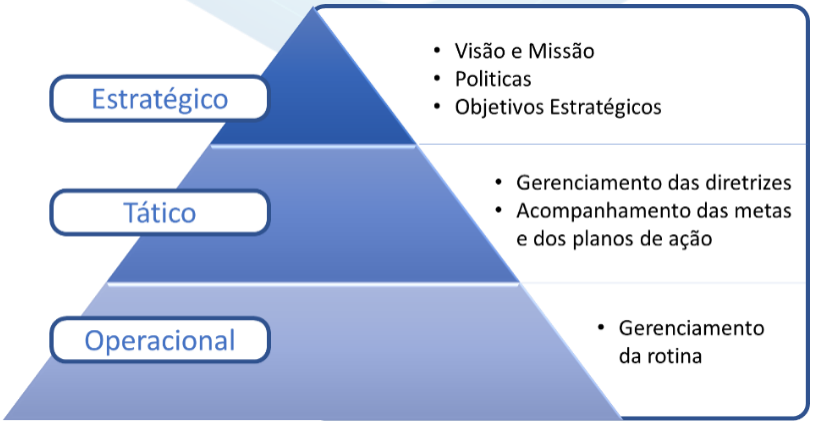


Figura 1 - Níveis de organização do trabalho em BIM.

O nível estratégico relaciona-se com objetivos de longo prazo e com métodos e ações para alcançá-los dentro de uma visão, uma missão e uma política

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

específicas. Nesse nível, ocorre o relacionamento entre clientes/contratantes e alta direção, proprietário, CEO, presidente ou diretoria.

O nível tático trabalha com decomposições das políticas e dos objetivos estabelecidos no planejamento estratégico. Em relação ao BIM, esse nível faz o gerenciamento e a gestão das diretrizes BIM com acompanhamento das metas e dos planos de ação e, em geral, é coordenado por um gerente BIM e equipe.

No nível operacional se executam as ações e metas traçadas pelo nível tático fim de atingir os objetivos das decisões estratégicas BIM. Nesse nível, são definidos os entregáveis conforme os procedimentos e as boas práticas necessárias. Em termos específicos, o nível operacional produz as entregas do projeto em termos de desenhos e memoriais definidos nas normas de projeto de cada país. Com relação ao BIM, as equipes de projeto desenvolvem trabalhos baseados em modelos 3D BIM e entregam também modelos 3D chamados de modelos federados.

A ISO 19650 apresenta uma organização semelhante ao apresentado na Figura 1, como reproduzido na Figura 2. As letras A, B e C representam as partes (atores) envolvidas no projeto, enquanto os números 1, 2 e 3 representam as equipes de trabalho.

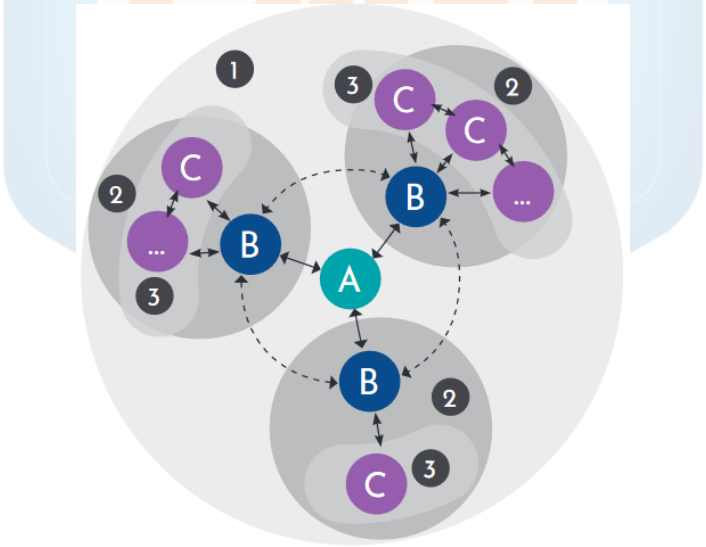


Figura 2 - Organização das partes e equipes de acordo com a ISO 19650.

Fonte: ISO 19650, 2018.

As seguintes partes são definidas na Figura 2:

- A – Contratante (*Appointing Party*). Geralmente é um cliente ou um profissional que está gerenciando informações em nome de um cliente;

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- B – Contratado (*Lead Appointed Party*). Geralmente é um profissional responsável por coordenar as informações entre a equipe de entrega, da qual faz parte, e a parte nomeante;
- C – Subcontratado (*Appointed Party*). Um profissional que está concorrendo ou designado para um projeto.

Relacionando com a organização da Figura 1, o Contratante se relaciona com o nível estratégico, o Contratado se relaciona com o nível tático, e o Subcontratado se relaciona com o nível operacional.

As seguintes equipes são definidas na Figura 2:

- Equipe do Projeto (*Project Team*). São todos os profissionais que trabalham para um projeto;
- Equipe de Entrega (*Delivery Team*). São os profissionais responsáveis pela verificação e entregas dos produtos produzidos. Esta equipe é composta pela Parte Nomeada Principal e Parte Designada;
- Equipe(s) de Tarefa(s) (*Task Team(s)*). São os profissionais responsáveis em desenvolver as partes constituintes do modelo de informação em conexão com tarefas específicas. É composta apenas pela Parte Designada.

Observar que a organização proposta pela ISO 19650 (Figura 2) permite relacionar vários cenários organizacionais. Por exemplo, um cenário onde o contratante é uma empresa como cliente, e o contratado é uma empresa contratada para um determinado projeto. Um outro exemplo de cenário é uma empresa que tem um coordenador de projetos como contratante, os coordenadores das disciplinas de projetos como contratados, e os membros das disciplinas como subcontratados. Em ambos os cenários, se aplica a organização apresentada na Figura 1 nos seus elementos estratégico, tático e operacional.

1.4 Processo de gestão da informação de acordo com a EN ISO 19650

A ISO 19650-2:2018 define:

> [...] os requisitos para a gestão da informação, na forma de um processo de gestão, no contexto da fase de entrega de um ativo, e as importantes trocas de informação que nela ocorrem, ao se utilizar a modelagem da informação da construção (BIM) (ISO 19650, 2018).

A ISO 19650-2:2018 apresenta como proposta um processo (8 etapas) de gestão da informação, como mostra a Figura 3, a ser seguido no decorrer de toda a fase

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

de entrega e para cada contratação, independentemente da fase do projeto. A Figura 3 está dividida nas seguintes atividades: **Atividade de Negociações** em termos gerais que pode ser uma contratação (chamada comercial ou licitação) ou um acordo entre a Parte Nomeante e a Parte Nomeada Principal; **Atividade de Planejamento** para realização de um determinado projeto ou construção; e **Atividade de Produção** das informações.

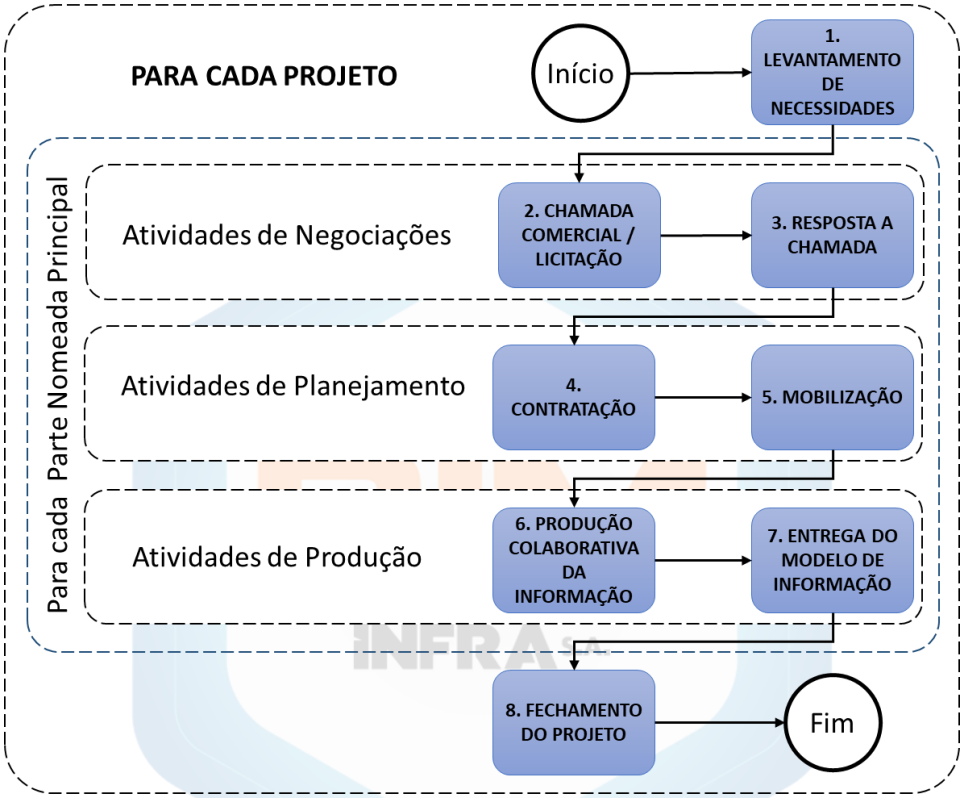


Figura 3 - Organização das partes e equipes de acordo com a ISO 19650.

Para simplificação dos termos, a Parte Nomeante será referenciada aqui como Contratante e a Parte Nomeada Principal será referenciada como Licitante e Contratado, como num processo de licitação. O detalhamento das etapas será trabalhado no decorrer deste Manual.

1.5 Troca de arquivos - formato IFC

O IFC é um formato de arquivo de troca de informações destinado à descrição de dados das várias disciplinas da construção, a construção em si e a indústria de construção. É um arquivo digital de formato aberto e neutro, de modo que não seja controlado por um único fornecedor ou grupo de fornecedores da indústria da construção civil.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

O IFC é um formato de arquivo baseado em objetos com um modelo de dados desenvolvido pela *buildingSMART* (BUILDINGSMART, 2020) para facilitar a interoperabilidade na indústria de arquitetura, engenharia e construção (AEC) e é o formato de colaboração usado em informações de construção para projetos baseados em modelagem BIM. A especificação do modelo IFC é aberta e disponível pela *buildingSMART*. O padrão IFC foi registrado pela ISO, um padrão internacional oficial, no documento ISO 16739-1:2018.

As definições IFC são atualizadas e desenvolvidas regularmente pela *buildingSMART*. As seguintes versões são as mais conhecidas:

- IFC4 (ISO 16739-1:2018). Versão mais atual, mas ainda em atualizações principalmente para projetos de infraestrutura. Essa versão permite uma melhor representação de geometrias complexas;
- IFC2x3 (ISO/PAS 16739:2005). Versão fechada e mais suportada por *softwares* BIM;
- IFC2x2. Versão apenas recomendada se o destinatário do arquivo não tiver *software* com IFC2x3 ou IFC4.

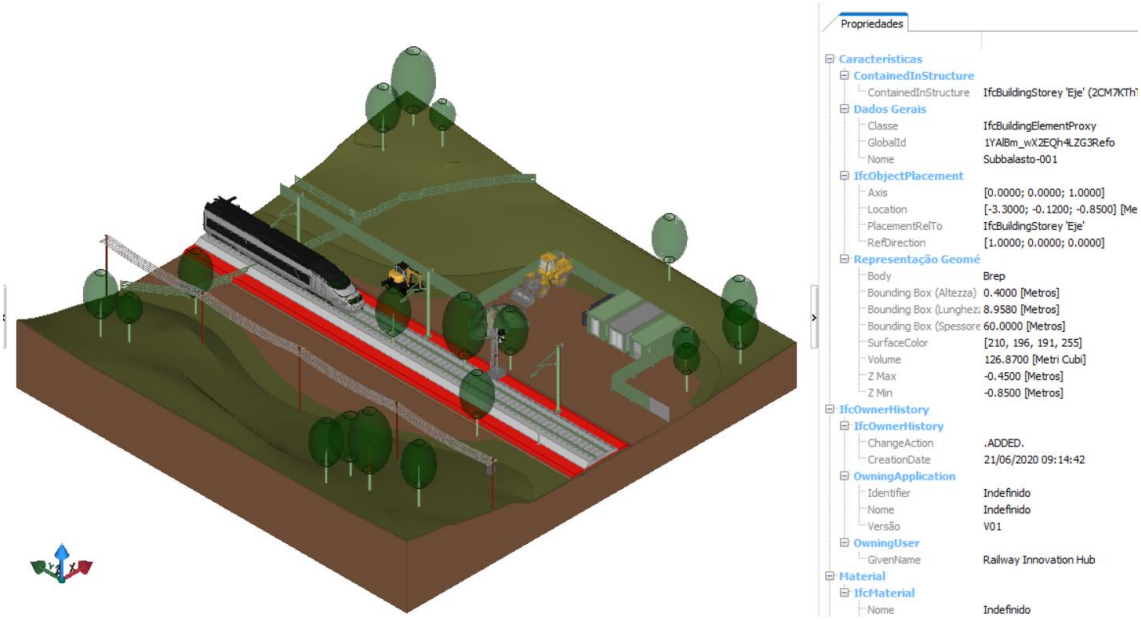


Figura 4 - Exemplo de modelo 3D IFC visto em *software* de visualização.

Uma versão IFC4.3.RC4 já foi aprovada pelo comitê de padronização do IFC e publicada em julho de 2021, que inclui partes de ferrovias e projetos de infraestrutura. Entretanto, a versão final 4.3 ainda está em desenvolvimento, com expectativa de liberação em meados de 2022. A publicação como norma ISO está prevista para 2023.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

A Figura 4 mostra um modelo 3D estrutural que foi lido de um arquivo IFC composto basicamente de vigas, colunas e lajes. O modelo na Figura 4 apresenta informações de um nome (*Label*), um identificador (*Object id*) e sua classificação (*Class name*). Muitas outras informações estão embutidas em cada elemento estrutural, como, por exemplo, a descrição do concreto e suas características.

1.6 CDE - Ambiente Comum de Dados (ACD)

O Ambiente Comum de Dados (ACD), ou em inglês, CDE (Commom Data Enviroment), é um repositório comum digital de informação acordadas para qualquer projeto ou empreendimento (modelos, relatórios, planilhas e cronogramas), para coletar, gerenciar e disseminar cada repositório de informação por meio de um processo gerenciado, permitindo aos integrantes que compõem o projeto o acesso controlado. A comunicação e colaboração entre todas as partes interessadas no projeto é melhorada e erros/duplicações são reduzidos.

Na Infra S.A. o Ambiente Comum de Dados BIM & GIS é chamado de *CDE Infra S.A.* conforme Figura 5, uma vez que, em conformidade com a norma internacional ISO 19650, não há tradução da sigla Ambiente Comum de Dados durante a tradução da norma para o português.

A ISO 19650-2 prevê que um CDE seja fornecido e gerenciado pelo contratante (ou um terceiro agindo em seu nome) para o gerenciamento de todos os contêineres de informações que são desenvolvidos e trocados com o contratado ao longo da vida do projeto, desde a entrega de cada equipe. No entanto, a ISO 19650-2 também prevê que as equipes de entrega possam implementar seus próprios ACDs (distribuídos), em vez do CDE do projeto. Esse cenário pode introduzir complexidades no gerenciamento de informações.

O ACD que considera o BIM e o GIS é proposto na Figura 6 para representar os vários elementos existentes a serem construídos em uma obra de infraestrutura ferroviária que pode ter vários quilômetros distribuídos ao longo da geografia do Brasil. A ideia geral é ter acesso a várias nuvens que contenham informações, como: bacias hidrográficas, vegetações, ferramentas de análise, dados climáticos, dados gerais de traçado da ferrovia, juntamente com os projetos individuais BIM. Esses dados são acessados através de um ambiente de informações geográficas que representam em termos macros os elementos e projetos BIM.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 5 - CDE Infra S.A. - Ambiente Comum de Dados BIM & GIS.

Fonte: Infra S.A. 2023

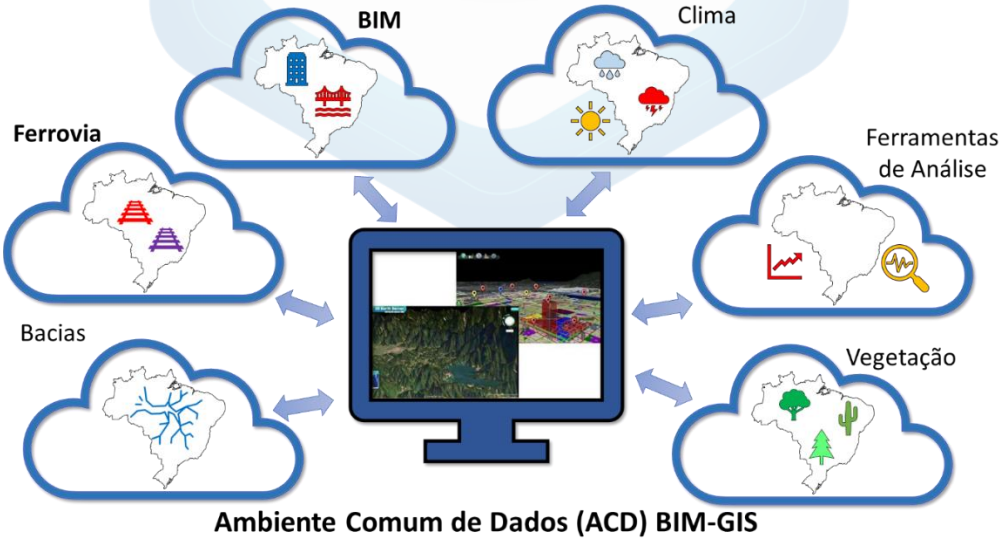


Figura 6 - Esquematização do ambiente comum de dados BIM considerando o ambiente GIS em conjunto.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

2 FERROVIA

Uma definição para uma ferrovia, via férrea ou estrada de ferro é dada por Nabais (2015):

> É um sistema de transporte terrestre, autoguiado, em que os veículos (motores e rebocados) se deslocam com rodas metálicas sobre duas vigas contínuas longitudinais, também metálicas, denominadas trilhos. Os apoios transversais dos trilhos, os dormentes, são regularmente espaçados e repousam geralmente sobre um colchão amortecedor de material granular de denominado lastro, que por sua vez, absorve e transmite ao solo as pressões correspondentes às cargas suportadas pelos trilhos, distribuindo-as, com taxa compatível à sua capacidade de suporte para o terrapleno (infraestrutura ferroviária) (NABAIS, 2015).

Dessa forma, a ferrovia é composta basicamente por dois subsistemas, o rodante e a via permanente. O subsistema rodante são os veículos motores e rebocados. Todo o suporte de forças que começa desde os trilhos até o solo, destino final das forças, como descrito anteriormente, é chamada de via permanente. A Figura 7 e Figura 8 mostram as vias permanentes, onde os trilhos são apoiados e fixos em dormentes (concreto e outro em madeira), e estes são envoltos e apoiados em material granular para absorção de forças e impacto.

Figura 7 - Imagem via permanente de ferrovia com dormentes em concreto.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Fonte: https://www.gettyimages.pt/fotos/ferrovia.

Figura 8 - Imagem via permanente de ferrovia com dormentes em madeira.

Fonte: https://www.pbs.org.

2.1 Via permanente

A via permanente é onde os trens circulam. Ela é dividida **em superestrutura e infraestrutura ferroviária**, como mostra a Figura 9, e consiste em dois trilhos paralelos fixados a dormentes com uma distância especificada entre eles, que são embutidos em uma camada de lastro de espessura especificada espalhada em terreno plano conhecido como formação. O lastro proporciona uma superfície de nível e drenagem uniformes e transfere a carga para uma área maior da formação. Os trilhos são unidos em série por placas e parafusos, e estes são fixados aos dormentes com vários tipos de encaixes. Os dormentes são espaçados a uma distância especificada e são mantidos em posição pelo lastro. Cada componente na via permanente tem uma função específica a desempenhar. Os trilhos atuam como vigas para transmitir a carga das rodas dos trens para os dormentes., e estes seguram os trilhos em suas posições corretas, fornecem uma bitola correta com a ajuda de encaixes e fixações e transferem a carga para o lastro.

Uma via permanente tem como característica o seu alinhamento, referente à direção e posição dada ao eixo da linha férrea no plano horizontal e vertical. O

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

alinhamento horizontal refere-se à direção da via férrea no plano, incluindo a reta e as curvas que ela segue. O alinhamento vertical refere-se à direção em plano vertical, justamente, incluindo a trilha de nível, gradientes e curvas verticais. Os vários fatores que afetam o alinhamento e os tipos de alinhamentos de trilhas e sua adequação em diferentes terrenos são discutidos.

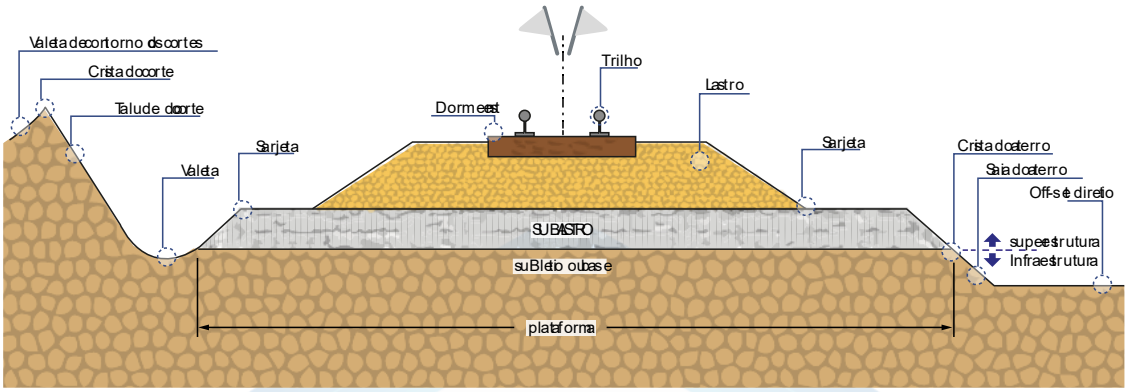


Figura 9 – Principais elementos numa via permanente ferroviária.

Uma linha férrea deve ser alinhada cuidadosamente após a devida consideração, pois o alinhamento inadequado pode acabar sendo mais caro e pode não ser capaz de cumprir os objetivos desejados. É muito difícil alterar o alinhamento de uma linha ferroviária já construída devido às estruturas dispendiosas envolvidas, a dificuldade em obter terrenos adicionais para o novo alinhamento e outras considerações.

Uma via ou pista permanente deve proporcionar um passeio confortável e seguro na velocidade máxima permitida. Para atingir esses objetivos, uma via permanente sólida deve ter as seguintes características:

a) A bitola ou gabarito ferroviário (espaçamento interno entre os trilhos) deve ter a devida medida e de maneira uniforme.
b) Os trilhos devem ter níveis transversais perfeitos. Em curvas, o trilho externo deve ter sobre-elevação adequada para levar em conta a força centrífuga.
c) O alinhamento deve ser reto e sem dobras. No caso de curvas, deve haver uma transição adequada entre a reta e a curva.
d) O gradiente deve ser uniforme e o mais suave possível. A mudança de gradiente deve ser seguida por uma curva vertical adequada para proporcionar um percurso suave.
e) A via deve ser resiliente e elástica para absorver os choques e vibrações dos trens em movimento.
f) A pista deve ter um bom sistema de drenagem para que a estabilidade da pista não seja afetada pelo alagamento.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

g) A pista deve ter boa resistência lateral para que possa manter sua estabilidade apesar das variações de temperatura e de outros fatores semelhantes.
h) Deve haver provisões para fácil substituição e renovação dos vários componentes da via.
i) A via deve ter uma estrutura não apenas com o custo inicial baixo, mas, também, com o custo de manutenção mínimo.

2.1.1 Faixa de domínio

Define-se como “Faixa de Domínio” a base física sobre a qual se assentam uma ferrovia, uma rodovia, a faixa de terreno de pequena largura em relação ao comprimento, constituída pelas vias permanentes, canteiros, obras de arte, acostamentos, sinalização e faixa lateral de segurança, bem como as futuras expansões da ferrovia, com limites definidos conforme projeto executivo, decretos de utilidade pública, ou projetos de desapropriação.

A lei nacional nº 6766/79 diz que “ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias e ferrovias, será obrigatória a reserva de uma faixa não-edificável de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica” (FTC - FERROVIA TEREZA CRISTINA, 2023). A Figura abaixo exemplifica uma faixa de domínio para linha férrea.

Figura 10 - Faixa de Domínio da ferrovia na Ferrovia Tereza Cristina S/A (FTC).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Fonte: https://www.ftc.com.br/dominio.

As obras na faixa de domínio ferroviária com o propósito de execução de obras (travessias de energia, redes de água e esgoto, vias para pedestres e veículos, etc.), devem seguir a Resolução ANTT nº 5.956, de 02 de dezembro de 2021.

2.2 Superestrutura ferroviária

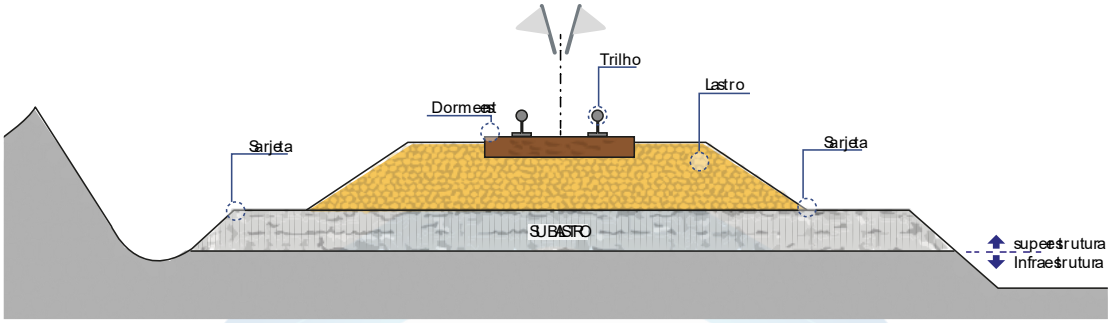


Figura 11 – Via Permanente com destaque para a superestrutura ferroviária.

A superestrutura ferroviária é o segmento da via permanente (Figura 11) que recebe os impactos diretos das cargas dos veículos ferroviários. Seus principais componentes são os trilhos, os acessórios de fixação, os aparelhos de mudança de via (AMV), os dormentes, o lastro e o sublastro. Esses componentes estão sujeitos à degradação provocada pela circulação dos veículos e da deterioração por ataque do meio ambiente.

2.2.1 Trilhos

Os trilhos são elementos da via dispostos em duas linhas paralelas para fornecer uma superfície contínua e nivelada para o movimento dos trens. Para poder suportar tensões, eles são feitos de aço de alto carbono. As funções dos trilhos nas faixas são semelhantes às das vigas de aço, e são as seguintes:

a) Os trilhos fornecem uma superfície contínua e nivelada para o movimento dos trens.
b) Eles fornecem um caminho que é suave e com muito pouco atrito.
c) Servem como guia lateral para as rodas.
d) Suportam as tensões desenvolvidas devido às cargas verticais que lhes são transmitidas através dos eixos e das rodas do material circulante.
e) Desempenham a função de transmitir a carga para uma grande área da formação através de dormentes e lastro.

Os requisitos de uma seção de trilho ideal são os seguintes:

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

a) O trilho deve ter a seção mais econômica consistente com resistência, rigidez e durabilidade.
b) O centro de gravidade da seção do trilho deve estar preferencialmente muito próximo à meia altura do trilho, de modo que as tensões máximas de tração e compressão sejam iguais.
c) Um trilho consiste principalmente de uma cabeça (boleto), uma alma e um pé (*patin*), conforme as figuras abaixo. Deve haver uma distribuição econômica e equilibrada do metal em seus vários componentes para que cada um deles possa atender adequadamente aos seus requisitos.

Figura 12 Imagem de trilhos usados em ferrovias

Fonte: http://www.railroadfastenings.com/steel-rail-and-railway-sleeper.html

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

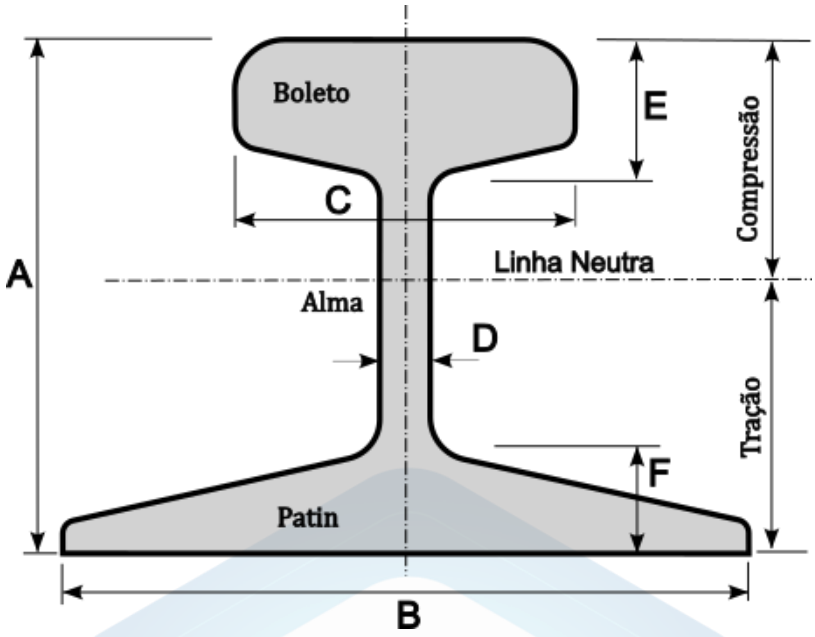


Figura 13 - Seção de trilho com suas principais dimensões.

A Figura 13 mostra a seção de um trilho, com suas principais dimensões, muito utilizado atualmente nos projetos de construções ferroviárias. O trilho é constituído basicamente de um boleto (que recebe as forças das rodas do trem), uma alma e um *patin* que fica fixo e apoiado no dormente. O trilho funciona com uma viga contínua apoiada no dormente, tendo ele uma linha neutra localizada na alma. Os esforços do trilho entre os dormentes estão indicados na figura acima, estando o boleto estruturalmente sob ação de tensões de compressão com distribuição linear e o *patin* sob ação de tensões de tração, que são invertidas no apoio do dormente, no boleto e na compressão sobre o *patin*.

A Tabela 1 mostra as principais dimensões dos trilhos nacionais, conforme a seção apresenta na figura acima.

Tabela 1 - Principais dimensões da seção transversal de um trilho ferroviário.

Perfil ABNT	Dimensões (mm)					
	A	B	C	D	E	F
TR-25	8,4	98,4	54,0	11,1	28,6	17,4
TR-32	112,7	112,7	61,1	12,7	32,6	19,8
TR-37	122,2	122,2	62,7	13,5	36,1	21,4
TR-45	142,9	130,2	65,1	14,3	37,3	25,4
TR-50	152,1	136,5	68,2	14,3	42,1	27,0
TR-52	131,7	131,7	65,1	23,8	45,2	25,4
TR-57	168,3	139,7	69,0	15,9	42,9	28,6
TR-68	185,7	152,4	74,6	17,5	49,2	30,2

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

2.2.2 Aparelhos de fixação

Para fixação dos trilhos e dormentes, assim como entre os trilhos, são necessários aparelhos de fixação. As fixações ferroviárias são utilizadas para manter os trilhos corretamente posicionados nos dormentes e para manter a continuidade entre os trilhos. Desse modo, elas evitam que eles sofram deslocamentos verticais, laterais e longitudinais provocados pelos esforços das rodas dos veículos e pela variação de temperatura.

Os acessórios de fixação dos trilhos aos dormentes podem ser rígidos ou elásticos. Fixações rígidas são as realizadas por pregos e parafusos. Elas são o tipo mais simples de fixação e o menos eficiente; os fixadores soltam com o tempo devido à vibração, perdendo a capacidade de resistir a esforços longitudinais. Fixações elásticas diferentes das fixações rígidas mantêm o contato com o patim do trilho, proporcionando uma fixação constante e equilibrada em todo o comprimento da barra. As fixações semielásticas são aquelas que possuem uma mistura das características das duas anteriores.

Os principais aparelhos de fixação são os seguintes:

- Talas de junção, que são peças de aço ajustadas e fixadas aos pares por meio de parafusos, porcas e arruelas de pressão na junta dos trilhos para assegurar continuidade da superfície de rolamento da via. A junção é feita por duas talas justapostas, montadas na alma do trilho e apertadas com quatro a seis parafusos de alta resistência com torque pré-estabelecido. Os furos são ovais para permitir dilatação das extremidades.
- Placas de apoio geralmente são fabricadas em aço que são presos aos dormentes e servem para suportar o patim no trilho. Os principais objetivos do uso da placa de apoio são: prolongar a vida útil do dormente; proporcionar a distribuição de carga sobre o dormente; evitar a tendência do patim do trilho de penetrar no dormente; permitir que o esforço transversal à via seja transmitido a toda a fixação.

Da Figura 14 até a Figura 18 estão apresentadas exemplos de aparelhos de fixação.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 14 – Exemplos de talas de junção.

Fontes: Trilhos Ferrovários LTDA, 2022.

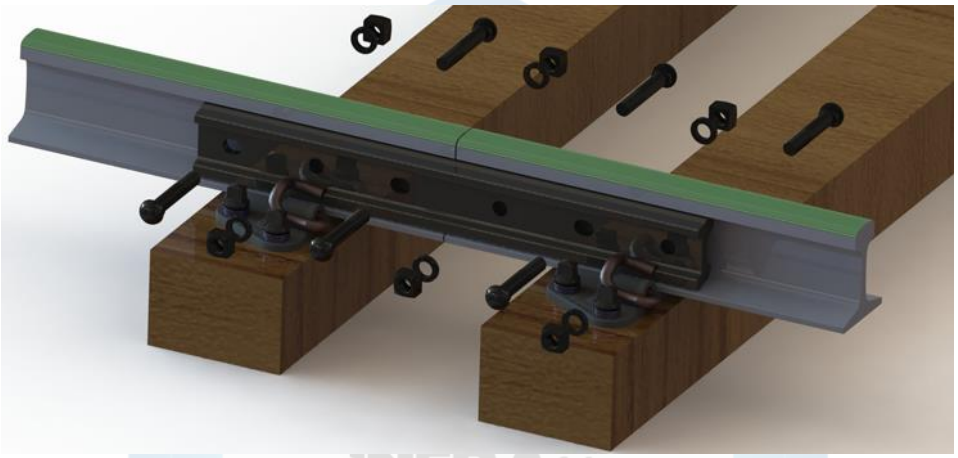


Figura 15 – Tala de junção.

Fonte: BR Railparts, 2022.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 16 - Exemplo Placa de apoio 1.

Fonte: https://www.gov.br/dnit/pt-br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/procedimentos-para-inspecao/pim-013-grampo-elastico-pandrol.pdf.

Figura 17 Exemplo Placa de apoio 2

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Fonte: https://www.trackopedia.com/en/encyclopedia/infrastructure/superstructure

Figura 18 Exemplo Placa de apoio 3

Fonte: http://www.railfasteners.com.br/1-7-rail-tie-plate.html

2.2.3 Aparelhos Especiais de Via

Os aparelhos especiais de via são dispositivos que têm a particularidade de permitir a livre passagem dos frisos das rodas durante a mudança ou a transposição dos trilhos em descontinuidades, além de suportar e distribuir sobre os dormentes as cargas transmitidas pela composição ferroviária. Os aparelhos de mudança de via são classificados como (NABAIS, 2015):

- Aparelhos de mudança de via (AMVs);
- Aparelho de transposição de via (ATVs);
- Aparelhos de conexão de via (ACVs);
- Aparelhos de translação do eixo da via (ATEVs).

A Figura 19 apresenta um exemplo de aparelhos especiais.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

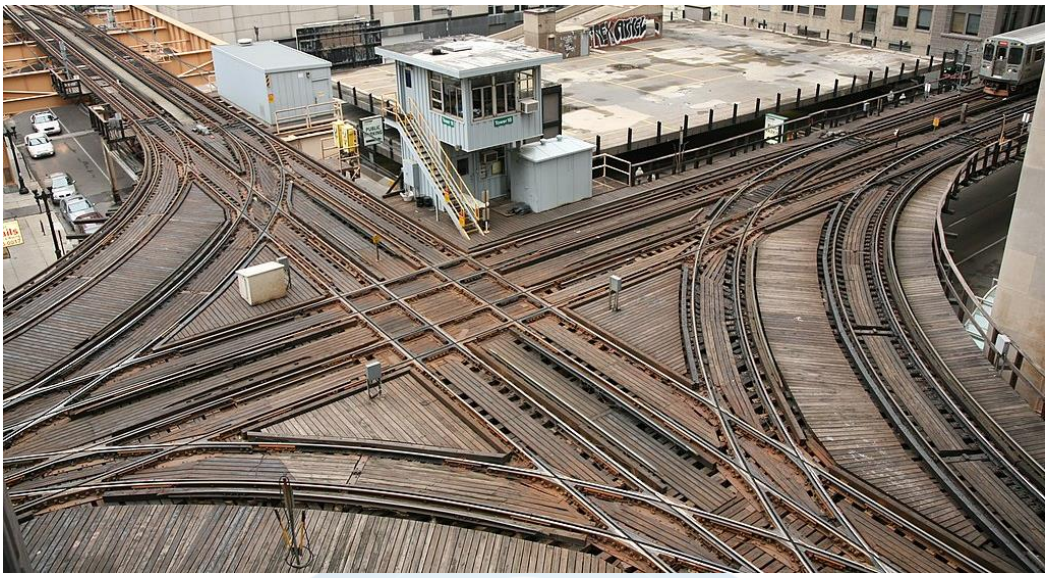


Figura 19 – Exemplo de aparelhos especiais de via no Metrô de Chicago.

Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CTA_loop_junction_edit_4.jpg

O principal aparelho utilizado nas vias ferroviárias é o AMV, que produz o desvio construído nos trilhos ferroviários. Ele permite que o trem transite de uma linha para a outra. O AMV é composto por variados acessórios que, juntos, possibilitam o mecanismo de mudança de rota para os trens.

O aparelho de mudança de via compõe-se das seguintes partes principais (DNIT, 2015):

- Chave. Também chamada de grade de agulhas, são acessórios montados adequadamente de forma a permitir o encaminhamento dos veículos ferroviários de uma para outra linha ou para a mesma via, conforme se deseje.
- Agulhas. São peças que se constituem geralmente pela articulação entre elas mesmas. São destinadas a guiar as rodas dos veículos ferroviários ao transporem a chave.
- Contra-agulha ou “encosto da agulha”. Trilho de encosto da agulha, que geralmente é constituída por peças usinadas a partir de trilhos adaptados para servir de encosto dessa agulha.
- Aparelho de manobra. Aparelhagem que permite movimentar as agulhas, dando passagem para uma outra via.
- Trilhos de enlace ou de ligação. São trilhos que fazem a ligação da chave ao “coração” do AMV.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Coice. Conjunto de peças que faz a articulação da agulha com o trilho de ligação, localizado na parte extrema da agulha oposta à sua ponta.
- “Coração” ou “jacaré”. Parte principal do AMV e que praticamente o caracteriza. Permite que as rodas dos veículos se movam em uma via e passem para os trilhos da outra. Pode ser constituído de uma só peça de aço fundido ou de trilhos comuns cortados, usinados, aparafusados e cravados a uma chapa de aço que se assenta no lastro.
- Calços. São peças de ferro fundido, aparafusadas entre os trilhos e contratrilhos, ou entre a agulha e contra-agulha. Têm por finalidade manter invariável o afastamento entre eles.
- Coxins. Chapas colocadas sob as agulhas do AMV, mantidas sempre lubrificadas, pois sobre elas deslizam as agulhas quando movimentadas.
- Contratrilhos. Pedaço de trilho curvo nas extremidades, de comprimento adequado, colocado paralelamente ao trilho de linha e junto aos trilhos externos, de um lado e outro do “coração” do AMV, tendo por finalidade “puxar” o rodeiro para fora e assim evitar que os frisos das rodas se choquem contra a ponta do “jacaré” ou da agulha.

A Figura 20 mostra esquematicamente um AMV, com indicação da agulha, do contra-trilho e do “jacaré”.

Quanto ao controle de acionamento dos AMVs, tem-se a seguinte classificação:

- Controle manual. As agulhas responsáveis por mover as peças de transferência dos trilhos são acionadas manualmente através de uma trava.
- Controle via mola (Figura 21). O mecanismo de troca dos trilhos é feito através de uma mola que retorna à posição de origem após a manobra.
- Controle via circuito elétrico (Figura 22). O controle é automatizado via comandos elétricos e eletrônicos.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

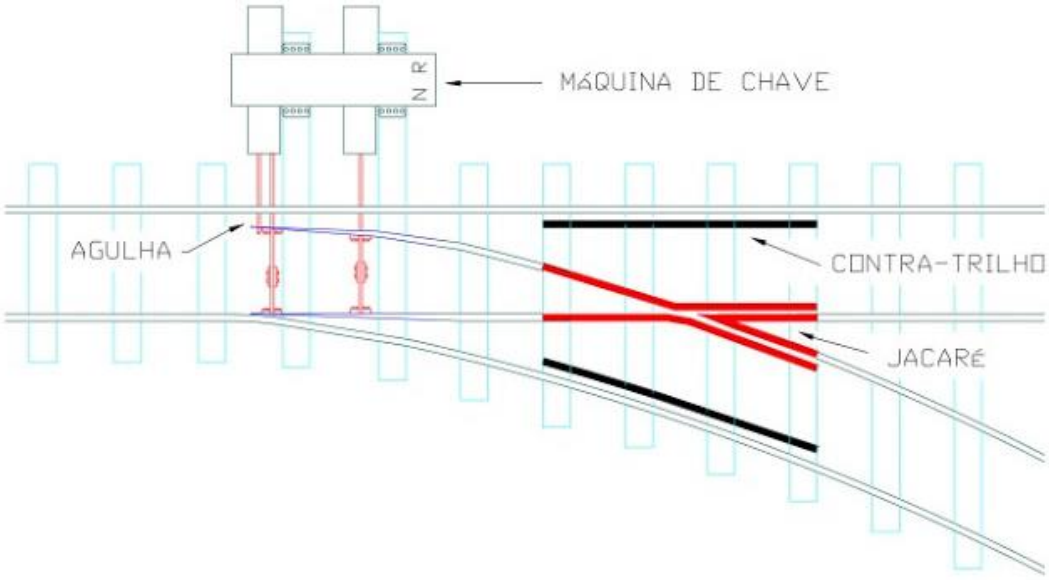


Figura 20 – Esquematização de um AMV.

Fonte: https://massa.ind.br/tabela-de-amv-entenda-o-que-e-e-qual-sua-funcao/

Figura 21 – AMV com controle via mola.

Fonte: https://massa.ind.br/tabela-de-amv-entenda-o-que-e-e-qual-sua-funcao/

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 22 – AMV com controle via circuito elétrico.

Fonte: https://massa.ind.br/tabela-de-amv-entenda-o-que-e-e-qual-sua-funcao/.

2.2.4 Dormente

Os dormentes são as peças transversais e são colocados para apoiar o trilho. Eles têm um papel importante na via, pois transmitem a carga das rodas do trilho para o lastro. As principais funções dos dormentes são as seguintes:

a) Segurar os trilhos em sua bitola e alinhamento corretos.
b) Dar um apoio firme e uniforme aos trilhos.
c) Transferir a carga uniformemente dos trilhos para uma área mais ampla do lastro.
d) Atuar como um meio elástico entre os trilhos e o lastro para absorver os golpes e vibrações causados por cargas em movimento.
e) Proporcionar estabilidade longitudinal e lateral à via permanente.
f) Fornecer os meios para retificar a geometria da pista durante sua vida útil.

Além de desempenhar essas funções, o dormente ideal normalmente deve atender aos seguintes requisitos:

a) O custo inicial e de manutenção deve ser mínimo.
b) O peso do dormente deve ser moderado para que seja conveniente manuseá-lo.
c) Os desenhos do dormente e das fixações devem ser tais que seja possível fixar e remover os trilhos facilmente.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

d) O dormente deve ter área de apoio suficiente para que o lastro sob ele não seja esmagado.
e) O dormente deve ser tal que seja possível manter e ajustar a bitola adequadamente.
f) O material do dormente e seu projeto devem ser tais que não quebrem ou sejam danificados durante a embalagem.
g) O dormente deve ser capaz de resistir a vibrações e choques causados pela passagem de trens em movimento rápido.
h) O dormente deve ter recursos, se possível, de anti-sabotagem e anti-roubo.

As Figura 23 a Figura 26 apresentam imagens de dormentes com diferentes materiais, sendo: madeira (Fig. 22), plástico (Fig. 23), aço (Fig. 24) e concreto (Fig. 25). Cada material tem suas vantagens e desvantagens.

Figura 23 - Dormente em madeira.

Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Railroad_tie

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 24 - Dormente de plástico.

Fonte: https://concretecivil.com/sleepers-in-railway/

Figura 25 - Dormente de aço.

Fonte: https://www.coldforge.com.au/products/pandrol-resilient-fastenings

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 26 - Dormente de concreto.

Fonte: https://www.ptc.com/en/blogs/cad/when-concrete-fails-how-a-humble-rubber-pad-keeps-rail-travel-safe

A Tabela 2 apresenta as principais características dos diferentes materiais de dormentes.

Tabela 2 - Principais características dos diferentes materiais de dormente.

Características	Tipo de dormente			
	Madeira	Aço	Plástico	Concreto
Tempo de serviço (anos)	12-15	40-50	40-50	50-60
Danos no manuseio	Sem danos ao dormente durante o manuseio	Sem danos ao dormente durante o manuseio	Sujeito a quebra por manuseio brusco	Fica danificado por manuseio brusco
Tipo de manutenção	Manual ou mecanizado	Manual ou mecanizado	Manual	Mecanizado
Custo de manutenção	Alto	Médio	Médio	Baixo
Ajuste de bitola	Difícil	Fácil	Fácil	Não é possível
Danos por cupim e corrosão	Pode ser danificado por cupim	Cupim não causa danos, mas a corrosão é possível	Pode ocorrer dano por corrosão	Pouco dano por cupim ou corrosão
Elasticidade	Bom	Bom	Bom	Melhor
Fluência	Excessiva	Pouca	Pouca	Mínima

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

A imagem da Figura 27 mostra as principais dimensões de um dormente de concreto usado pela Infra S.A. A Figura 28 ilustra o assentamento de trilho em cima de dormentes de concreto armado.

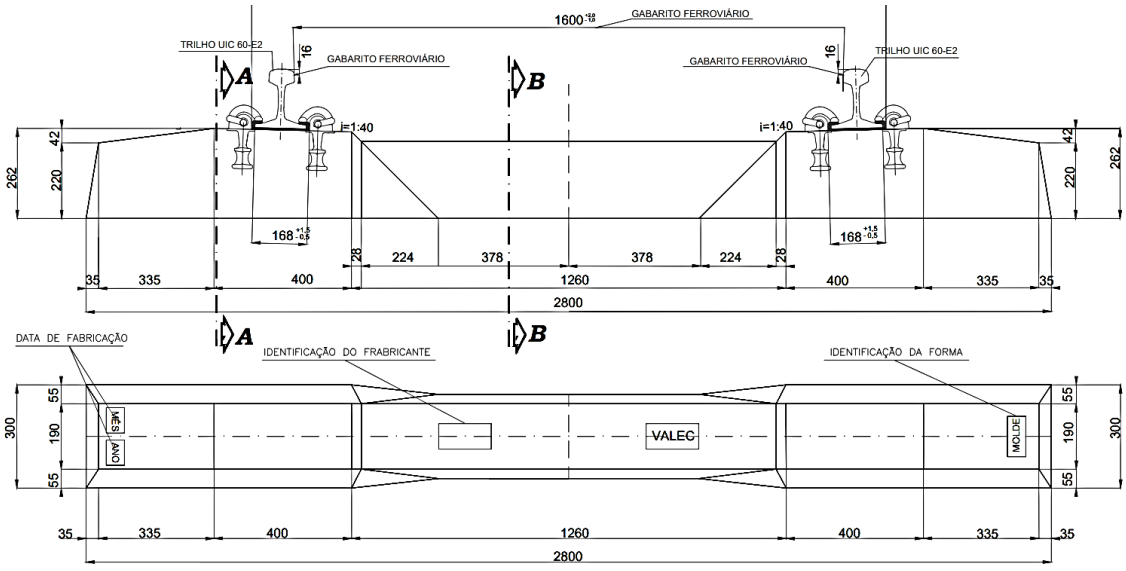


Figura 27 - Principais dimensões de um dormente de concreto usado pela Infra S.A.

Fonte: Arquivo compartilhado pela INFRA S.A.

Figura 28 - Imagem de assentamento de trilhos em ferrovia.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

2.2.5 Lastro

O lastro é uma camada de pedra quebrada, cascalho, ou qualquer outro material granular, colocada e compactada abaixo e ao redor dos dormentes para distribuir a carga deles para a formação abaixo. O lastro fornece a drenagem, bem como a estabilidade longitudinal e lateral à pista. A Figura 29 ilustra o lastro, ou seja, o material granular, como base para os dormentes. A Figura 30 mostra a compactação da sua camada.

Figura 29 - Imagem de lastro de dormente em obra ferroviária.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 30 - Imagem de compactação de lastro em obra ferroviária.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

O lastro serve para as seguintes funções em uma via férrea:

- Fornecer uma camada plana e dura para os dormentes se apoiarem;
- Manter os dormentes em posição durante a passagem dos trens;
- Transferir e distribuir a carga dos dormentes para uma grande área da formação;
- Ter altura para que a dissipação de cargas oriundas da grade ocorra de forma suave, sem danificar a plataforma;
- Fornecer elasticidade e resiliência à pista para uma pilotagem confortável e adequada;
- Ser um material resistente à abrasão e não se decompor em materiais finos;
- Possuir granulometria com proporcionalidade de diâmetros para garantir boa estabilidade de linha;
- Oferecer a resistência necessária à via para estabilidade longitudinal e lateral;
- Proporcionar uma drenagem eficaz das águas superficiais, permitindo que estas se permeiem por entre seus vazios até as canaletas laterais;
- Fornecer um meio eficaz para manter o nível e o alinhamento da via.

O material de lastro deve possuir as seguintes propriedades:

- Deve ser resistente ao desgaste;
- Deve ser duro para não ser esmagado pelas cargas em movimento;

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Deve ser geralmente cúbico com arestas vivas;
- Deve ser não poroso e não deve absorver água;
- Deve resistir tanto ao atrito quanto à abrasão;
- Deve ser durável e não deve ser pulverizado ou desintegrado em condições climáticas adversas;
- Deve permitir uma boa drenagem da água;
- Deve ser barato e econômico.

Para atender a essas e outras finalidades, é preciso que materiais específicos sejam parte integrante do lastro. Por isso, ele é geralmente composto por rocha triturada – pedras britadas, que são extraídas de rocha dura. A principal característica da rocha que será utilizada como lastro é a resistência à ruptura por compressão.

2.2.6 Sublastro

Sublastro é uma camada de material que compõe a superestrutura. Ela está posicionada acima da plataforma ferroviária para receber o lastro, ficando entre este e o subleito.

Uma das características do sublastro é o fato de que ele é composto por material granulado. Com isso, os materiais utilizados nessa etapa do projeto podem ser obtidos em natura, como, por exemplo, as lateritas, os solos arenosos e os cascalhos; eles também podem ser alcançados após uma mistura de dois ou mais materiais na pista ou na usina.

As principais funções do sublastro são:

- Absorver os esforços transmitidos pelo lastro e transferi-los para o terreno subjacente na taxa adequada à sua capacidade de suporte;
- Evitar o fenômeno do bombeamento de materiais finos do subleito e diminuir a altura necessária de lastro;
- Evitar a penetração do lastro na plataforma;
- Aumentar a resistência do leito à erosão e à penetração da água, preservando as propriedades do subleito.

Como o sublastro é projetado como uma camada drenante, a sua granulometria é definida em função do critério de filtros para evitar a passagem de partículas finas para o lastro (https://alemdainercia.com/2019/01/21/requisitos-para-o-sub-lastro-de-ferrovias/).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

2.3 Infraestrutura ferroviária

A infraestrutura ferroviária é o conjunto de obras que formam a plataforma ferroviária (Figura 31) e suporta a superestrutura, sendo composta pelo subleito realizado por serviços de terraplenagem (cortes e aterros), sistema de drenagem, obras de artes correntes e especiais (pontilhões, pontes e viadutos) e túneis.

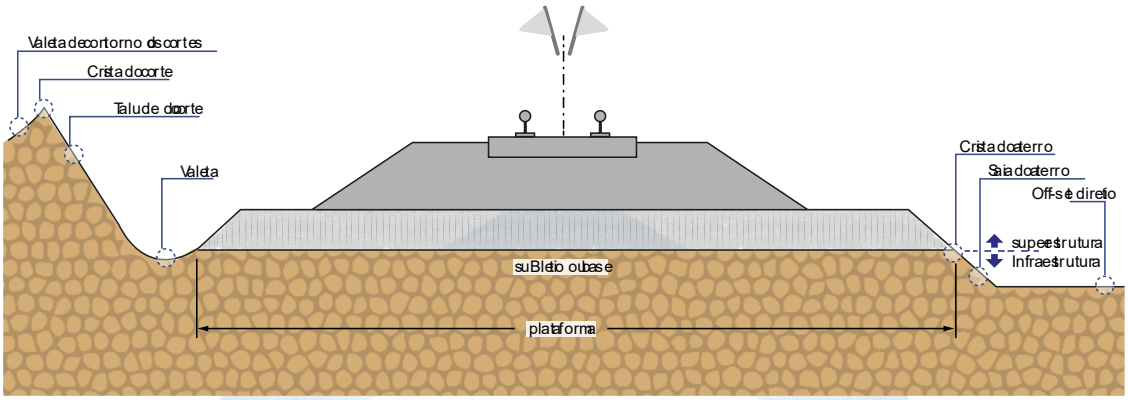


Figura 31 – Via Permanente com destaque para a infraestrutura ferroviária.

2.3.1 Subleito

O subleito é o solo natural que está preparado para receber o sublastro. A superfície plana preparada, pronta para receber o lastro e sublastro, juntamente com os dormentes e trilhos, é chamada de plataforma ferroviária. A plataforma é um componente importante da via permanente, pois suporta toda a estrutura da superestrutura. Tem as seguintes funções de:

- Fornecer uma superfície lisa e uniforme para assentar a superestrutura;
- Suportar a carga transmitida a ele pela carga móvel através do sublastro;
- Facilitar a drenagem;
- Dar estabilidade à infraestrutura.

A plataforma pode ter a forma de um aterro ou de um corte. Quando a formação tem a forma de um talude elevado construído acima do solo natural, ele é chamado de aterro. A plataforma em um nível abaixo do solo natural é chamada de corte. Normalmente, um corte ou escavação é feito através de um terreno montanhoso ou natural para fornecer a linha férrea no nível necessário abaixo do solo.

A formação é constituída pela plataforma ferroviária, pelo corte e pelos aterros necessários. Esta é preparada com o fornecimento de terraplenagem sobre o terreno existente para fazer um aterro ou escavar a superfície do solo existente. A formação pode, portanto, ter a forma de um talude ou de um corte. A altura da

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

formação depende dos contornos do solo e dos gradientes adotados. A inclinação lateral do aterro depende da resistência ao cisalhamento do solo e do ângulo deste. A largura da formação depende do número de trilhos a serem colocados, da bitola e de outros fatores.

2.3.2 Terraplenagem[4]

Terraplenagem é o processo de preparação do terreno para a construção de uma via, como a rodovia e a ferrovia. Ela inclui a remoção de obstáculos naturais, como colinas e vales, e a nivelação do terreno para criar uma superfície plana e estável por uso de cortes e aterros para a plataforma ferroviária. Além disso, a terraplenagem também pode incluir a construção de drenagem, cortes e aterros para garantir que a água da chuva não acumule na plataforma ferroviária.

A terraplenagem deve estar de acordo com a norma DNIT 104/2009-ES "Terraplenagem – Serviços preliminares, Especificação de serviço".

Os elementos mostrados na Figura 31 também fazem parte da terraplanagem: valeta do contorno dos cortes, crista de cortes, talude de corte, valeta, superfície da plataforma, crista de aterro e saia do aterro. A terraplenagem deve ser realizada de maneira responsável para minimizar seus impactos ambientais negativos, como erosão do solo, perda de habitats e mudanças climáticas.

A terraplenagem tem as seguintes funções:

- Preparar o terreno para as fundações das estruturas;
- Nivelar o terreno, garantindo que a superfície esteja plana e uniforme para a construção;
- Controlar a drenagem para garantir que as águas pluviais sejam corretamente drenadas, evitando possíveis problemas futuros;
- Aterrar o terreno para garantir que ele atenda aos requisitos de nivelamento;
- Remover o material de escavação e deixar o terreno pronto para construção.

Pessoa Jr (2019) aborda a terraplenagem pela adição de serviços preliminares como partes integrantes do processo e o divide entre os seguintes tópicos:

- Caminho de serviço;
- Desmatamentos;
- Nivelamento primitivo;
- Escavação, carga e transportes;

[4] Material baseado no livro de Pessoa Jr. (2019)

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Procedimentos em bota-foras;
- Seções de aterro;
- Regularização e reforço de subleito.

Caminho de serviço

O caminho de serviço em uma terraplenagem é uma trilha temporária ou permanente que é construída para permitir acesso à área de trabalho, para transportar equipamentos e materiais para a área de construção, bem como para remover o excesso de terra e outros materiais.

Os caminhos de serviço geralmente servem não apenas para facilitar o acesso à área de trabalho, ou seja, aos empréstimos, aos estoques de recursos e às instalações industriais, mas, também, aos locais de ocorrência de materiais, como: jazidas, areais, pedreiras, paióis, etc. O caminho de serviço também pode ser usado para fornecer acesso à água e à energia para as máquinas utilizadas na terraplanagem, constituindo uma estrada construída para facilitar a realização da obra.

O ideal é que os caminhos de serviço sejam construídos ainda durante a fase de projetos, para que sejam incluídos no orçamento e no planejamento, pois eles consistem na mobilização de equipamentos muitas vezes pesados que podem ter impacto no custo da obra. Entretanto, os caminhos de serviço dependem muito das características da edificação, principalmente do solo, que pode necessitar de ajustes no decorrer do trabalho. Se não for possível projetar, ele deve ser estimado no orçamento seguindo as recomendações das normas regulatórias vigentes.

Desmatamentos

O desmatamento em uma obra de infraestrutura é associado à remoção de árvores e outras plantas de uma área específica para permitir a construção de estradas, ferrovias, pontes, barragens, linhas de transmissão de energia, entre outras estruturas de grande porte. O desmatamento pode ser de florestas, matas ciliares, cerrados ou qualquer outro tipo de vegetação nativa.

Deve ser observado as seguintes exigências da norma DNIT 104/2009-ES, principalmente em relação aos pontos:

> “5.3.2 As operações pertinentes, no caso da faixa referente à plataforma da futura via, devem restringir-se aos limites dos “off-set” acrescidos de uma faixa adicional mínima de operação, acompanhando a linha de “off-set”. No caso dos empréstimos e

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

áreas de apoio em geral, a área deve ser a mínima indispensável à sua utilização.

5.3.3 Nas áreas destinadas a cortes, a exigência é de que a camada de 60 cm abaixo do greide projetado fique totalmente isenta de tocos ou raízes.

5.3.4 Nas áreas destinadas a aterros de cota vermelha abaixo de 2,00 m, a camada superficial do terreno natural contendo raízes e restos vegetais deve ser devidamente removida. No caso de aterro com cota vermelha superior a 2,00 m, o desmatamento deve ser executado de modo que o corte das árvores fique, no máximo, nivelado ao terreno natural, não havendo necessidade do destocamento."

O desmatamento pode ter impacto negativo no meio ambiente e na biodiversidade local. Portanto, é importante que sejam tomadas medidas antes da execução do projeto para minimizá-lo, como a realização de estudos de impacto ambiental no EVTEA, adicionando a implementação de medidas de mitigação e compensação, e a promoção de práticas sustentáveis de construção.

Nivelamento primitivo

O nivelamento primitivo é o serviço topográfico realizado logo após o desmatamento; ele se dá por meio da medição de altitudes em pontos diferentes do terreno com o objetivo de criar uma representação em planta e em perfil altimétrico do terreno.

A partir do levantamento altimétrico, é possível realizar uma análise sobre alguma irregularidade no nivelamento. Caso ele ocorra, deve ser refeito para assegurar o projeto da inclinação de rampas, da altura de muros de contenção, da cota de canalizações e tubulações, e de outras características importantes para o projeto e construção dessas estruturas.

Escavação, carga e transportes

Pessoa Jr (2019) apresenta as três finalidades básicas de escavações:

- Levar o terreno natural à cota de greide, corrigindo o relevo existente de modo a atender às rampas máximas estabelecidas como parâmetros de projeto;
- Obter material para execução de aterros. O ideal é que os volumes escavados tenham uma equivalência entre os volumes de aterro. No caso de necessidade adicional de material de aterro, o material pode ser obtido por

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

empréstimo de uma jazida. No caso de excesso de corte, o material é considerado como bota-fora.

- Substituir materiais existentes no terreno natural que não atendam aos requisitos mínimos estabelecidos em norma e projeto.

A normativa do DNIT 106/2009-ES classifica os materiais escavados em três grupos:

> "3.9 **Material de 1ª categoria**. Compreende os solos em geral, residuais ou sedimentares, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 0,15 m, qualquer que seja o teor de umidade apresentado. O processo de extração é compatível com a utilização de "Dozer" ou "Scraper" rebocado ou motorizado.
>
> 3.10 **Material de 2ª categoria**. Compreende os solos de resistência ao desmonte mecânico inferior à da rocha não alterada, cuja extração se processe por combinação de métodos que obriguem a utilização do maior equipamento de escarificação exigido contratualmente; a extração eventualmente pode envolver o uso de explosivos ou processo manual adequado. Estão incluídos nesta categoria os blocos de rocha de volume inferior a 2 m³ e os matacões ou pedras de diâmetro médio compreendido entre 0,15 m e 1,00 m.
>
> 3.11 **Material de 3ª categoria**. Compreende os materiais com resistência ao desmonte mecânico equivalente à rocha não alterada e blocos de rocha com diâmetro médio superior a 1,00 m, ou de volume igual ou superior a 2 m³, cuja extração e redução, a fim de possibilitar o carregamento, se processem com o emprego contínuo de explosivos."

A escavação, carga e transporte podem ser realizadas de diferentes maneiras, dependendo do tipo de solo, do equipamento disponível e da necessidade específica da obra. A escavação pode ser feita com escavadeiras, retroescavadeiras, tratores de esteiras ou motoescrêiperes. A carga pode ser realizada por caminhões basculantes, caçambas, pás carregadeiras ou motoescrêiperes. O transporte em geral é feito pelo uso dos equipamentos mencionados.

A escavação em rocha, material de terceira categoria, requer técnicas especiais, como por exemplo: detonação, em que são utilizados explosivos para fragmentar a rocha em pedaços menores; perfuração e corte com diamante, utilizada em rochas

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

muito resistentes; escavadeiras de rocha, indicada para rochas de baixa a média resistência; martelos hidráulicos.

Nas escavações em seções de corte, os engenheiros precisam observar os seguintes pontos (PESSOA JR., 2019):

- necessidade de rebaixamento adicional;
- necessidade de patamares;
- controle geométrico;
- alargamento de cortes.

O item 5.3.4 da normativa DNIT 106/2009-ES especifica:

> "5.3.4 Quando alcançado o nível da plataforma dos cortes,
>
> a) Se for verificada a ocorrência de rocha sã ou em decomposição, deve-se promover o rebaixamento do greide, da ordem de 0,40 m, e o preenchimento do rebaixo com material inerte, indicando no projeto de engenharia ou em sua revisão;
>
> b) Se for verificada a ocorrência de solos de expansão maior que 2% e baixa capacidade de suporte, deve-se promover sua remoção, com rebaixamento de 0,60 m, em se tratando de solos orgânicos, o projeto ou sua revisão fixarão a espessura a ser removida. Em todos os casos, deve-se proceder à execução de novas camadas, constituídas de materiais selecionados, os quais devem ser objeto de fixação no projeto de engenharia ou em sua revisão;
>
> c) No dos cortes em solo, considerando o preconizado no projeto de engenharia, devem ser verificadas as condições do solo "in natura" nas camadas superficiais (0,60 m superiores, equivalente à camada final do aterro), em termos de grau de compactação. Os segmentos que não atingirem as condições mínimas de compactação devem ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e, então, devidamente compactados, de sorte a alcançar a energia estabelecida no Projeto de Engenharia."

Com relação à necessidade de patamares, a norma DNIT 106/2009-ES escreve:

> "5.3.12 Nos cortes de altura elevada, em função do definido no projeto de engenharia, deve ser procedida a implantação de patamares, com banquetas de largura mínima de 3 m, valetas revestidas e proteção vegetal."

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Para o controle geométrico, a norma DNIT 106/2009-ES especifica os parâmetros para aceitação dos serviços executados nas seções de corte:

> “7.3.1 Quanto ao controle geométrico. O controle geométrico da execução dos serviços deve ser feito por levantamento topográfico e com gabarito apropriado, e considerando os elementos geométricos estabelecidos nas “Notas de Serviço”, com as quais deve ser feito o acompanhamento da execução dos serviços. Através do nivelamento do eixo e das bordas e de medidas da largura, deve ser verificado se foi alcançada a conformação da seção transversal do projeto de engenharia, admitidas as seguintes tolerâncias:
>
> a) Variação de altura máxima, para eixo e bordas:
>
> - Cortes em solo: ± 0,05 m;
> - Cortes em rocha: ± 0,10 m.
>
> b) Variação máxima de largura de + 0,20 m para cada semi-plataforma, não se admitindo variação negativa.”

A Figura 32 retrata a preparação da infraestrutura ferroviária em obra, enquanto a Figura 33 retrata a preparação em corte da infraestrutura ferroviária. A Figura 34 retrata o corte realizado em rocha por explosivo. A Figura 35 retrata o corte realizado em solo e o seu grampeamento para evitar movimentação desse mesmo solo.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 32 - Imagem de preparação da infraestrutura ferroviária em obra.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Figura 33 - Imagem de corte para preparação de infraestrutura ferroviária.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Figura 34 - Imagem de corte em rocha para preparação de infraestrutura ferroviária.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Figura 35 – Grampeamento do solo para proteção do corte.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Procedimentos em bota-foras

A norma DNIT 106/2009-ES define bota-fora como:

> “Material de escavação dos cortes, não aproveitado nos aterros, devido à sua má qualidade, ao seu volume, ou à excessiva distância de transporte, e que é depositado fora da plataforma da rodovia, de preferência nos limites da faixa de domínio, quando possível.”

O projeto deve indicar as áreas que serão utilizadas como depósito dos materiais excedentes. Essas áreas devem estar em conformidade com as regulamentações ambientais, de saúde e de segurança ocupacional para garantir que a operação não prejudique o meio ambiente ou a saúde das pessoas. Alguns órgãos de controle ambiental podem exigir a compactação do material.

A Figura 36 retrata o procedimento de bota-fora para material rejeitado em obra.

Figura 36 – Execução de bota-fora de material rejeitado em obra.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Seções de aterro

As seções de aterro devem estar em conformidade com a Norma DNIT 108/2009-ES “Terraplenagem -Aterros - Especificação de Serviço”. A norma tem por objetivo

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

estabelecer as condições mínimas exigíveis para a execução dos segmentos da plataforma em aterros mediante o depósito de materiais sobre o terreno natural.

A seção do aterro envolve basicamente os seguintes passos: preparação da área, transporte de material, espalhamento do material, compactação, controle de qualidade e finalização. A preparação da área envolve limpeza e contenções para evitar o deslocamento do material. O transporte do material consiste na sua movimentação para o local de destinação, como mostra a Figura 37. O seu espalhamento deve ser realizado de forma homogênea na área aterrada, como mostra a Figura 38. A compactação visa aumentar a sua densidade e resistência pelo uso de rolos compactadores, que podem ser estáticos ou vibratórios, como mostra a Figura 39. O controle de qualidade, durante todo o processo de aterro, visa garantir que o material esteja dentro dos padrões estabelecidos.

Pessoa Jr (2019) recomenda observar minimamente os seguintes pontos na seção de aterro:

- qualidade mínima dos materiais;
- utilização de materiais de 2ª e 3ª categorias;
- procedimentos básicos de execução;
- alargamento de seções de aterro;
- aterros próximos a pontes e bueiros;
- controle tecnológico;
- controle geométrico; e
- outros cuidados.

Figura 37 - Imagem de material depositado para aterro como preparação de infraestrutura

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

ferroviária.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Figura 38 - Imagem de espalhamento de material para preparação de infraestrutura ferroviária.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Figura 39 - Imagem de material sendo compactado como preparação de infraestrutura ferroviária.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Algumas observações são obtidas da Norma DNIT 108/2009-ES:

> “Os materiais a serem utilizados na execução dos aterros devem ser provenientes das escavações referentes à execução dos cortes e da utilização de empréstimos, devidamente caracterizados e selecionados com base nos Estudos Geotécnicos desenvolvidos através do Projeto de Engenharia.”

As condições específicas do material estão descritas na seção 5 da Norma DNIT 108/2009-ES:

> “Em regiões onde houver ocorrência de materiais rochosos e na falta de materiais de 1ª e/ou 2ª categoria admite-se, desde que devidamente especificado no projeto de engenharia, o emprego destes materiais de 3ª categoria (rochas), atendidas as condições prescritas no projeto de engenharia e o disposto na subseção 5.3 – Execução.”

Para a execução, a seguinte observação é retirada da norma:

> “O início e o desenvolvimento dos serviços de execução dos aterros devem obedecer, rigorosamente, à programação de obras estabelecida e consignada na “Segmentação do Diagrama de Bruckner” enfocada na subseção 4.2.7 da Norma DNIT 104/2009 – ES Terraplenagem - Serviços Preliminares.”

Para aterros próximos a pontes e bueiros, deve ser observado o item 5.3.17 da Norma DNIT 108/2009-ES:

> “Os aterros de acesso próximos dos encontros de pontes, o enchimento de cavas de fundações e das trincheiras de bueiros, bem como todas as áreas de difícil acesso ao equipamento usual de compactação, devem ser compactados mediante o uso de equipamento adequado, como soquetes manuais, sapos mecânicos etc. A execução deve ser em camadas, com as mesmas condições de massa específica aparente seca e umidade descritas para o corpo do aterro, e atendendo ao preconizado no projeto de engenharia.”

Regularização e reforço de subleito

A regularização e reforço do subleito deve ser baseada no Norma DNIT 137/2010-ES “Pavimentação – Regularização do subleito - Especificação de serviço”. A execução da regularização consiste em:

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

> “Após a execução de cortes, aterros e adição do material necessário para atingir o greide de projeto, deve-se proceder à escarificação geral na profundidade de 20 cm, seguida de pulverização, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento”

2.4 Drenagem e Obras de Artes Correntes

A drenagem é o processo de remoção ou de escoamento de água ou outros líquidos de uma determinada área ou superfície e que pode ser proveniente de chuvas, lençóis freáticos, rios, entre outras fontes. A drenagem em obras de infraestrutura é o conjunto de técnicas e dispositivos utilizados para evitar o acúmulo de água e garantir a estabilidade e durabilidade das estruturas construídas. No caso específico, tem como objetivo preservar a via permanente da rodovia dos efeitos danosos das águas pluviais e profundas.

As obras de drenagem são classificadas em drenagem superficial, subterrânea e Obras de Transposição de Talvegues.

A drenagem superficial consiste na coleta e escoamento das águas superficiais que atingem ou que possam atingir a ferrovia. O sistema de drenagem superficial compõe-se essencialmente dos seguintes elementos (ver exemplos nas Figuras Figura 40Figura 44):

- Valetas de proteção de corte. Elemento que intercepta as águas que escorrem pelo terreno natural a montante, impedindo-as de atingir o talude de corte;
- Valetas de proteção de aterro. Elemento que intercepta as águas que escoam pelo terreno a montante, impedindo-as de atingir o pé do talude de aterro;
- Sarjetas de corte. Captar as águas que se precipitam sobre a plataforma e taludes de corte e conduzi-las, longitudinalmente, à ferrovia ou rodovia, até o ponto de transição entre o corte e o aterro, de forma a permitir a saída lateral para o terreno natural ou para a valeta de aterro, ou então, para a caixa coletora de um bueiro de greide;
- Sarjetas de aterro. Captar as águas precipitadas sobre a plataforma de modo a impedir que provoquem erosões na borda do acostamento e/ou no talude do aterro, conduzindo-as ao local de deságue seguro;
- Descidas d'água. Conduz as águas das valetas quando atingem seu comprimento crítico, ou de pequenos talvegues, desaguando numa caixa coletora ou na sarjeta de corte;
- Saídas d'água. Dispositivos destinados a conduzir as águas coletadas pelas sarjetas de aterro lançando-as nas descidas d'agua;

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Caixas coletoras. Dispositivos construídos nas extremidades dos bueiros de forma a permitir a captação e transferência dos deflúvios, conduzindo-os superficialmente para as canalizações a serem construídas em nível inferior;
- Bueiros de greide. Dispositivos destinados a conduzir para locais de deságue seguro as águas captadas pelas caixas coletoras;
- Dissipadores de energia. Dispositivos destinados a dissipar energia do fluxo d´água, reduzindo consequentemente sua velocidade, quer no escoamento através do dispositivo de drenagem, quer no deságue para o terreno natural;
- Escalonamento de taludes (baqueta). Modo de construção de forma de talude com o objetivo de evitar que as águas precipitadas sobre a plataforma e sobre os taludes atinjam, através do escoamento superficial, uma velocidade acima dos limites de erosão dos materiais que os compõem;
- Corta-rios. São canais de desvio abertos com a principal finalidade de afastar as águas que ao serpentearem em torno da diretriz da via coloquem em risco a estabilidade dos aterros.

Figura 40 – Construção de canaleta em obra ferroviária.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 41 – Construção de canaleta em corte inclinado.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Figura 42 – Descida de água em canaleta (direita), descida de água em degrau (esquerda)com dissipador de energia (abaixo).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Figura 43 – Descida de água em degraus.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 44 – Descida de água com saída e dissipador de energia.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

A drenagem subterrânea destina-se à interceptação e remoção das águas do subsolo que possam causar danos à via ferroviária. O sistema de drenagem subterrânea compõe-se essencialmente de:

- Drenos profundos. Dispositivo que intercepta o fluxo da água subterrânea através do rebaixamento do lençol freático, impedindo-o de atingir o subleito;
- Drenos espinha de peixe. São drenos destinados à drenagem de grandes áreas, pavimentadas ou não, normalmente usados em série e em sentido oblíquo em relação ao eixo longitudinal da via ou área a drenar;
- Colchão drenante (Figura 45). Camada para drenar as águas, situadas a pequena profundidade do corpo da via e na qual o volume não possa ser drenado pelos drenos "espinha de peixe".;
- Drenos horizontais profundos. São dispositivos aplicados para a prevenção e correção de escorregamentos nos quais a causa determinante da instabilidade seja a elevação do lençol freático ou do nível piezométrico de lençóis confinados;
- Drenos verticais de areia. Consistem, basicamente, na execução de furos verticais penetrando na camada de solo compressível, nos quais são instalados cilindros com material granular de boa graduação.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 45 – Construção de colchão drenante em via ferroviária.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Obras de Transposição de Talvegues constituem as Obras de Artes Especiais (OAEs) e as Obras de Artes Correntes (OACs). A OAE é descrita na próxima seção. Uma OAC é uma OAE de pequeno porte, tal como bueiro, pontilhão (pequena ponte), túneis e muros de arrimo, necessários para a implantação de uma via.

Os bueiros são obras destinadas a permitir a passagem livre das águas que acorrem as estradas. É composto de bocas (dispositivos de admissão e lançamento, a montante e a jusante) e corpo (situada sob os cortes e aterros).

Quanto à forma da seção, os bueiros podem ser tubulares (quando a seção for circular) e celulares (quando tiver seções diferentes de circular). A Figura 46 mostra um bueiro de tubular e a Figura 47 mostra um bueiro triplo tubular em construção. A Figura 48 mostra um bueiro simples celular. A Figura 49 mostra um bueiro simples celular com uma descida de água na sua boca.

A Figura 50 mostra uma passagem de animais como uma OAC.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 46 – Bueiro de tubular.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Figura 47 – Bueiro triplo tubular em construção.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 48 – Bueiro simples celular.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Figura 49 – Bueiro simples celular com descida de água.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 50 – Passagem de animais como OAC.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

2.5 Obra de Artes Especiais (OAEs)

Em termos gerais, as Obras de Arte Especiais (OAEs) são estruturas ou elementos de uma obra de infraestrutura que têm características de construções especiais ou complexas. Elas têm o objetivo de permitir a passagem de pessoas, veículos ou água sob, sobre ou através de obstáculos naturais ou artificiais, como rios, vales, ferrovias, rodovias, entre outros.

Exemplos de obras de arte em obras de infraestrutura incluem pontes, viadutos, túneis, passarelas, galerias, canais, aquedutos, entre outros. Essas estruturas requerem projeto e construção especializados, que levem em consideração as características do local, as cargas a que serão submetidas, a durabilidade e a segurança.

2.6 Pontes e viadutos

Uma ponte é uma estrutura elevada que transpõe um obstáculo, como um rio, um vale, uma ferrovia, uma rodovia ou outros obstáculos, permitindo a passagem de pessoas, veículos ou outros meios de transporte. No caso específico, uma ponte ferroviária serve para transpor o obstáculo para passagem do veículo ferroviário.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Viadutos, segundo a ABNT, são estruturas que têm como função transpor um obstáculo artificial, como por exemplo uma avenida ou uma rodovia. Os viadutos geralmente são projetados para evitar interferências com outras infraestruturas.

Existem vários tipos de pontes em obras de infraestrutura, cada uma com suas próprias características de desempenho, estética e custo. As pontes mais comuns são:

- Ponte em lajes. Utiliza lajes de concreto pré-moldado como elemento estrutural principal, comumente usada em pequenas pontes e viadutos;
- Ponte em vigas. Utiliza vigas pré-fabricadas de concreto ou aço como elemento estrutural principal, comumente usada em pontes de médio porte;
- Ponte estaiada. Utiliza cabos de aço tensionados para sustentar a superestrutura, geralmente usada para vãos maiores, já que os cabos podem suportar grandes cargas;
- Ponte pênsil. Utiliza cabos de suspensão verticais ligados a uma viga transversal, que sustenta a superestrutura, mais usada em vãos maiores;
- Ponte em arco. Utiliza a forma de um arco para suportar a superestrutura;
- Ponte basculante. Ponte que se abre para permitir a passagem de embarcações;
- Ponte levadiça. Ponte que se abre verticalmente para permitir a passagem de embarcações;
- Ponte móvel. Ponte que se move lateralmente para permitir a passagem de embarcações.

A estrutura de pontes e viadutos pode ser dividida nas seguintes partes (de baixo para cima): infraestrutura, mesoestrutura, superestrutura e encontros.

A **infraestrutura** de uma ponte é a parte da estrutura que sustenta a ponte e transmite as cargas para o solo ou para as fundações. Essa infraestrutura inclui principalmente as fundações, como sapatas, blocos de coroamento (das fundações profundas), tubulões, estacas e outras estruturas que são responsáveis por garantir a estabilidade da ponte e permitir que ela suporte o peso dos veículos e pedestres que passam por ela.

A **mesoestrutura** de uma ponte refere-se à estrutura intermediária entre a infraestrutura e a superestrutura da ponte., incluindo principalmente os aparelhos de apoio, as travessas, as vigas de amarração, os pilares e outras partes da ponte que ajudam a transmitir as cargas da superestrutura para a infraestrutura.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

A **superestrutura** de uma ponte é a sua parte superior, que consiste em todos os elementos que suportam diretamente o seu tráfego, a superestrutura ferroviária, as lajes, vigas principais (longarinas), vigas transversinas, cortinas, guarda-corpos, parapeitos, juntas de dilatação e outros componentes associados.

Os **encontros** são as estruturas de acesso às pontes e que apoiam as extremidades da superestrutura, transmitindo as cargas para a infraestrutura, que, por sua vez, as transmite para o solo ou para as fundações. Os encontros são essenciais para garantir a estabilidade e segurança da ponte, pois eles impedem que a superestrutura se mova lateralmente e fornece resistência às cargas horizontais, como ventos e forças sísmicas.

As Figuras de Figura 51 a Figura 55 ilustram a construção de uma ponte ferroviária, desde a fundação até a superestrutura. A Figura 56 mostra a ponte acabada já com o guarda-corpo. A Figura 57 mostra a ponte ferroviária toda construída.

Figura 51 – Construção de bloco de coroamento e pilar em ponte.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 52 – Construção de vigas longarinas em ponte.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Figura 53 – Montagem de armação de aço de uma laje em ponte.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 54 – Concretagem e adensamento de uma laje em ponte.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Figura 55 – Proteção de uma laje em ponte para realização do processo de cura.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 56 – Ponte acabada com guarda-corpo.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Figura 57 – Ponte acabada ferroviária transpondo um rio.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

2.7 Túneis

Túneis, de modo geral, são estruturas subterrâneas construídas para permitir a passagem de veículos, pedestres ou materiais sob uma barreira natural, como montanhas, rios, estradas ou edifícios.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Um grande projeto de túnel deve começar com uma investigação abrangente das condições do solo, coletando amostras de poços, ou com outras técnicas geofísicas. Uma escolha informada de máquinas e métodos para escavação e suporte ao solo pode então ser feita, o que reduzirá o risco de encontrar condições imprevistas. No planejamento da rota, os alinhamentos horizontais e verticais podem ser selecionados para fazer uso das melhores condições do solo e da água.

Os túneis são escavados em tipos de materiais que variam de argila macia a rocha dura. O método de construção do túnel depende de fatores como as condições do solo, as condições das águas subterrâneas, o comprimento e o diâmetro do túnel, a sua profundidade, a logística de apoio à escavação, a utilização final e a forma do túnel e a gestão adequada dos riscos.

Existem três tipos básicos de construção de túneis de uso comum. Túneis de corte e cobertura são construídos em uma trincheira rasa e depois cobertos. Túneis perfurados são construídos *in situ*, sem remover o solo acima. Finalmente, um tubo pode ser afundado em obstáculo de água, o que é chamado de túnel imerso.

As técnicas de construção podem variar de acordo com as características geológicas do local, o tamanho e o propósito do túnel. Algumas das principais técnicas desse tipo em obras de infraestrutura são:

- Perfuração e detonação. É a técnica mais comum e tradicional de construção de túneis. Nesta técnica, a rocha é perfurada por uma broca e depois detonam-se explosivos para remover o material. Os detritos são transportados para fora do túnel por meio de caminhões ou trens.
- Escavação com TBM (*Tunnel Boring Machine)*. Esta técnica envolve o uso de uma máquina especializada que escava o túnel enquanto instala os revestimentos ao mesmo tempo. As TBM são capazes de escavar túneis com alta precisão e velocidade, sendo amplamente utilizadas em grandes projetos de infraestrutura.
- Método NATM (*New Austrian Tunnelling Method*). É uma técnica que envolve a escavação manual de pequenos trechos do túnel e a aplicação de concreto projetado nas paredes para estabilizá-las. Ela é especialmente adequada para terrenos rochosos e instáveis.
- Método de parede diafragma. Esta técnica é usada principalmente em túneis subaquáticos ou próximos à superfície do solo. Ela envolve a perfuração de uma série de buracos no solo que são posteriormente preenchidos com concreto para formar uma parede contínua.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- *Cut-and-cover*. Esta técnica é usada em túneis rasos ou em áreas urbanas. Ela envolve a escavação de uma vala no solo, na qual o túnel é construído e posteriormente coberto com terra ou outros materiais.
- Método de congelamento. É uma técnica usada em túneis subaquáticos. Ela envolve a injeção de nitrogênio líquido no solo ao redor do túnel, congelando a água e permitindo a escavação do túnel em seco.

As Figuras de Figura 58 a Figura 60 mostram algumas características de um túnel ferroviário e trechos de construção.

Figura 58 – Abertura externa de um túnel ferroviário.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 59 – Máquina realizando perfuração em túnel para inserção de explosivo e depois detonação.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

Figura 60 – Máquina retirando material solto em túnel.

Fonte: Imagem compartilhada pela INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

3 PRINCIPAIS DOCUMENTOS BIM

A Figura 61 mostra os principais documentos BIM utilizados no processo de gestão da Informação de acordo com a ISO 19650, parte 2, separada em 8 (oito) estágios do projeto.

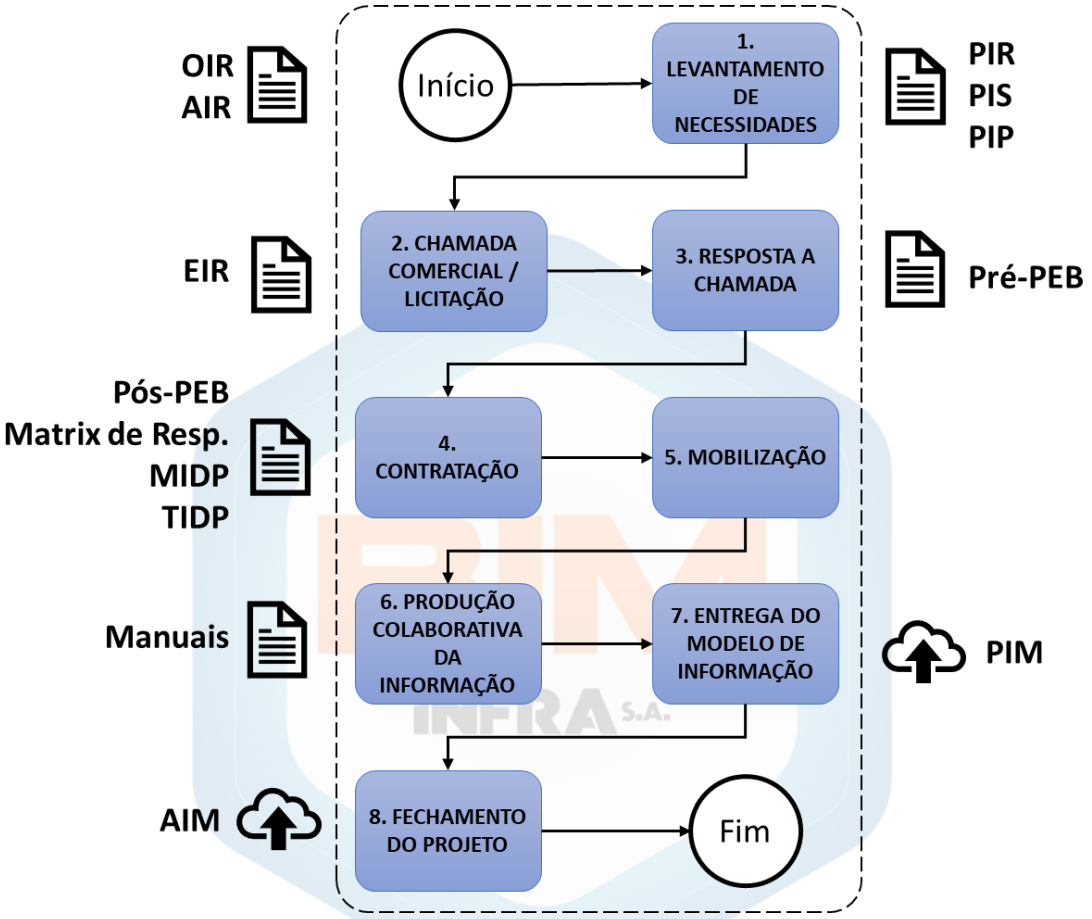


Figura 61 - Principais documentos no processo de gestão da Informação.

Os quatro documentos principais no topo da Figura 61 são chamados de Requisitos de Informações (RI ou IR do inglês como "*Information Requirements*") e são descritos como:

a) Requisitos de Informações Organizacionais (*Organization Information Requirements* – OIR);
b) Requisitos de Informações de Ativos (*Asset Information Requeriments* – AIR);
c) Requisitos de Informações do Projeto (*Project Information Requeriments* – PIR);
d) Requisitos de Troca de Informação (*Exchange Information Requeriments* – EIR), também conhecidos como *Employer's Information Requeriments* (EIR).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Adicionalmente aos requisitos apresentados, a ISO 19650-5, cláusula 7.1.3, afirma que os Requisitos de Informações de Segurança (*Security Information Requirements* – SIR) devem estar contidos no plano de gerenciamento de segurança a nível estratégico. As informações confidenciais relevantes a serem entregues devem ser incorporadas aos Requisitos de Troca de Informações relevantes para cada chamada/consulta.

Esses documentos estão conectados, como mostra a Figura 62, sendo divididos entre nível organizacional, nível do ativo e nível do projeto. Eles especificam (determinam o conteúdo, estrutura e a metodologia) os Modelos de Entrega de Informações (lado direito da Figura 62), detalhados mais adiante. O OIR encapsula (fornece a entrada para) o AIR, que, por sua vez, contribui (fornece a entrada) para o PIR. Ambos, AIR e PIR, subsidiam o EIR.

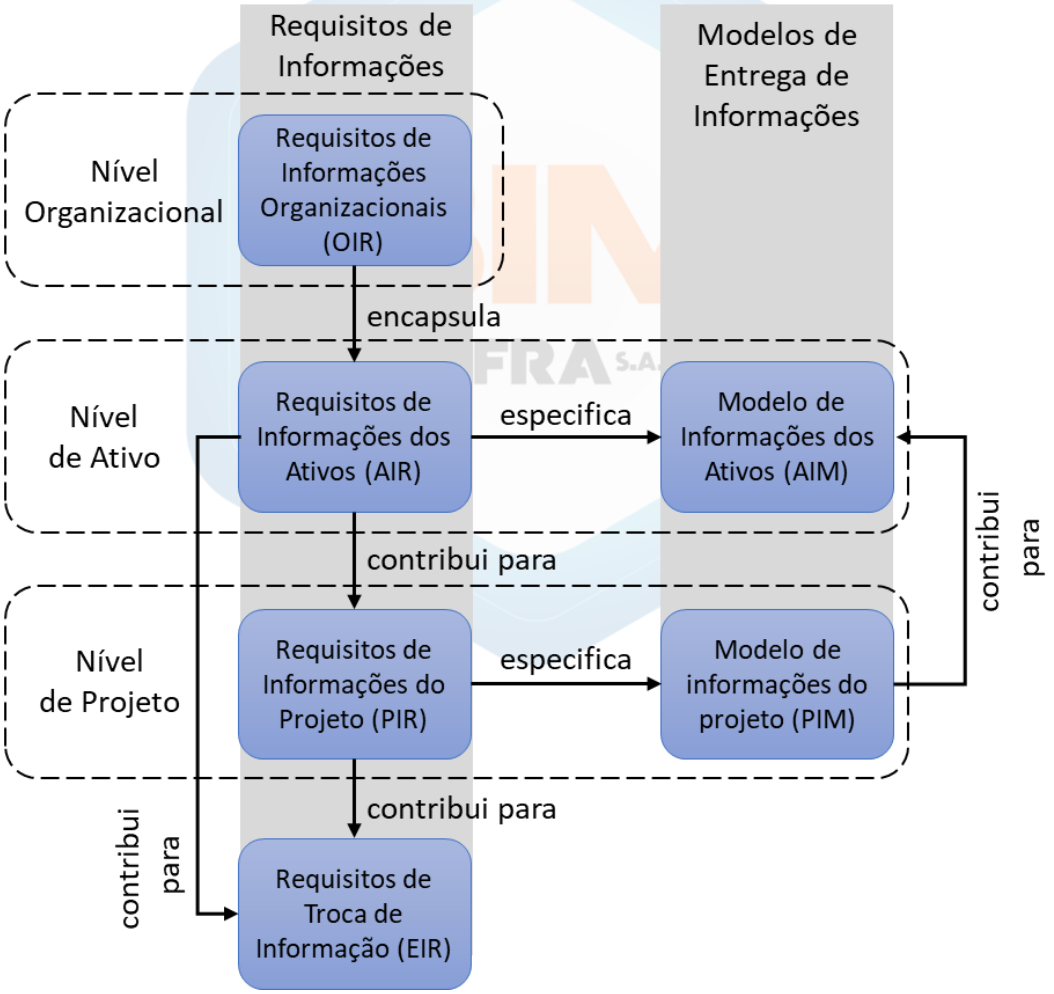


Figura 62 - Encandeamentos dos Requisitos de Informações e os Modelos de Entrega de Informações.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

O OIR e o AIR podem existir antes do início de um projeto específico, pois contêm informações a nível estratégico dentro de uma organização, enquanto o PIR e o EIR são produzidos especificamente para um nível.

Ainda no estágio 1, Figura 61, de Levantamento de Demanda, são produzidos os seguintes documentos sobre o projeto:

- O Padrão de Informações do Projeto (*Project Information Standard* - PIS);
- O Protocolo de Informação do Projeto (*Project Information Protocol* - PIP).

No estágio 2, de Chamada Comercial / Licitação, é produzido o EIR com auxílio do AIR e PIR, como mostra a Figura 61. No estágio 3, Resposta a Chamada, o principal documento é o Plano de Execução BIM pré-Contrato (pré-BEP). No estágio 4, Contratação:

- O Plano de Execução BIM pós-contrato (BIM *Execution Plan* – pos-BEP);
- A Matrix de Responsabilidades;
- O Plano Mestre de Entrega de Informações (*Mater Information Delivery Plan* - MIDP);
- O Plano Individual de Entrega de Informações (*Task Information Delivery Plan* – TIDP).

Documentos de apoio, como Manuais com procedimentos padronizados para Produção Colaborativa de Informações (estágio 6), são bem-vindos para manter um local de consulta rápida no momento de produção da informação.

O Modelo de Informações dos Ativos (*Asset information model* – AIM) e Modelo de Informações do Projeto (*Project Information Model* – PIM) são os repositórios estruturados de informações necessárias para a tomada de decisões durante todo o ciclo de vida de um ativo de ambiente construído, como retrata a Figura 62. Um é específico para gerência de ativos e outro é específico para os projetos, respectivamente. Assim, ambos são ambientes de dados com informações dos ativos e do projeto. O AIM apoia os processos de gestão de ativos estratégicos e diários estabelecidos pela organização ou pelo cliente. Ele pode fornecer informações durante o início do processo de entrega do projeto. O PIM apoia a entrega do projeto e contribui com o AIM para apoiar as atividades de gerenciamento de ativos.

Este capítulo lista os principais documentos envolvidos no projeto BIM e os descreve brevemente. No capítulo de “Contratação”, esses documentos são utilizados para auxiliar a contratação de projetos em BIM.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

3.1 Requisitos de Informações Organizacionais (*Organization Information Requirements* – OIR)

Os Requisitos de Informações Organizacionais (OIR) são os pontos de partida para todas as atividades de gerenciamento de informações que porventura sejam exigidas por alguma instituição para construir sistemas de gestão de ativos e outras funções organizacionais. Ou seja, eles são requisitos de informações em nível organizacional, em vez de requisitos de informações em nível de ativos (AIR) ou de projeto (PIR).

Os requisitos podem surgir por vários motivos, incluindo (ISO 19650-1, seção 5.2):

- Operação Estratégica de Negócios;
- Gestão Estratégica de Ativos;
- Planejamento de Portfólio;
- Deveres Regulamentares; ou
- Elaboração De Políticas.

Poucos detalhes são descritos sobre OIR na ISO 19650. Entretanto, as atividades que podem ajudar a definir os Requisitos de Informação Organizacional estão descritas no Anexo A da PAS 1192-3.

Quando um contrato é concedido para atividades específicas de gerenciamento de ativos, ou quando instruções são dadas a uma equipe interna para atividades de gerenciamento de ativos, os Requisitos de Informação de Ativos (AIR) específicos da tarefa devem ser preparados. Estes são gerados com base nos Requisitos de Informação Organizacional, como mostra a Figura 62.

A organização das atividades permite um melhor entendimento do que será requerido. As atividades de alto nível pode ser agrupadas pelos níveis de planejamento: estratégica; tática; e operacional. Outra forma de organização se dá pelos grupos funcionais: portfólio; gestão de ativos; e operação de negócios. Ainda há possibilidade de agrupar por departamentos: gerencial, técnico, jurídico, comercial, financeiro. Assim, é possível ter uma noção do nível de detalhamento que será requerido.

3.2 Requisitos de Informações dos Ativos (*Asset Information Requeriment* - AIR)

Os Requisitos de Informações dos Ativos (AIR) fazem parte do processo de BIM, definindo os dados gráficos e não gráficos, informações e documentação

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

necessários para a operação e gerenciamento da vida útil de um ativo construído[5]. A ISO 19650 define AIR como “requisitos de informação em relação à operação de um ativo”; um requisito de informação é definido como “especificação para o quê, quando, como e para quem a informação deve ser produzida”.

A PAS 1192 (PAS 1192-3) define AIR como “requisitos de dados e informações da organização em relação aos ativos pelos quais é responsável”.

O processo de definição dos OIR gera um conjunto de requisitos de alto nível relacionados com o gerenciamento do ativo. Os AIR consistem nas informações detalhadas do ativo necessárias para responder aos OIR relacionados a um ativo específico, como mostra a Figura 62.

Os AIR compreendem a definição das informações para o desenvolvimento do Modelo de Informação dos Ativos (AIM) e para usar/operar e manter um ativo. Os AIR devem ser precisos nas informações de cada ativo (sem dados supérfluos), seja uma infraestrutura, uma edificação, espaço ou objeto individual (componente), como uma porta ou um móvel. Nesse sentido, o uso de sistemas de classificação identificados e esquemas associados aos ativos facilitarão a cascata de requisitos.

A equipe interna responsável pela gestão de ativos e instalações (caso existam) deve ser a responsável pela elaboração do AIR, considerando os aspectos comerciais, gerenciais e técnicos da produção e gerenciamento de informações de um ativo. Além disso, ela deve incluir os padrões, métodos e procedimentos a serem implementados pela Equipe de Entrega:

- Os aspectos gerenciais e comerciais incluem os formatos de informação, padrões de informação, métodos de produção e procedimentos a serem implementados pela equipe de entrega.
- Os aspectos técnicos dos AIR detalham os conjuntos de informação necessários para que se possa responder aos OIR. É recomendado que estes requisitos sejam expressos de forma que possam ser incorporados nas tarefas de gestão do ativo e possam dar suporte na tomada de decisões da organização.

Quando existir uma cadeia de suprimentos, os AIR recebidos por um contratado podem ser subdivididos e repassados a qualquer um de seus subcontratados. Os AIR recebidos pelo contratado podem ser ampliados com os seus próprios requisitos de informação.

[5] https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Asset_information_requirements_AIR

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Na medida em que o Contratante tenha condições de recebê-los, os dados devem ser fornecidos em formato aberto, como o *Construction Operations Building Information Exchange* (COBie) ou o IFC 2X3 usando o Basic FM *Handover View*.

Os AIR devem ser definidos formal e explicitamente em um documento que pode integrar os Requisitos de Informações Contratuais ou ser considerado no EIR (Operacional).

Uma definição a ser feita na introdução é como os AIR serão abordados: como um documento isolado dos Requisitos de Informações Contratuais; ou como parte do EIR (Operacional). A forma de abordagem é muito mais uma questão discricionária do que técnica. Com o intuito de melhorar o entendimento sobre os requisitos, recomenda-se que os AIR constituam um documento isolado nos casos em que haja um AIM como entrega ou quando a quantidade de AIR seja grande.

3.3 Requisitos de Informações do Projeto (*Project Information Requeriments* – PIR)

Os PIR são parcialmente derivados dos OIR e, como eles são de alto nível, baseiam-se nos propósitos para os quais o Contratante demanda informações, identificando quais delas serão necessárias para os principais pontos de decisão determinados pela parte contratante.

A série ISO 19650 descreve que os Requisitos de Informações do Projeto (PIR) são desenvolvidos para atender aos objetivos estratégicos de alto nível da parte contratante, conforme declarado nos requisitos de informações organizacionais (OIR). O foco está nas informações específicas que podem ser fornecidas como parte da etapa de entrega de um ativo e utilizadas para realizar esses objetivos estratégicos.

Os requisitos de informações do projeto (PIR) são a documentação da parte contratante sobre as informações necessárias para dar base às principais decisões em prazos especificados durante o ciclo de vida do projeto. Apenas os requisitos de informação do projeto (PIR) relevantes serão integrados na documentação contratual, através dos requisitos de troca de informação (EIR).

Os PIR devem levar em conta os requisitos do ciclo de vida do empreendimento, incluindo os processos de gerenciamento de projetos e gerenciamento de ativos. Assim, os PIR devem contemplar: os objetivos do projeto; as informações de projeto existentes; o escopo do projeto; usos BIM; plano de trabalho; processo de aquisição; os pontos e as decisões que precisam ser tomadas; as questões a serem

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

respondidas em cada processo decisório; os marcos de entrega; e as expetativas das partes interessadas quanto aos entregáveis.

Ao definir os marcos de entrega, o Contratante deve atentar para:

- Os principais pontos de decisão.
- A natureza e o conteúdo das informações em cada ponto de decisão.
- Suas próprias obrigações de entrega de informações (se houver);
- o cronograma de progresso do projeto.

Caso não seja dito nada em contrário, assume-se que os marcos de entrega de informações coincidem com as datas de troca de informações.

Em projetos repetitivos, o Contratante pode desenvolver padrões de requisitos genéricos que podem ser adotados com pequenas adaptações em vários projetos.

Existe apenas um conjunto de PIR por projeto. Os PIR devem ser definidos formalmente e explicitamente em um documento. Uma vez definidos, os PIR tornam-se os propósitos de alto nível que fornecem a base para os EIR (Entrega) mais detalhados.

3.4 Requisitos de Informações de Segurança (*Security Information Requiriments* – SIR)

A abordagem dos Requisitos de Informações de Segurança (SIR) é trazida pela ISO 19650-5:2020. Nela são tratados os requisitos do que é considerado um ativo, produto ou serviço sensível a partir dos seguintes critérios:

- Faz parte da infraestrutura crítica nacional.
- É uma função de segurança nacional, defesa, aplicação da lei ou diplomática.
- É um site comercial relacionado a volumes significativos de moeda, materiais valiosos, produtos farmacêuticos, químicos, petroquímicos ou gases.
- É usado ou pode ser usado para hospedar eventos de importância para a segurança.
- Constitui um ponto de referência, um local nacionalmente significativo ou um local movimentado.

A norma também estabelece uma abordagem voltada para a definição de um Plano de Gerenciamento da Segurança que deve conter:

- Requisitos de Informações de Segurança (SIR).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Requisitos para implementação de quaisquer métodos de mitigação de segurança.
- Requisitos de segurança logística.
- Requisitos para divulgação de informações.
- Requisitos para um plano de gerenciamento de violação/incidente de segurança.

No âmbito da legislação brasileira, o Decreto nº 9.573, de 22 de novembro de 2018, aprovou a Política Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas (PNSIC), que as define como: "instalações, serviços, bens e sistemas cuja interrupção ou destruição, total ou parcial, provoque sério impacto social, ambiental, econômico, político, internacional ou à segurança do Estado e da sociedade". Dando continuidade, o Decreto nº 10.569, de 9 de dezembro de 2020, aprovou a Estratégia Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas, que confere às infraestruturas de transportes, entre outras, dimensão estratégica, uma vez que desempenham papel essencial tanto para a segurança e soberania nacionais, como para a integração e o desenvolvimento econômico sustentável do País.

Com base nos princípios da PNSIC, destacam-se o uso da análise de riscos como base para prevenção e resiliência e a integração entre as diferentes esferas do Poder Público, do setor empresarial e dos demais segmentos da sociedade.

3.5 Requisitos de Troca de Informação *(Exchange Information Requirements* – EIR)

A atividade de solicitar informações e depois entregá-las é chamada de troca de informações. O Contratante deve estabelecer seus requisitos de troca de informações a serem atendidos pela Contratada principal em potencial durante o contrato.

Os requisitos de troca de informações (EIR) especificam as informações que precisam ser entregues pelo Contratado e devem estar alinhados com os marcos ou estágios do projeto. O Contratado, à medida que realiza subcontratações, pode incluir seus próprios requisitos ao EIR, se necessário, de modo a atender seus próprios Usos BIM identificados para o projeto e para outras necessidades de informação. Assim, nem todas as informações são criadas para benefício do Cliente.

Os EIR devem ser definidos com detalhes suficientes para que possam ser incorporados ao contrato. Informações de apoio devem ser fornecidas para auxiliar na compreensão do conteúdo do EIR e dos critérios de aceitação. Quanto mais

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

específicos forem os detalhes disponibilizados aos licitantes, mais chances eles terão de entender exatamente o que precisa ser entregue e ser aceito.

O EIR pode ser dividido em EIR (Entrega) e EIR (Operacional). O EIR (Entrega) está relacionado com o Modelo de Informação do Projeto (PIM), que tem como base a ISO 19650-2. Já o EIR (Operacional) está relacionado com o Modelo de Informação do Ativo (AIM), que tem como base a ISO 19650-3.

O processo de definição do EIR segue os seguintes passos:

a) Definição dos propósitos (projeto ou do ativo) a serem atendidos. Um dos propósitos da informação é o de apoiar a progressão contínua do projeto (controle do cronograma);
b) Identificação dos requisitos para cada propósito;
c) Identificação do(os) provedor(es) de informação e o(s) receptor(es) de informação para cada requisito;
d) Associação dos requisitos aos marcos de entregas de informação;
e) Classificação das informações requeridas em “estruturadas” ou “não estruturadas”. Essa divisão deve levar em consideração os propósitos e a capacidade de gerir (receber e usar).
f) Por fim, são capturados os requisitos detalhados para a informação estruturada, seguindo o arranjo definido no quadro de nível de necessidade de informação.

O EIR deve considerar o OIR, AIR, PIR e o SIR. Seguindo a estrutura do AIR, os EIR podem ser agrupados em gerenciamento de informações, técnico e comercial.

O **Gerenciamento de informações** compreende:

- Normas e classificação.
- Funções de informação (papéis e responsabilidades).
- Planejamento de trabalho.
- Usos BIM.
- Cibersegurança.
- Coordenação espacial e detecção de conflitos.
- Processo de colaboração.
- Implementação de CDE.
- Desempenho dos sistemas.
- Plano de *compliance* (critérios de aceitação e auditoria).
- Estratégia de entrega de informações de ativos.
- Requisitos de treinamento.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Saúde e segurança.

As **informações técnicas** compreendem:

- Plataformas de *software*.
- Formatos de troca de dados.
- Coordenar sistemas, unidades e níveis.
- Nível de Necessidade de Informação para atender a cada requisito de informação.
- Definição de métricas para descrever o status das informações, como nível de precisão.
- Exclusões e inclusões de modelos.
- Estabelecer as informações de suporte que o possível Contratado possa precisar para entender ou avaliar completamente cada requisito de informação ou seus critérios de aceitação, considerando:
  - Informações de ativos existentes.
  - Recursos compartilhados.
  - Documentos comprovativos ou material de orientação.
  - Referências a normas internacionais, nacionais ou industriais relevantes.
  - Exemplares de entregas de informações semelhantes.

As **informações comerciais** compreendem:

- Critérios de Aceitação, considerando:
  - O padrão de informação do projeto.
  - Os métodos e procedimentos de produção de informações do projeto.
  - O uso de informações de referência ou recursos compartilhados fornecidos pelo Contratante.
  - Os critérios de aceitação podem ser transformados em regras automatizadas, que podem servir para a verificação das informações.
- Marcos e entregas do projeto que garantem a troca de informação na hora certa, considerando:
  - O tempo necessário para que o contratante analise as informações, e
  - Os processos internos de garantia da parte que contratou.
- Objetivos estratégicos do Contratante/Cliente.
- Matriz de Responsabilidades.
- Avaliação de Capacidade BIM.

É recomendado que os aspectos técnicos dos EIR sejam capazes de detalhar as informações que respondem ao PIR e ao AIR. Convém que estes requisitos sejam expressos de forma que possam ser incorporados em tarefas relacionadas a um projeto. Além disso, os EIR devem-se alinhar com os pontos de decisão.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

3.6 Padrão de Informações do Projeto (*Project Information Standard* - PIS)

O Padrão de Informações do Projeto (PIS), proposto em conformidade com a ISO 19650-2, visa estabelecer o arcabouço técnico (normas e padrões) do contratante que devem ser seguidos no desenvolvimento de projetos em BIM. O objetivo é garantir uma abordagem consistente para estruturação e classificação das informações mais adequadas ao projeto.

Como parte dos Padrões, Métodos e Procedimentos, os padrões de informações do facilitam a entrega de informações consistentes em um projeto, ativo ou portfólio de ativos.

Os padrões de informações do projeto visam apoiar os três elementos fundamentais do modelo BIM: informações gráficas, informações não gráficas e a documentação. As informações gráficas são representadas pelo modelo geométrico, produzidas em *softwares* autorais baseados em objetos. As informações não gráficas são consideradas estruturadas e são associadas ao modelo por meio de planilhas e *webservices*. Já a documentação encontra-se associada ao modelo, mas não é estruturada.

3.7 Protocolo de Informação do Projeto (*Project Information Protocol* - PIP)

O Protocolo de Informações do Projeto (PIP), segundo a ISO 19.650:2, faz parte das saídas da etapa de levantamento de necessidades, conforme o processo de Gestão da informação durante a fase de entrega dos ativos (Figura 1).

O PIP é um dos documentos que integram o Plano de Gerenciamento BIM do Contrato e estabelece os direitos e deveres das partes pactuantes com relação ao BIM. Dessa forma, o contratante deve considerar:

- Obrigações específicas do próprio contratante, do contratado e seus subcontratados em relação à gestão e/ou produção da informação, incluindo o uso do ambiente comum de dados do projeto;
- Qualquer garantia ou definição de responsabilidade legal associada ao modelo de informação do projeto;
- Informação sobre quaisquer direitos de propriedade intelectual aplicáveis ao projeto;
- Uso de informação sobre ativos existentes que tenham relação com projeto;
- Uso de recursos compartilhados;
- Uso de informação e termos de licenciamento associados a ela durante o projeto; e

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- O reuso de informação após a contratação e no evento de término de contrato.

Para que o PIP tenha efeito contratual, é essencial que uma cláusula de incorporação seja incluída em cada contrato e subcontratos. Além disso, recomenda-se que o PIP componha o Edital de Licitação integrando a minuta do contrato.

O Protocolo de Informações do Projeto BIM, elaborado em conformidade com a ISO 19650-2 e com a Lei 13.303/16, visa proporcionar à segurança jurídica a implementação da gestão da informação utilizando o BIM, e tem como objetivo estabelecer os direitos e obrigações das partes pactuantes em um contrato que exija a gestão ou produção de informações.

A intenção é que o PIP aborde questões legais e contratuais em BIM, incluindo, mas não se limitando à: prioridade dos documentos contratuais; obrigações dos participantes do projeto; sistema centralizado de gerenciamento eletrônico de documentos; gerenciamento de informações; Plano de Execução BIM; uso dos modelos; direitos de propriedade intelectual; uso de informação sobre ativos existentes que tenham relação com projeto; uso de recursos compartilhados; uso de informação e termos de licenciamento durante o projeto; e o reuso de informação após a contratação e durante o evento de término de contrato.

Para que o PIP tenha o efeito pretendido e para que se possa criar uma sinergia nas várias relações contratuais firmadas, no caso de qualquer conflito ou inconsistência associadas ao BIM, deve-se estabelecer, para efeitos legais, a precedência do PIP em relação ao Contrato e aos demais documentos BIM.

3.8 Plano de Execução BIM (*BIM Execution Plan* – BEP)

De acordo com a ABNT/ISO 19650-2, O Plano de execução BIM (BEP) detalha como os aspectos da gestão da informação do contrato serão conduzidos pela equipe de entrega da contratada.

Com base na ABNT/ISO 19650-2, o processo de contratação demanda, dos concorrentes, informações com diferentes finalidades associadas com os usos pretendidos. No contexto do BIM, o BEP é a resposta da contratada ao EIR (Termo de Referência). Nele a contratada estabelece a estratégia e os processos BIM que serão adotados para atender a demanda de informações e apresenta a sua competência e condição técnica de executar essa proposta.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

A ABNT/ISO 19650-2 estabelece dois Planos de execução BIM (BEP), um pré-contrato (Pré-BEP) e outro pós (Pós-BEP). O primeiro deve ser incluído na proposta de cada concorrente, que será julgada no interior do processo de contratação. Já o segundo é exigido da Contratada, quando esta já tiver sido definida, como anexo ao Contrato e ao final de seu processo.

No Pré-BEP, as concorrentes descrevem como serão entregues as informações requeridas (EIR) e como o projeto será executado, monitorado e controlado em relação ao BIM – quem faz o quê, quando e como. Para auxiliar na avaliação, as respostas documentadas no BEP devem fazer referência explícita aos requisitos especificados no edital.

No pós-BEP, a empresa vencedora do processo de contratação deve atualizar e confirmar o plano de execução BIM alinhando-o com as demais empresas subcontratadas. Dessa forma, a contratada deve:

a) Confirmar os nomes dos profissionais que irão executar cada papel e função na gestão da informação da(s) equipe(s) de entrega(s);
b) Atualizar a estratégia de entrega das informações da(s) equipe(s) de entrega(s) (conforme necessário);
c) Atualizar a matriz de responsabilidades sintética da(s) equipe(s) de entrega(s) (conforme necessário);
d) Confirmar e documentar os métodos e os procedimentos de produção da informação propostos pela(s) equipe(s) de entrega(s);
e) Atualizar os requisitos de padronização da informação do projeto com ajustes e correções acordados com o contratante; e
f) Confirmar o planejamento proposto de *software*, *hardware* e infraestrutura de TI que a(s) equipe(s) de entrega(s) usarão.

De acordo com a ABNT/ISO 19650-2, o Pós-BEP tem como finalidade a formalização do Pré-BEP, que passa a ter força contratual. Usualmente, o Pós-BEP requer que: a matriz de responsabilidade da equipe de entrega seja refinada em uma matriz de responsabilidade detalhada; que sejam desenvolvidos recursos adicionais, incluindo planos de entrega de informações de tarefas (TIDP) e um plano mestre de entrega de informações (MIDP).

Além disso, o Pós-BEP pode ser modificado em relação ao Pré-BEP. Cabe destacar que as alterações ou complementos feitos no Pós-BEP não podem contrariar o princípio da vinculação da proposta, isto é, não podem alterar critérios que foram julgados durante a análise técnica do processo de seleção.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

O BEP deve estar alinhado com a estratégia de contratação do projeto, em especial com relação aos critérios de julgamento. Assim, o Plano de Execução BIM (PEB) pode ser dividido em dois: um pré-contrato (Pré-BEP) e outro pós (Pós-BEP).

Assim, a estruturação do BEP, seja Pré ou Pós, é a mesma, o que difere é o momento do Processo Licitatório no qual o BEP será inserido.

Para a estruturação do BEP, sugere-se a seguinte organização de tópicos:

a) **Visão Geral e Informações do Projeto:** visão geral do projeto, informações da contratada, objetivos (geral e específico), usos e objetivos BIM, Indicadores de Desempenho (KPIs), metas, cronograma (MIDP).
b) **Plano de Implementação do Projeto – PIP:** Estrutura Analítica de Recursos e Necessidade de Infraestrutura Tecnológica.
c) **Modelo de Informação do Projeto – MIP:** Disciplinas Envolvidas no Projeto, Concepção do Projeto, Fases de Desenvolvimento dos Projetos e Nível de Detalhe (ND) e Nível de Informação.
d) **Papéis e Responsabilidades:** A organização dos papéis e das responsabilidades de acordo com nível de engajamento (responsável, autoridade, consultor e informado).
e) **Fluxos de Trabalho BIM:** apresentam a sequência de passos necessários para se automatizar processos de negócio, permitindo que sejam transmitidos de uma pessoa para outra e funcionando de acordo com um conjunto de regras definidas.
f) **Troca de Informações BIM:** define a infraestrutura tecnológica e a organização processual para suportar as trocas de informações dentro do projeto.
g) **Procedimentos de Colaboração:** procedimento de trocas eletrônicas, procedimentos de reunião, modelo de intercâmbio de informações para submissão e aprovação e espaço de trabalho interativo.
h) **Controle de Qualidade:** estratégia global para o controle da qualidade, Verificação para controle de qualidade, Precisão e tolerâncias do modelo
i) **Estrutura do Modelo:** estrutura de nomenclatura de arquivos, Estrutura Analítica do Projeto (EAP), sistemas de coordenadas correspondentes, formatos de arquivo.
j) **Entregáveis do Projeto:** organizados de acordo com as fases do projeto (Estudos Preliminares, Planejamento BIM, Projeto Básico, Projeto Executivo), apresentam as entregas em resposta ao Termo de Referência (EIR) do edital de licitação.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

k) **Matriz de responsabilidades:** tabela que descreve a participação dos responsáveis pelas diversas funções na execução das diversas tarefas e entregáveis.

3.9 Plano Individual de Entrega de Informações (*Task Information Delivery Plan* – TIDP)

O Plano Individual de Entrega de Informações é também conhecido como Planos de Entrega de Tarefas (TIDP). O TIDP nada mais é do que um cronograma que deve ser elaborado por cada equipe de tarefa a depender da organização/planejamento da contratada. Ele inclui desde os detalhes de quando as informações do projeto devem ser preparadas até o indivíduo responsável por produzi-las, bem como quais protocolos e procedimentos para a fase devem ser adotados.

Um dos princípios que deve nortear a elaboração do TIDP é a produção colaborativa entre a equipe de tarefas e a Contratada. De outra forma, tal abordagem sem envolvimento colaborativo mútuo pode resultar em um plano de entrega pobre e não específico.

A Seção 5.4.4 da ABNT/ISO 19650-2 detalha a elaboração do TIDP, segundo a qual, durante a elaboração do TIDP por cada equipe de tarefas, devem ser considerados:

a) As datas-marco de entrega das informações do projeto;
b) As responsabilidades da equipe de tarefas, conforme expressas na matriz de responsabilidades detalhada pela equipe de entrega;
c) Os requisitos de informação do contratado previsto no EIR (Termo de Referência);
d) A disponibilidade dos recursos compartilhados pela equipe de entrega;
e) O tempo necessário para que esta crie, coordene, revise e aprove a informação; e
f) O Plano de Execução BIM (BEP), de forma que não haja choque de informações entres eles (TIDP e BEP).

De acordo com a cláusula 5.4.7 da ISO 19650-2, para que o TIDP tenha efeito contratual, é essencial que uma cláusula de incorporação seja incluída em cada subcontrato. As atualizações do TIDP, após a contratação, se for o caso, devem cumprir os procedimentos previstos no Plano de Gerenciamento de Mudanças.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Para a perfeita adequação a casos concretos, as sugestões apresentadas neste Capítulo devem ser revisadas por profissionais habilitados e qualificados em licitações e em direito.

3.10 Plano Mestre de Entrega de Informações (*Mater Information Delivery Plan* - MIDP)

O planejamento da entrega da informação é responsabilidade de cada contratada e suas subcontratadas. É recomendado que os planos sejam formulados em resposta aos EIRs estabelecidos pela contratante e estejam em sintonia com o Pós-BEP. Além disso, os planos devem refletir o escopo das tarefas a serem executadas no ciclo de vida do ativo.

O Plano Mestre de Entrega da Informação (MIDP) é de responsabilidade do Contratado, que deve agrupar todos os Planos de Entrega de Tarefas (TIDPs) gerados por cada equipe de tarefa.

O MIDP é um plano que lista todas as entregas de informações de um projeto, incluindo modelos, desenhos, especificações, equipamentos e cronogramas. Um MIDP identifica quando as informações do projeto devem ser preparadas, por quem e através de quais protocolos e procedimentos.

O TIDP compreende a programação, com datas de entrega determinadas, dos contêineres de informação para uma equipe de tarefas específica, permitindo que ela esclareça não somente quais produtos fazem parte de seus entregáveis, mas, também, quais informações precisarão ser trocadas tanto no seu interior, em função de relações de dependência intrínsecas a ela, quanto na sua relação com outras equipes de tarefas. Toda essa dinâmica estabelece coordenação e progressos oportunos em toda a equipe de entrega.

A Seção 5.4.4 da ABNT/ISO 19650-2 detalha a elaboração do TIDP. O contratado deve considerar:

a) As responsabilidades definidas na matriz de responsabilidades detalhada pela equipe de projeto;
b) Os predecessores e/ou dependências de informação entre as diversas equipes de tarefas;
a. Tempo necessário para que o contratante revise e aprove o compartilhamento e o uso do modelo de informação; e
b. Tempo necessário para que o contratante revise e aceite o modelo de informação.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

De acordo com a cláusula 5.4.6 da ISO 19650-2, para que o MIDP tenha efeito contratual, é essencial que uma cláusula de incorporação seja incluída em cada subcontrato. As atualizações do MIDP, após a contratação, se for o caso, devem cumprir os procedimentos previstos no Plano de Gerenciamento de Mudanças.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

4 CONTRATAÇÃO

Apesar dos avanços alcançados com relação ao BIM a nível Brasil, há ainda desafios a serem resolvidos nos órgãos públicos, principalmente quanto à realização e gestão de contratos em BIM/GIS. O modelo de contratação determina como os agentes devem prestar os serviços de projeto e execução de empreendimento, definindo parâmetros como: modalidade de pagamento; arranjo funcional da equipe; e participação dos agentes ao longo do processo. Ao estabelecer a forma de organização da equipe ao longo das etapas de produção do empreendimento, os modelos de contrato têm relação direta com a possibilidade de inserção do BIM. Entretanto, algumas questões ainda estão abertas:

- Como contratar projetos em BIM?
- Quais são os fluxos de informações na contratação BIM?
- Quais são os documentos envolvidos na contratação em BIM?
- O que se deve pedir num projeto BIM?
- Como receber projetos em BIM?
- Como verificar se as informações BIM recebidas estão de acordo as solicitadas?

A proposta aqui é adotar um **Plano de Gerenciamento BIM** (PGB), um documento anexo ao contrato que lista o conjunto de documentos que devem ser seguidos para o desenvolvimento do projeto em BIM.

O Plano de Gerenciamento BIM do Contrato, proposto em conformidade com a ISO 19650-2 e com a Lei 13.303/16, visa proporcionar a segurança jurídica e a referência técnica para a implementação da gestão da informação utilizando o BIM. Dessa forma o PGB do Contrato tem um duplo objetivo: estabelecer os direitos e obrigações das partes pactuantes e as orientações técnicas para a produção, uso e troca de informações dentro de processos BIM relacionados com a elaboração, entrega e recebimento do projeto.

Segundo a ISO 19650:2, os seguintes documentos BIM deverão ser anexados ao Contrato de projetos em BIM:

- Os Requisitos de Troca da Informações (*Exchange Information Requiriments* - EIR);
- O Padrão de Informações do Projeto (*Project Information Standard* - PIS);
- O Protocolo de Informação do Projeto (*Project Information Protocol* - PIP);
- O Plano de Execução BIM (*BIM Execution Plan* - BEP); e

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- O Plano Mestre de Entrega de Informações da equipe de entrega (*Master Information Delivery Plan* - MIDP).

Para efeito do **Plano de Gerenciamento BIM**, os Requisitos de Troca de Informações (EIR) foram incluídos em um documento **denominado Requisitos de Informações Contratuais,** que contempla informações necessárias advindas do OIR, PIR e o AIR.

Por outro lado, o PMBOK, um guia de boas práticas em gerenciamento de projetos, é uma das publicações de padrões e diretrizes do *Project Management Institut* (PMI). O PMBOK propõe o desenvolvimento de plano de gerenciamento para 10 áreas de conhecimento (integração, escopo, prazo, custo, qualidade, aquisições, risco, comunicações, recursos e partes interessadas). Dentro do que propõe o PMBOK, considerou-se relevante a inclusão dos seguintes planos como partes integrantes do contrato:

- Plano de Comunicações e Colaboração;
- Plano de Gerenciamento de Mudanças; e
- Plano de Gerenciamento de Risco.

Com base na ISO 19650-2 e no PMBOK, sugerem-se os seguintes 8 (oito) documentos a comporem o **Plano de Gerenciamento BIM do Contrato:**

1. Os Requisitos de Informações Contratuais;
2. Os Padrões de Informações do Projeto (PIS);
3. O Protocolo de Informações do Projeto (PIP);
4. O Plano de Execução BIM da equipe de entrega (BEP);
5. O Plano Mestre de Entrega de Informações da equipe de entrega (MIDP);
6. O Plano de Comunicações e Colaboração;
7. O Plano de Gerenciamento de Mudanças; e
8. O Plano de Gerenciamento de Risco.

O **Plano de Gerenciamento BIM do Contrato** é um documento à parte. Entretanto, os documentos que não foram descritos na seção anterior são descritos nesta como parte deste manual.

4.1 Fluxo de Informação

A Figura 63 mostra os principais documentos envolvidos durante a fase de contratação segundo a ISO 19650-2. Esses documentos são relativos ao uso do BIM, pois outros devem ser inclusos relativamente ao processo que não envolve diretamente o BIM, de acordo com a legislação vigente.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

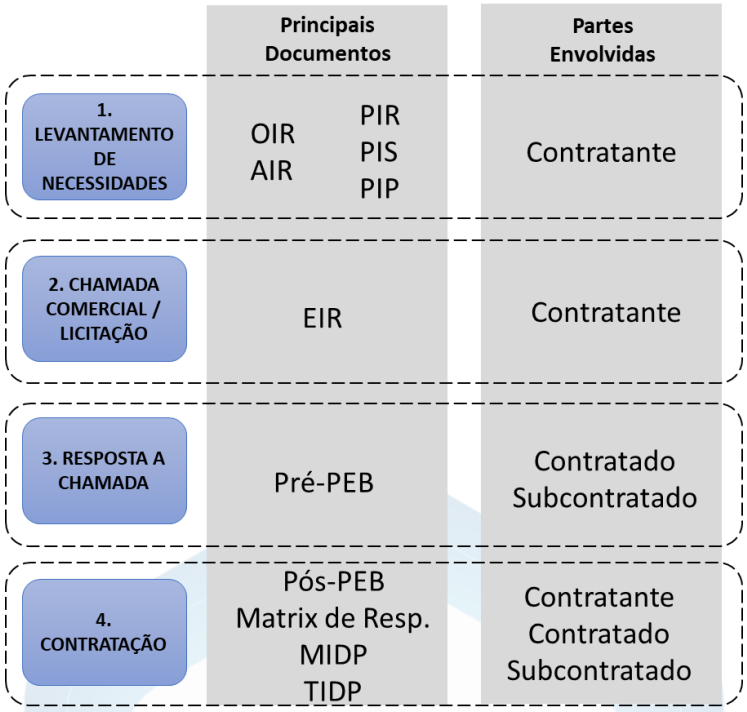


Figura 63 – Documentos envolvidos durante a fase de contratação segundo a ISO 19650-2.

A Figura 64 mostra o fluxo de informações para levantamento de necessidades segundo a ISO 19650-2. Essa fase é de responsabilidade da Contratante e compreende as seguintes ações:

- Identificar os profissionais responsáveis pelas atividades de gestão da informação;
- Definir os requisitos de informação do projeto (PIR);
- Definir as datas-marco de entrega de informação do projeto;
- Definir os padrões e normas aplicáveis à informação do projeto (PIS);
- Definir os métodos e processos de produção da informação do projeto;
- Definir as informações de referência e os recursos compartilhados do projeto;
- Definir o ambiente comum de dados do projeto (CDE);
- Definir o protocolo de informação do projeto (PIP).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

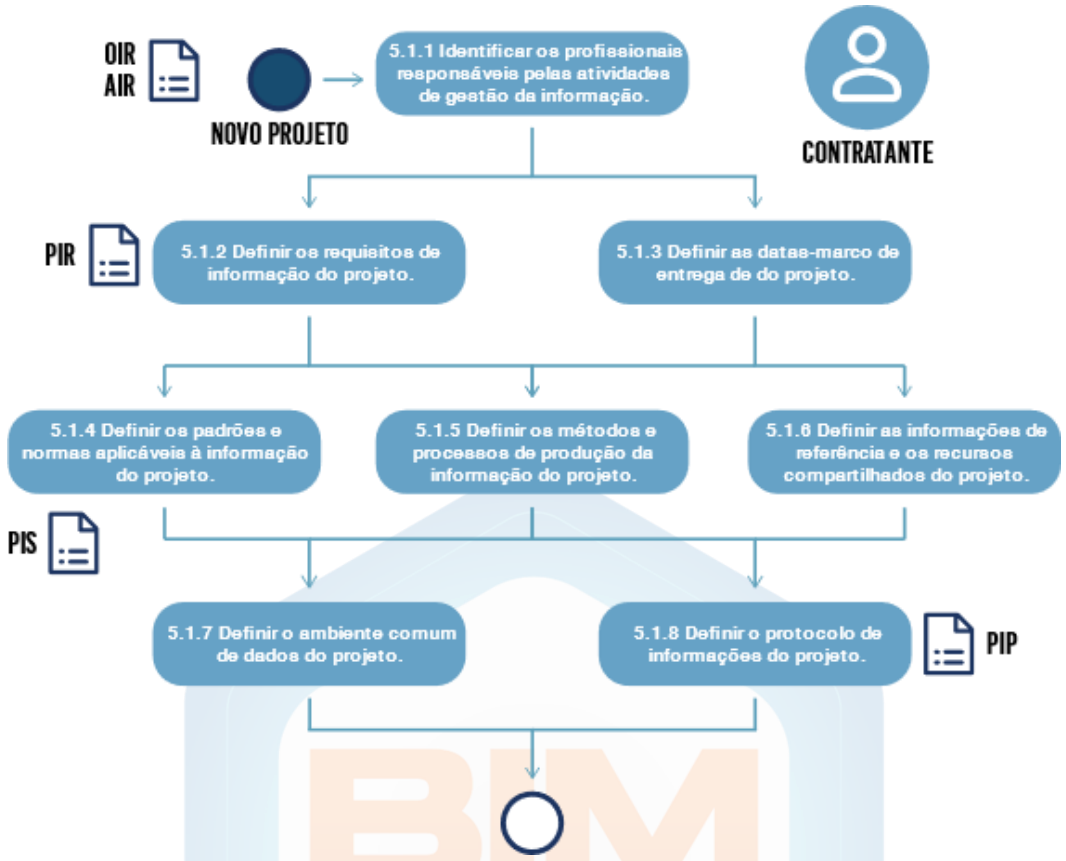


Figura 64 – Fluxo de levantamento de necessidades segundo a ISO 19650-2.

O principal documento a ser disponível pelo contratante nesse processo de contratação BIM é o Requisito de Troca de Informações (*Exchange Information Requiriments* – EIR), utilizado como referência a uma chamada comercial e/ou uma licitação. Observar que esse documento vem de um encadeamento de outros documentos, como mostra a Figura 62. O OIR encapsula (fornece a entrada para) o AIR, que por sua vez vai contribuir (fornece a entrada) para o PIR. Ambos AIR e PIR contribuem para o EIR. Por essa razão, os documentos na Figura 64 do levantamento de necessidades são importantes para a fase de contratação.

A Figura 65 mostra o fluxo de chamada comercial e/ou licitação segundo a ISO 19650-2. Essa fase ainda é de responsabilidade do Contratante e compreende as seguintes ações:

- Definição dos requisitos para troca de informação (EIR) pelo contratante;
- Reunir as informações de referência e os recursos a serem compartilhados pelo contratante;
- Definir os requisitos e critérios de avaliação das respostas à licitação; e
- Compilar toda informação necessária para a licitação.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 65 - Fluxo de chamada comercial e/ou licitação segundo a ISO 19650-2.

A Figura 66 mostra o fluxo da resposta à chamada comercial e/ou licitação segundo a ISO 19650-2. O principal documento BIM é o Plano de Execução BIM de pré-contrato (Pré-BEP), realizado pelo possível contratado, sendo, no momento, um licitante. Essa etapa compreende as seguintes ações:

- Definir os profissionais que conduzirão as atribuições e funções de gerenciamento da informação da equipe de entrega;
- Conceber o Plano de Execução BIM de pré-contrato da equipe de entrega (Pré-BEP);
- Avaliar as competências e capacidades técnicas das equipes de tarefas;
- Determinar as competências e capacidades técnicas da(s) equipe(s) de entrega;
- Formular o plano de mobilização proposto da(s) equipe(s) de entrega;
- Formular o registro de riscos da(s) equipe(s) de entrega; e
- Compilar a resposta da(s) equipe(s) de entrega à chamada (licitação).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

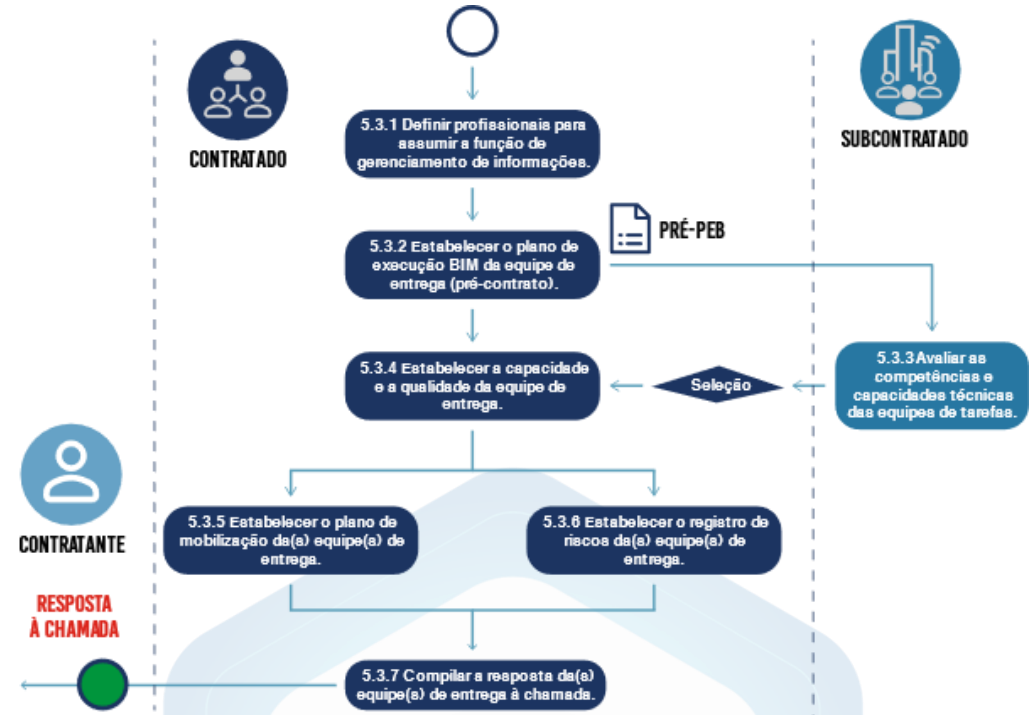


Figura 66 - Fluxo da resposta à chamada comercial e/ou licitação segundo a ISO 19650-2.

A Figura 67 mostra o fluxo da contratação segundo a ISO 19650-2. Nessa fase, a responsabilidade principal é do contratado, tendo o apoio do contratante e do subcontratado, especialmente do Plano de Execução BIM pós-contrato (pós-PEB). Essa fase compreende as seguintes ações:

- Confirmar o Plano de Execução BIM (pós-contrato) da equipe de entrega (Contratante e Contratado);
- Definir a matriz de responsabilidades detalhada da equipe de entrega;
- Definir os requisitos de troca da informação a serem seguidos pelo contratado e seus subcontratados;
- Estabelecer os planos de entrega de informações (individuais) de tarefas (TIDP);
- Estabelecer o plano mestre de entrega de informações (MIDP);
- Completar os documentos de contratação fornecidos pelo contratado junto com o contratante. Isso inclui os documentos advindos do PMBOX: O Plano de Comunicações e Colaboração; O Plano de Gerenciamento de Mudanças; e O Plano de Gerenciamento de Risco.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

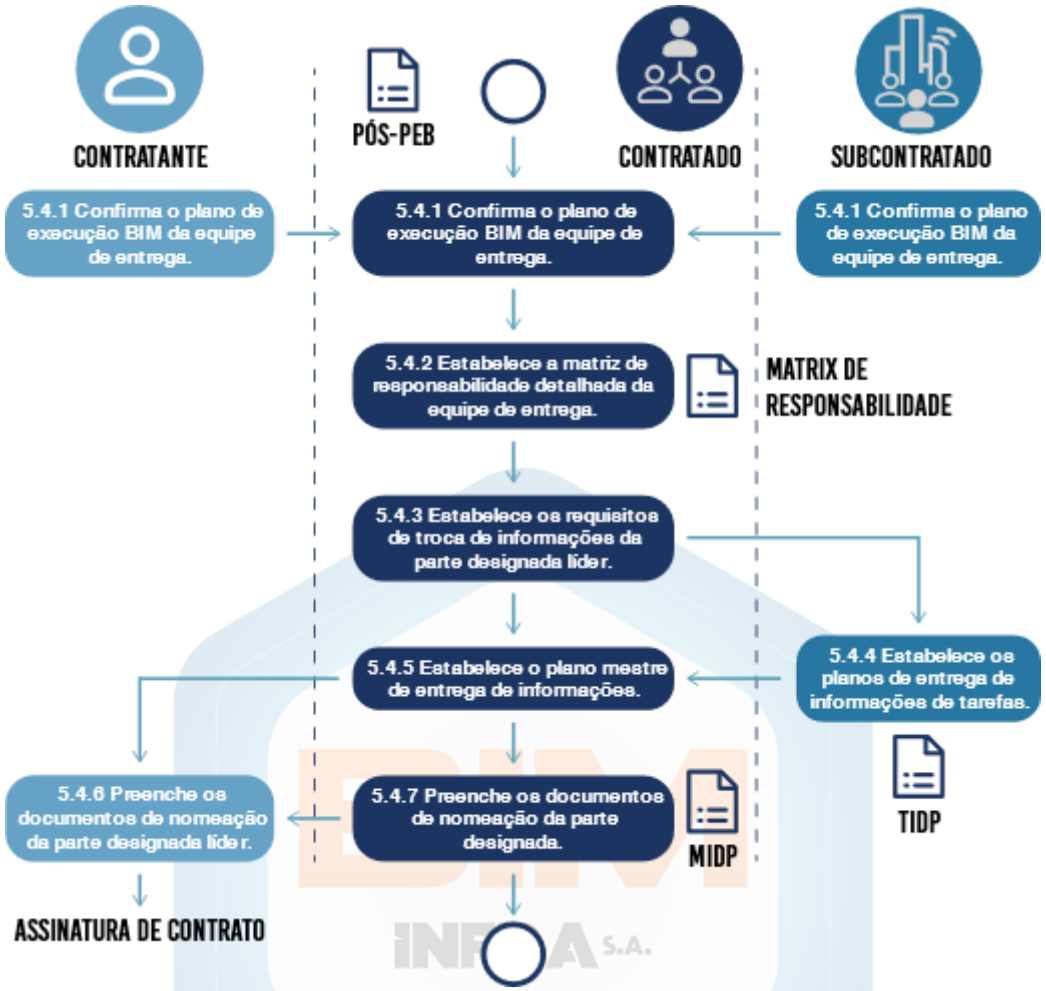


Figura 67 - Fluxo da contratação segundo a ISO 19650-2.

4.2 Documentos advindos do PMBOK

4.2.1 O Plano de Comunicação e Colaboração

O Plano de Comunicações e Colaboração refere-se à comunicação entre as partes interessadas no âmbito do projeto e não deve ser confundido com a troca de informações do modelo, que é tratada nos Requisitos de Troca de Informação (EIR), que também integra o Plano Gerenciamento BIM anexo ao contrato.

Segundo o PMBOK (2017), a comunicação bem-sucedida é baseada no desenvolvimento de uma Estratégia de Comunicação e o Plano de Gerenciamento das Comunicações. A Estratégia de Comunicação deve ter por base as necessidades do projeto e das partes interessadas. A partir dessa estratégia, o Plano de Gerenciamento das Comunicações é desenvolvido para garantir que as mensagens apropriadas sejam comunicadas às partes interessadas. Neste

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

trabalho essas duas partes são incluídas no Plano de Comunicações e Colaboração.

O Plano de Comunicações e Colaboração também inclui aspectos relacionados com os planos de gerenciamento: das partes interessadas, dos recursos; e de mudanças, todos com relação ao PMBOK (2017). Quanto às partes interessadas, há a preocupação de engajá-las identificando-se as melhores estratégias de comunicação. No que se refere aos recursos, é importante identificar os requisitos de comunicações. Por fim, o gerenciamento de mudanças é o mais impactado pelas comunicações. Por isso, é necessário evitar ruído, retrabalho e desperdícios, seja de tempo ou de recursos.

Para a perfeita adequação a casos concretos, as sugestões apresentadas neste relatório devem ser revisadas por profissional habilitado e qualificado, em especial, na área de comunicação e de gerenciamento de *stakeholders* da contratante.

Objetivo: O Plano de Comunicações e Colaboração é desenvolvido para garantir que as mensagens apropriadas sejam comunicadas às partes interessadas nos formatos apropriados, nos momentos oportunos e com a confiabilidade necessária. De forma específica, o Plano de Comunicações e Colaboração visa:

- Assegurar que as informações importantes cheguem às partes corretas nos prazos adequados;
- Apontar e identificar problemas potenciais por meio de reportes de andamento programados e consistentes;
- Gerar entusiasmo e empolgação com o projeto;
- Melhorar e facilitar o trabalho da equipe, a cooperação e a colaboração;
- Facilitar a tomada de decisão e o controle de mudanças de acordo com o plano integrado de mudanças;
- Oferecer um processo específico para *feedback* e resolução de conflitos.
- Criar *templates* (padrões) de documentos.

4.2.2 O Plano de Gerenciamento de Mudanças

A complexidade natural de Projetos da Construção Civil associada aos desafios impostos pela adoção do BIM torna o gerenciamento de mudanças um fator crítico de sucesso desses projetos, exigindo uma abordagem ágil e adaptativa. Nesse contexto, um Plano de gerenciamento de mudanças ganha grande importância ao estabelecer um processo claro e ágil para a tomada de decisão. Além disso, define papéis e responsabilidades das partes envolvidas, evitando o surgimento e/ou a vacância de esferas de atribuições.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Embora o PMBOK (2017) sugira a constituição de um Comitê de Controle de Mudanças, sugere-se a adoção de uma estrutura mais flexível em sua constituição e mais ágil em seu processo de tomada de decisão.

No processo de Controle de Mudanças, as solicitações podem demandar ações: corretivas; preventivas; de reparo de defeito; e de atualizações. Essas ações podem ocorrer sobre informações gráficas e não gráficas, estruturadas ou não.

A Lei 13.303/2016 dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Cabe ressaltar que, no âmbito desse normativo, há a previsão de termos aditivos por mudanças durante a execução do contrato. Dessa forma, o Processo de Controle de Mudanças tem que considerar o regramento supracitado e as demais cláusulas contidas no contrato.

As solicitações de mudança podem afetar o escopo do projeto e/ou do produto e qualquer componente do Plano de Gerenciamento BIM. As mudanças podem ser solicitadas por qualquer parte interessada envolvida com o projeto e podem ocorrer a qualquer momento ao longo do ciclo de vida do projeto. O nível de controle de mudanças aplicado depende da(s) área(s) impactadas, da complexidade do projeto, do ambiente organizacional e dos fatores ambientais dos entes pactuantes.

Para a perfeita adequação a casos concretos, as sugestões apresentadas neste relatório devem ser revisadas por profissional habilitado e qualificado, em especial, na área de gerenciamento de projetos da contratante.

Cabe destacar que o Processo de Controle de Mudanças deve ser ágil para demandas mais simples. No entanto, sempre que alguma solicitação por ele puder afetar qualquer das linhas de base do projeto (definidas no Plano de Gerenciamento BIM), será necessário realizá-lo de maneira formal e integrada.

4.2.3 O Plano de Gerenciamento de Risco

O risco representa o efeito das incertezas sobre o planejamento, correspondendo a um desvio em relação ao esperado. Esse desvio pode ter resultados (impactos) positivos ou negativos. Os riscos podem ser entendidos de duas formas:

- O risco individual do projeto é um evento ou condição incerta que, se ocorrer, provocará um efeito positivo ou negativo em um ou mais objetivos do projeto.
- O risco geral do projeto e o efeito da incerteza do projeto no seu todo, decorrente de todas as fontes de incerteza, incluindo riscos individuais, que

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

representam a exposição das partes interessadas às implicações de variações no resultado do projeto, sejam positivas ou negativas.

Outra forma de classificar os riscos é com relação à sua área de atuação. No ambiente organizacional, atuando junto com a governança sobre as atividades, o gerenciamento de risco é chamado de *Enterprise Risck Management* (ERM). Em outra vertente, o gerenciamento de risco pode estar relacionado com projetos, programas e portfólios, como no caso deste manual.

Para seu gerenciamento eficiente, há necessidade de se estabelecer o apetite ao risco organizacional de forma a retirar um pouco a subjetividade das análises/decisões e quantificar o grau de incerteza que a organização está disposta a correr, o que reflete diretamente no nível de exposição (limites do risco) aceitável para a realização dos objetivos do projeto.

Embora esteja clara a importância desse tipo de gestão, a implantação da Gestão de Risco dentro do contexto organizacional adquiriu obrigatoriedade no Setor Público com a Instrução Normativa nº 01/2016, que dispõe sobre controles internos e gestão de riscos e governança no âmbito do Poder Executivo Federal. Em seus artigos 1º e 13º, a IN 01/2016 esclarece:

> Art. 1o Os órgãos e entidades do Poder Executivo federal deverão adotar medidas para a sistematização de práticas relacionadas à gestão de riscos, aos controles internos, e à governança.
>
> Art. 13o. Os órgãos e entidades do Poder Executivo federal deverão implementar, manter, monitorar e revisar o processo de gestão de riscos, compatível com sua missão e seus objetivos estratégicos, observadas as diretrizes estabelecidas nesta Instrução Normativa (IN 01/2016).

Outro regramento importante para a implantação da gestão de risco na esfera pública foi o Decreto nº 9.203, de 22 de novembro de 2017, que dispõe sobre a política de governança da administração pública federal e que trata, entre outros temas, da gestão de riscos.

Fazendo uma aproximação para as empresas públicas da qual a Infra S.A faz parte, a lei nº 13.303, de 30 de junho de 2016, dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Nela, a adoção da gestão de risco é obrigatória conforme Art. 9º.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Dentro do contexto organizacional, os riscos de forma macro compreendem um dos quatro domínios de governança, junto com: alinhamento, desempenho e comunicação. Nesse contexto, cada domínio tem como funções: supervisão, controle, integração e tomada de decisões. Além disso, cada função tem processos e atividades de apoio da governança associadas. De forma mais específica, gerenciar riscos significa evitar que eventos indesejáveis venham a prejudicar, atrapalhar ou mesmo impedir que se alcance os objetivos esperados com a consecução do projeto, cuja contratação, sendo semi-integrada ou integrada, e de acordo com a lei nº 13.303/2016, restringe a matriz de risco às obras e aos serviços de engenharia. Cabe destacar que, em projetos em BIM, os riscos são exponencialmente aumentados em função do volume de troca de informações, da inovação associada com a metodologia, da necessidade de intensa colaboração, do uso de soluções computacionais, da necessidade de um ambiente comum de dados (CDE), da importância da qualificação técnica dos profissionais, além de outros fatores. Sendo assim, a proposição feita neste manual é a de que seja desenvolvido um Plano de Gerenciamento de Risco como anexo ao Plano de Gerenciamento BIM.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

5 MOBILIZAÇÃO E PRODUÇÃO COLABORATIVA

Mobilização e produção colaborativa estão previstas na norma ISO 19650-2. Essas duas etapas estão ligadas, pois a mobilização adequada vai refletir no bom desenvolvimento da produção e verificação do projeto, sendo às vezes necessário voltar para a mobilização para realizar melhorias de procedimentos.

A Figura 68 mostra o fluxo da mobilização do projeto segundo a norma ISO 19650-2. Uma das primeiras etapas é a mobilização de recursos nos níveis do contratado e subcontratado, aqueles que realmente produzirão o projeto: financeiros e/ou pessoal. Todos os níveis devem fazer a mobilização da tecnologia de informação. Isso inclui principalmente os *softwares*, *hardwares* e o ambiente comum de dados. Deve-se observar que uma definição da tecnologia da informação (TI) é o uso de computadores para criar, processar, armazenar, recuperar e trocar todos os tipos de dados (Daintith, 2009). No caso específico do BIM, os *softwares* criam e processam os dados do projeto, que são armazenados num ambiente comum, permitindo recuperar e realizar a troca de dados como, por exemplo, os arquivos neutros em formato IFC.

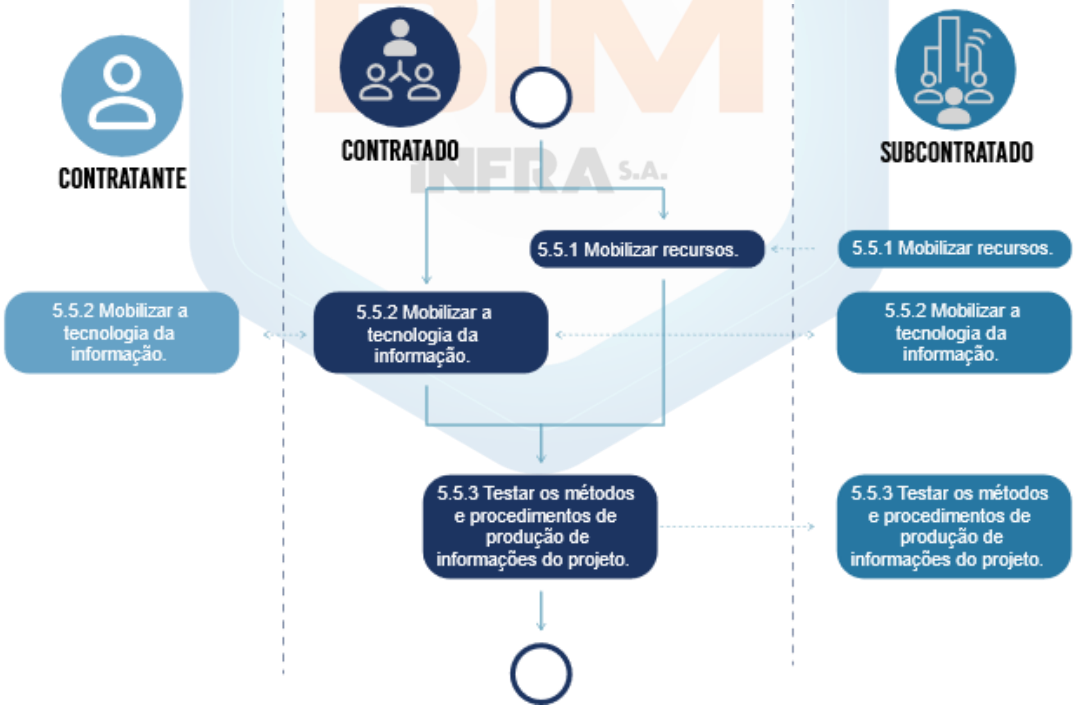


Figura 68 – Fluxo da mobilização do projeto segundo a norma ISO 19650-2.

Deve-se também considerada a mobilização em termos da segurança de dados. Em particular, em relação à INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 5, DE 30 DE AGOSTO DE 2021, da Presidência da República, que estabelece principalmente:

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

> Art. 18. Os dados, metadados, informações e conhecimentos produzidos ou custodiados pelo órgão ou pela entidade, transferidos para o provedor de serviço de nuvem, devem estar hospedados em território brasileiro.

Vários critérios de segurança também são estabelecidos nessa normativa, mas o principal ponto abordado é a hospedagem em território brasileiro e, consequentemente, o foro jurídico para resolução de conflitos. Alguns contratos de hospedagem e/ou ambiente comum de dados inclui o foro jurídico fora do território brasileiro. No caso de algum questionamento, como, por exemplo a perda da segurança de dados, a empresa/órgão nacional deve contratar advogados no país do foro de discussão.

Ainda como procedimento de mobilização, o item 5.3.3 estabelece o teste dos métodos e procedimentos de produção de informação do projeto. Observe-se, na Figura 68 que esse procedimento é realizado pelo contratado e passado para o subcontratado. Entretanto, nada impede que esse procedimento seja realizado de forma colaborativa entre os dois para que se facilite o entendimento dos procedimentos de produção e o fluxo de informações. A forma de testar depende do objeto do projeto, mas, de forma geral, deve ser escolhido um modelo simplificado usando os padrões definidos de modelagem, realizar os fluxos de arquivos entre as equipes, testar o ambiente comum de dados configurados com os perfis de permissão, testar os *hardwares* com relação às memórias e placas gráficas requeridas, realizar os testes de verificação, etc. Com a realização de testes, será possível corrigir erros para que eles não sejam repetidos durante a real produção dos projetos.

5.1 Planejamento da Modelagem

Na mobilização do projeto inclui-se o processo de planejamento, que visa estabelecer uma organização interna dos procedimentos e pode variar com base no uso BIM que se terá. É uma forma abrangente; por isso, separada em subcategorias para melhor definição das ações, mas que deve ser refinada para que atenda às questões específicas de cada projeto e pessoa responsável pela modelagem. A falta de informação consistente e confiável ocasiona muitos problemas de análises, sendo necessário, por exemplo, remodelar um componente para o qual já se havia dedicado tempo de execução; elas também podem resultar em algum orçamento impreciso, em análises estruturais inexatas, etc. Por isso, o planejamento do sistema deve ser acompanhado ao longo de todo o seu desenvolvimento, que sempre se inicia ainda na fase de concepção. Dentro do processo de produção de um projeto em BIM, é sempre necessário ter etapas de

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

análise dos modelos e, por vezes, isso requer ajustes que devem ser guiados por um conjunto de ações ordenadas, como mostra a Figura 69.

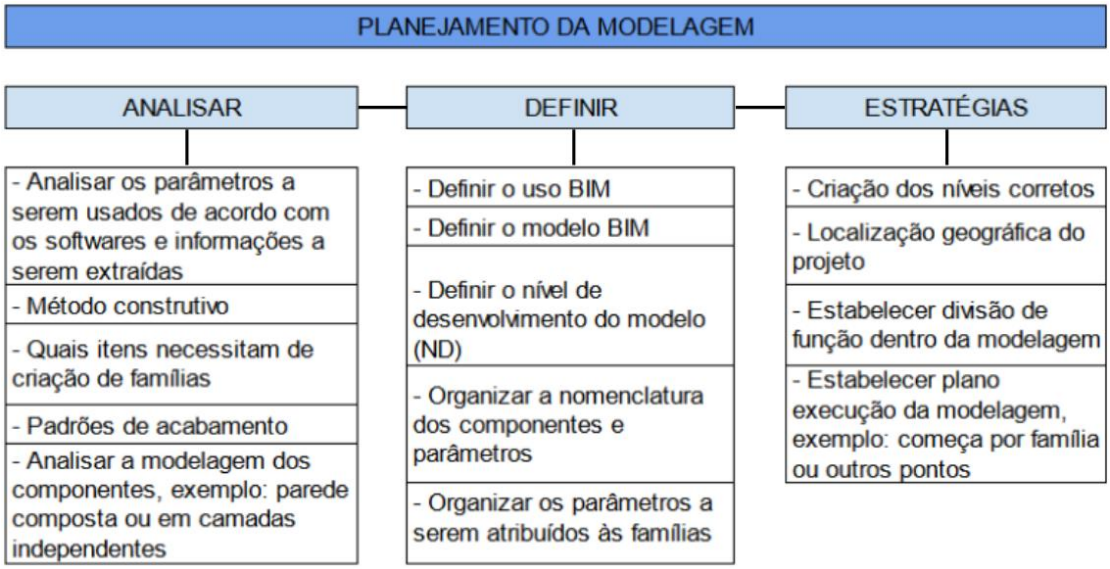


Figura 69 - Diagrama de levantamento dos dados construtivos.

Tomando como exemplo a disciplina de arquitetura, é na fase inicial do projeto que se analisam as condicionantes locais e as necessidades do cliente. Esse primeiro momento acompanha a predefinição dos sistemas estruturais a serem usados, do tipo de alvenaria, cobertura etc., e, enquanto isso, inicia-se o planejamento da modelagem a partir da investigação dos componentes baseados nas predefinições já obtidas. Analisar o tipo de sistema estrutural, os componentes de vedação, o tipo de esquadrias, o uso e modelo BIM que este projeto requer e quais *softwares* estão envolvidos na criação do projeto é importante para definir os tipos de parâmetros. Em paralelo a isto, deve ser documentada toda informação levantada.

Seguindo os passos do planejamento da modelagem, inicia-se a produção com o levantamento e análises dos dados obtidos. Nesse momento, há ambientação com a tipologia da construção, que fornece maior entendimento do quanto pode ser complexa a modelagem do projeto. É importante identificar quais são os elementos que necessitam da criação de famílias para que, então, possam-se criar os parâmetros que serão utilizados no componente.

A segunda etapa consiste na análise dos parâmetros que os componentes modelados devem ter para que sejam devidamente lidos por outros *softwares* envolvidos. Este é um processo importante para que não se tenha perda de informações e comprometimento das análises que serão feitas a partir dos objetos. Nesse sentido, deverão ser definidos o nível de desenvolvimento do componente, o nível de detalhamento, e quais informações levantadas, a partir daí, não serão

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

utilizadas. Isso contribui para a redução do tempo de trabalho. Também deverá ser organizada a nomenclatura dos componentes e parâmetros para se obter uma leitura mais assertiva das informações por toda equipe.

A Figura 70 exemplifica os usos dos modelos estabelecidos para a INFRA S.A e a correlação dos usos dos modelos identificados pelo documento da *The Pennsylvania State University*.

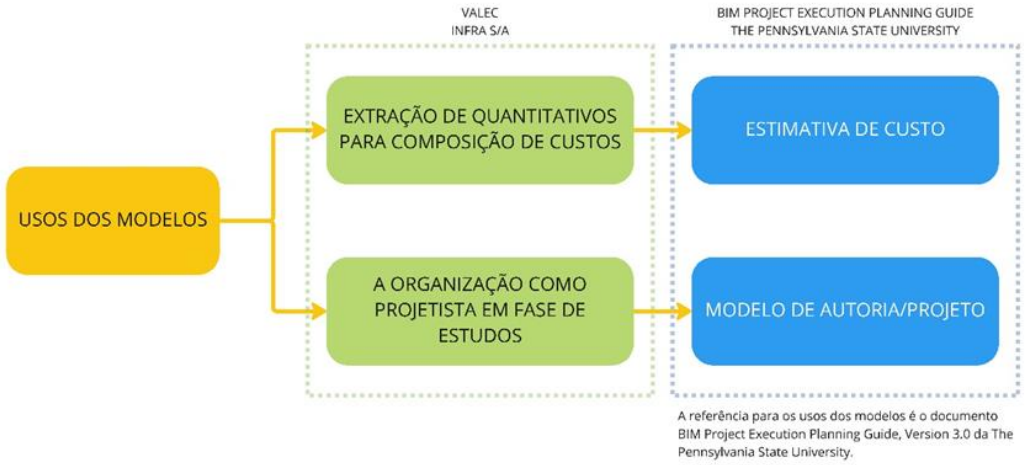


Figura 70 - Usos dos modelos estabelecidos para a INFRA S.A e a correlação dos usos dos modelos identificados pelo documento da *The Pennsylvania State University*.

A etapa de definição exibirá o grau de complexidade que a modelagem necessita para que alcance o seu objetivo. Para tanto, é preciso deixar claro quais são estes. No caso específico, o modelo será construído para extração de informações a serem usadas em orçamentos e estudos sobre a forma dos projetos. Uma oportunidade que o sistema BIM fornece aos que o utilizam é a possibilidade de adicionar novas informações ao longo do desenvolvimento, desde que seja planejado o momento em que elas serão usadas. Num segundo momento, as famílias que foram criadas serão automatizadas com auxílio do *software*.

A terceira etapa compreende a estratégia do quê e por onde começar a modelagem, que se iniciará com a criação das famílias ou dos elementos de piso e parede. Passa-se a estabelecer o correto nível e ponto zero do projeto. Assim, quando ele for compartilhado, não perderá suas referências, nem as unidades de medida ou a divisão de tarefas dentro da modelagem. Para que tudo isso seja feito, é necessário ter alguém para coordenar esse trabalho.

O processo de modelagem é facilitado quando o *template* de famílias necessárias para criação do projeto está pronto. O *template* é um arquivo com as pré-

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

configurações, que servem como base para o início da modelagem. Muitos *softwares* já fornecem um modelo básico, que pode ser ajustado conforme a necessidade gráfica e não gráfica de quem o utiliza. Mas, ainda assim, é comum que todo projeto tenha materiais e famílias especificas para sua construção. A Figura 71 apresenta o diagrama simplificado de estratégias de modelagem.

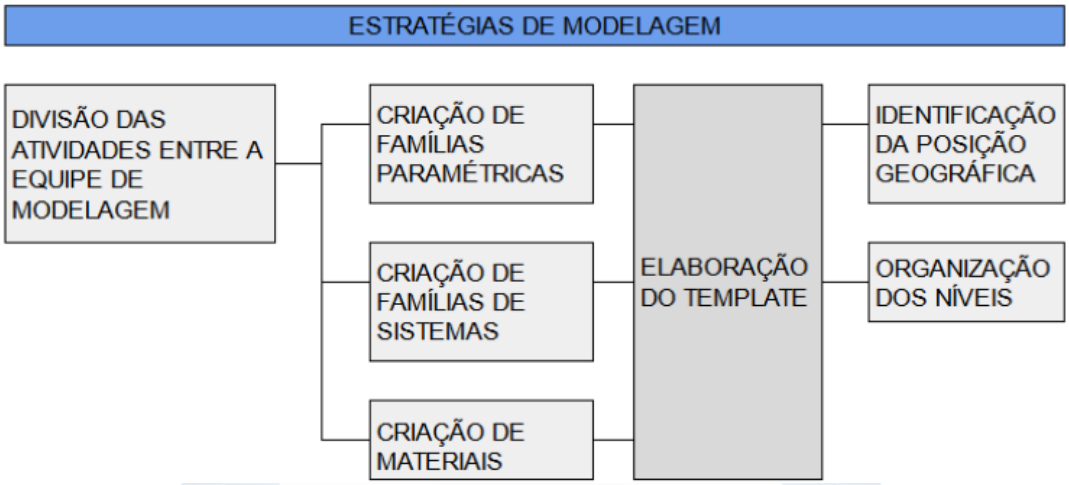


Figura 71 - Diagrama de estratégias de modelagem.

5.2 Treinamento

Uma parte importante do processo BIM é o treinamento para equipes BIM, pois tecnologias e processos evoluem com o tempo. Além disso, na implantação do BIM, o mapeamento das necessidades e, consequentemente, o treinamento exercem fator determinante no sucesso do projeto. Os conteúdos para treinamento de capacitação dependerão das necessidades de um grupo ou organização. Os perfis propostos são:

- Perfil Visualização BIM. Este curso é introdutório ao BIM, mas abrange todas as três dimensões fundamentais da metodologia. O seguinte programa é proposto para esse curso: introdução ao BIM e Ferramentas de Gestão, coordenação, Interoperabilidade e Colaboração, *mindset* BIM, visualização de projetos BIM, e como conduzir reuniões e entregas em BIM.
- Perfil Gestor BIM. Este treinamento tem como foco o aprofundamento dos processos na metodologia BIM e nos Procedimentos, Normas e Boas Práticas. O seguinte programa é proposto para esse curso: estratégia de implementação de BIM, escolha de *software*/*hardware*/nuvem, contratação em BIM, noções sobre desenvolvimento de famílias (objetos paramétricos) e *templates* (estilos de projeto), *BIM manager*, elaboração de PEB (Plano de Execução BIM), recursos BIM para Análises Lumínica, Acústica e Energética,

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

ferramentas de Apresentação e Representação de Projetos, e realidade aumentada e virtual.

- Perfil Modelagem BIM. Este curso tem como pré-requisito o Perfil Visualização BIM. Entretanto, há um aprofundamento na dimensão de tecnologia e o entendimento melhor dos Procedimentos, Normas e Boas Práticas: conceitos de modelagem de construção de edifícios em BIM, conceito e aplicação de famílias e *templates*, possibilidades de trabalho em BIM, *softwares* e recursos, modelagem arquitetura BIM – projeto na prática, e orçamentação de obras com metodologia BIM.
- Perfil uso de *software*. Estes treinamentos são, em geral, de curta duração e têm como objetivo propiciar o uso de *softwares* específicos utilizados nos projetos BIM. Existem diversos desenvolvedores de *software* que fornecem produtos com funcionalidade BIM. Cada produto apresenta características e capacidades distintas, tanto em relação aos sistemas orientados ao projeto quanto às ferramentas de produção BIM. Dessa forma, a escolha de um *software* afeta as práticas de produção, interoperabilidade e as capacidades funcionais de uma organização de projeto para elaborá-los segundo os tipos de cada um. Outro ponto é que nenhuma plataforma será ideal para todos os tipos de empreendimentos (EASTMAN *et al*., 2008).

Outros perfis podem ser criados de acordo com as necessidades.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

5.3 Produção Colaborativa

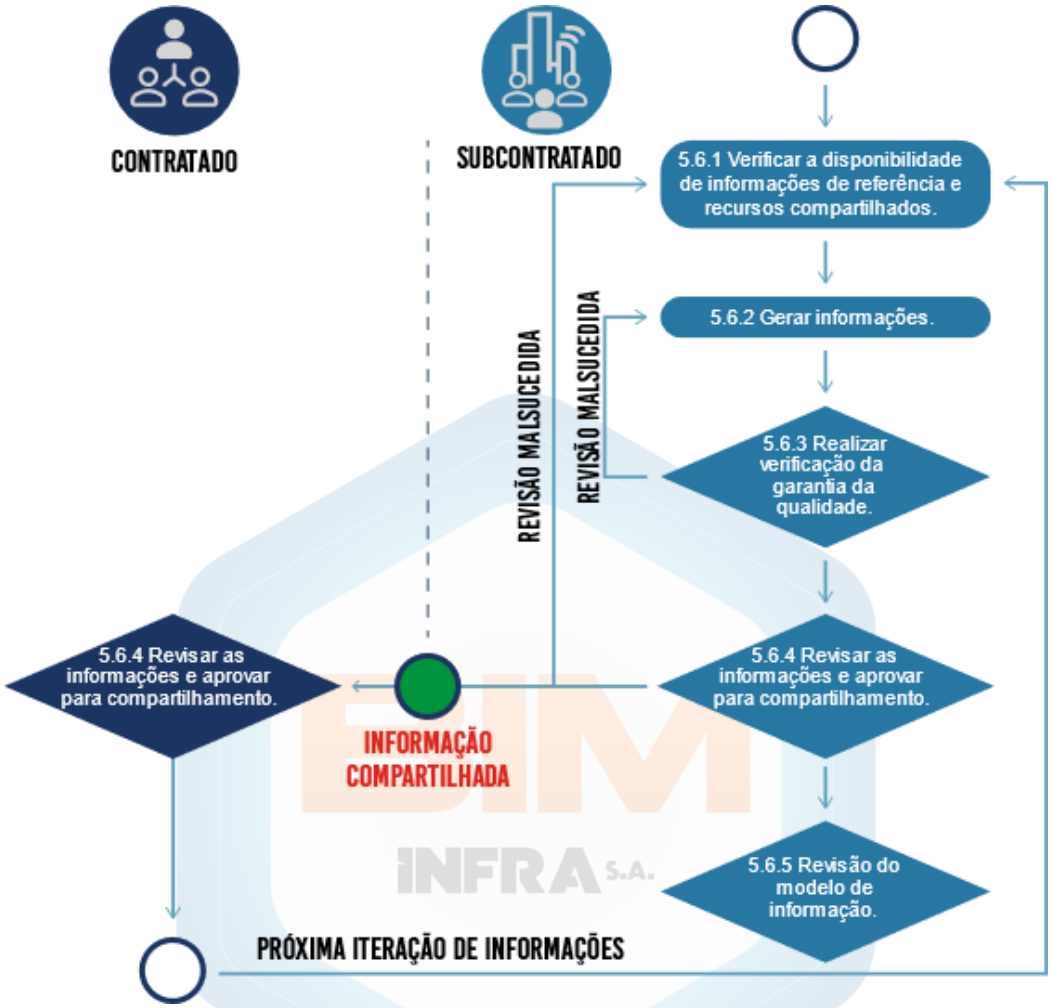


Figura 72 – Fluxo da produção colaborativa do projeto segundo a norma ISO 19650-2.

A Figura 72 mostra o fluxo da produção colaborativa do projeto segundo a norma ISO 19650-2. Essa atividade é realizada inteiramente pela equipe de produção (subcontratado) com o acompanhamento do contratado, fazendo principalmente a gestão e verificação da informação. O primeiro passo é verificar a disponibilidade de informações de referência (padrões de projeto, normas, referenciais técnicos e/ou teóricos, manuais, etc) e recursos compartilhados (padrões configurados em *software*, as bibliotecas dos objetos paramétricos, planilhas, documentos de texto padrões, etc). A maioria desses recursos devem estar disponíveis no ambiente comum de dados, de forma organizada e que seja de fácil localização pelas equipes de trabalho do projeto.

O segundo passo é a geração das informações (item 5.6.2 na Figura 35). Essa atividade envolve principalmente a construção do modelo BIM 3D, envolvendo as

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

várias disciplinas de projeto, cuja modelagem deve seguir basicamente os padrões definidos no Plano de Execução BIM pós-contrato. O fluxo de trabalho dessa atividade está como sugestão em seção seguinte: “Fluxo de trabalho a ser alcançado”. Ela realmente produz um trabalho colaborativo e evita o trabalho de forma serial, que é característico de projetos convencionais. Observe-se que a geração de informações é somente um item da produção colaborativa.

5.4 Verificação e revisão dos modelos

As principais atividades mostradas na Figura 72 são a verificação e revisão de informações. A primeira verificação concerne à qualidade da informação seguindo os padrões adotados, tanto em termos técnicos quanto de forma. A segunda verificação consiste na análise da informação quanto à qualidade adequada ao compartilhamento seu com as outras equipes de projeto. A terceira verificação concerne ao nível mais global do modelo, que deve ser compatível com todas as disciplinas. A parte contratada ainda realiza uma revisão e aprovação da informação para compartilhamento. Todo o processo apresentado na Figura 72 corresponde a um ciclo para cada informação gerada, verificada, aprovada e compartilhada.

As revisões e aprovação mostradas na Figura 72 servem de orientação. Podem ser usadas outras verificações/aprovações, como apresentado na Tabela 3, com as principais verificações para revisões e aprovação do projeto. Em momentos mais regulares, deve ser realizada a auto verificação das informações na produção que estão sendo geradas por todos os membros da equipe de produção com auxílio de uma lista. Uma verificação aprofundada deve ser feita pelo verificador de informações de acordo com os papéis e responsabilidades definidas. A tabela abaixo apresenta uma sugestão de frequência de verificação semanal como sugestão, que pode ser ajustada com o projeto. A verificação de coordenação de uma disciplina consiste na análise do projeto como um todo, examinando se as informações estão integradas. Nesse caso, não há a necessidade de uma lista. A sugestão é que sejam realizadas verificações mensais, mas que também podem ser ajustadas.

A verificação final pode ser realizada pela equipe de projeto BIM ou por uma equipe própria apenas para que se analisem todas as informações antes do marco de entrega, necessitando de uma lista de verificações mais geral. Esse trabalho pode ser feito em relação aos desenhos, ao modelo e às informações do projeto como um todo. Por exemplo, uma informação de um determinado elemento construtivo deve ser igual nos desenhos, no modelo, no orçamento e na especificação técnica.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Tabela 3 - Tipos de verificações de informações BIM.

Tipo de verificação	Descrição/Responsabilidades	Frequência	Necessidade de lista de verificação
Auto verificação	Todos os membros da equipe de produção são responsáveis. Eles precisam seguir a lista de verificação e revisão com base na matriz LOD.	Regularmente	Sim
Verificação aprofundada	Cada verificador de Informações (Tabela 3) é responsável. Eles precisam verificar se os padrões e modelo BIM são mantidos em nível de produção.	Semanalmente	Sim
Verificação de Coordenação	O coordenador de disciplina de produção é responsável. A principal parte a verificar é a integração do projeto como um todo.	Mensal	Não
Verificação Final	A equipe BIM ou uma equipe de verificação de informações é responsável.	Antes de cada marco de entrega.	Sim

Embora não esteja prevista na Figura 72 a participação do contratante no processo, e considerando que o BIM é um trabalho colaborativo, ele pode ser parte importante no processo de verificação, agilizando futuras aprovações.

Messener (2019) cita as principais verificações a serem realizadas no modelo BIM: visual, interferência, de padrões e de elementos.

A **Verificação Visual** refere-se à avaliação da qualidade do modelo por meio da análise visual do seu conteúdo, geralmente realizada utilizando *softwares* específicos de visualização 3D, que permitem que os profissionais visualizem e analisem o modelo de diferentes ângulos e perspectivas. Alguns exemplos de problemas que podem ser identificados durante a verificação visual incluem: objetos sobrepostos ou mal posicionados; dimensões incorretas; falhas na modelagem de detalhes; inconsistências entre diferentes disciplinas do projeto (por exemplo, conflitos entre sistemas elétricos e sistemas de tubulação); ausência de informações importantes etc.

A **verificação de interferência** no modelo de projetos BIM, também conhecida como *Clash Detection*, é um processo que envolve a identificação e solução de conflitos e interferências entre os elementos de um modelo BIM. Essas interferências podem ocorrer quando dois ou mais elementos do modelo são

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

posicionados de forma inadequada, o que pode levar a problemas durante a construção e operação do empreendimento.

A verificação de interferência é realizada por meio de *softwares* de modelagem e visualização BIM, que permitem que os usuários identifiquem e analisem possíveis conflitos entre os elementos do modelo. Durante o processo, o *software* realiza uma análise automática dos dados do modelo, comparando as informações de diferentes disciplinas, como arquitetura, estrutura, mecânica, elétrica, hidráulica, entre outras.

Os resultados da análise são apresentados em forma de relatório, que contêm informações sobre as interferências encontradas, sua localização, magnitude e impacto no projeto. Com base nesse relatório, os usuários podem tomar decisões sobre como solucionar os conflitos, por exemplo, movendo os elementos do modelo, redesenhando-os ou ajustando suas dimensões.

A **verificação de padrões** no modelo de projetos BIM refere-se ao processo de avaliação da conformidade do modelo com as diretrizes e padrões específicos da Norma Brasileira. Na falta delas, deve-se usar as normas internacionais da ISO.

A **verificação de elementos** no modelo de projetos BIM é o processo de análise da integridade e qualidade, incluindo sua precisão, coerência e conformidade com os padrões e requisitos do projeto. A verificação de elementos pode incluir a análise de diversos aspectos do modelo, tais como:

- Precisão dimensional. Verifica se as dimensões dos elementos do modelo correspondem às especificações do projeto e às tolerâncias de fabricação;
- Consistência. Verifica se os elementos do modelo estão consistentes em termos de nomenclatura, cor, estilo, etc.;
- Compatibilidade. Verifica se os elementos do modelo são compatíveis entre si e se suas propriedades estão corretamente atribuídas;
- Conformidade. Verifica se os elementos do modelo atendem às normas e padrões estabelecidos para o projeto;
- Classificação. Verifica se o elemento está corretamente classificado segundo uma norma de classificação ou relacionado a uma composição de custo.
- *Completeness*. Verifica se todos os elementos necessários para o projeto estão presentes no modelo e se eles estão corretamente posicionados e dimensionados.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

5.4.1 Design Review

Uma ferramenta que pode ser adotada para as revisões é o *Design Review*. O *Design Review* é um processo no qual uma equipe de especialistas revisa um projeto de engenharia para garantir que ele atenda a todos os requisitos e padrões necessários. Essa revisão geralmente ocorre em vários estágios do processo do projeto e pode envolver revisores internos e externos. O objetivo da revisão é identificar quaisquer questões ou problemas potenciais e sugerir melhorias ou alternativas que possam ajudar a garantir o sucesso do projeto.

Durante a revisão, a equipe examina cuidadosamente todos os aspectos do projeto, incluindo os requisitos funcionais, os materiais e processos usados, a segurança, a confiabilidade e a viabilidade geral do projeto. Eles também podem considerar as implicações de custo e cronograma e fazer recomendações para quaisquer alterações que possam ser necessárias para atender a essas restrições.

Existem várias etapas que normalmente são seguidas em um processo de revisão de um projeto de engenharia. Essas etapas podem variar um pouco dependendo do projeto específico e das necessidades da organização, mas principalmente incluem:

- Planejamento. O primeiro passo em uma revisão de projeto é planejar o processo de revisão. Isso envolve determinar quem estará envolvido na revisão, o que a ela cobrirá e quando ocorrerá.
- Preparação. Antes da revisão, a equipe de projeto deve preparar todos os materiais e documentos necessários. Isso pode incluir desenhos, especificações, cálculos e qualquer outra informação relevante.
- Revisão. Durante a revisão, a equipe de *design* apresentará seu trabalho aos revisores, que examinarão cuidadosamente todos seus aspectos e fornecerão *feedback* e sugestões para melhorias.
- Acompanhamento. Após a revisão, a equipe de *design* deve acompanhar quaisquer recomendações ou sugestões feitas pelos revisores. Isso pode envolver fazer alterações, realizar testes ou análises adicionais ou buscar informações ou *feedback* adicionais.
- Aprovação. Uma vez que o projeto tenha sido revisado e todas as alterações necessárias tenham sido feitas, pode ser necessário aprová-lo pelas autoridades competentes antes que ele possa ser implementado.

É importante observar que o processo de revisão de *design* não é um evento único, mas, sim, um processo contínuo que ocorre durante toda a fase de *design* do

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

projeto. Como tal, é importante revisá-lo e atualizá-lo regularmente, conforme for necessário, para garantir que ele atenda a todos os requisitos e padrões.

5.5 Organização dos profissionais na produção

As pessoas são os profissionais envolvidos no processo BIM, desde os técnicos até os gerentes, incluindo engenheiros, arquitetos, analistas de sistema e gerentes de recursos humanos.

Esses profissionais devem receber treinamento sobre o processo BIM e ter a capacidade de trabalho em equipe, pois o processo envolve muita troca de dados/informações e decisões entre equipes. Um aspecto importante e necessário para esse profissional é que ele esteja aberto a mudanças e consciente da necessidade de atualizar-se tecnologicamente com uma determinada frequência em decorrência dos avanços contínuos.

De acordo com a norma PAS 1192-2 (BSI, 2013b), as pessoas exercem funções e responsabilidades específicas dentro de um projeto BIM. Os papéis são apresentados como (nomes adaptados à situação brasileira de projeto):

- Gerente de informação (*information management*).
- Gerente de entrega do produto (*project delivery management*).
- Coordenador e projetista principal (*lead designer*).
- Coordenador de área (*task team manager*).
- Verificador de informações (*task information manager*).
- Gerenciador de compatibilização (*interface manager*).
- Autores BIM (*information originator*).

Entretanto, os papéis apresentados acima não especificam como as pessoas atuam em cada nível na estrutura organizacional, necessitando, assim, de ajustes. As adaptações da norma, de uma forma generalizada, são apresentadas no

Quadro 1 e no Quadro 2. O

Quadro 1 apresenta as responsabilidades de cada papel, separadas a nível estratégico, tático e operacional e o Quadro 2 apresenta as autoridades de cada papel.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Quadro 1 - Quadro de responsabilidades separadas em níveis.

Nível	Papel	Responsabilidades
Estratégico	Coordenador e projetista principal	• Estabelecer prazos de entregáveis (em desenvolvimento e dos produtos); • Coordenar entrega de toda informação do projeto; • Gerenciar desenvolvimento e aprovação da informação; • Confirmar entregáveis do projeto.
	Gerente de entrega do produto (projeto)	• Garantir a entrega de trocas de informações; • Confirmar com as equipes para entregar as informações requeridas.
Tático	Gerente de informação	• Garantir a troca de informação confiável na nuvem; • Manter e receber informações no modelo de informações; • Permitir integração e coordenação de informações no Modelo de Informação. • Configurar informações para saídas do projeto; • Permitir integração e coordenação da informação através de rotinas de comunicação; • Garantir envio e recebimento da informação entre as equipes.
Operacional	Coordenador de área	• Produção das saídas de projeto relacionadas a cada área específica; • Verificar se as soluções técnicas estão de acordo com as normas.
	Verificador de informações	• Direcionar a produção da informação de cada etapa de acordo com as demandas e padrões e métodos estabelecidos; • Conferir se as informações nos produtos (pranchas, memoriais) estão dentro de padrões de entregas.
	Gerenciador de compatibilização	• Gerenciar a coordenação espacial numa equipe de projeto; • Propor resoluções para *clashes.*
	Autores BIM	• Desenvolver as partes constituintes do modelo de informação em conexão com tarefas específicas; • Produzir as saídas do projeto.

Quadro 2 - Quadro de autoridades separadas em níveis.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Nível	Papel	Autoridades
Estratégico	Coordenador e projetista principal	• Confirmar *status* e aprovar informação para emissão na nuvem; • Aprovar alterações no projeto para resolver os *clashes*.
	Gerente de entrega do produto (projeto)	• Aceitar e rejeitar a troca de informação na nuvem.
Tático	Gerente de informação	• Aceitar e rejeitar a troca de informação na nuvem; • Não tem responsabilidade sobre o projeto.
Operacional	Coordenador de área	• Aprovar informação para emissão na nuvem gerada pela equipe de trabalho.
	Verificador de informações	• Confirmar que a informação está adequada na nuvem; • Inserir demandas da área; • Responder a demandas de outras áreas.
	Gerenciador de compatibilização	• Propor solução para os conflitos geométricos (*clashes*).
	Autores BIM	• Proprietário do modelo de informação.

Com a definição dos níveis organizacionais, as funções, responsabilidades e autoridades das pessoas, é possível preencher adequadamente os PEBs. Observar que os níveis apresentados não significam uma hierarquia organizacional de empresa, mas uma forma de melhor organizar a produção de projetos BIM.

5.6 Fases do Projeto

O projeto ferroviário envolve basicamente três fases:

- Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA). Compreendem o conjunto de estudos necessários para a verificação da existência de viabilidade técnica, econômica e ambiental para a execução de uma determinada obra de infraestrutura de transportes.
- Projeto Básico. Consiste em um conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado para caracterizar a obra ou serviço de engenharia, ou o complexo de obras, com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares.
- Projeto Executivo. Representa a fase de detalhamento da engenharia proposta na fase do Projeto Básico e considera, ainda, outras informações técnicas adicionais para execução completa da obra. Também é conhecido como projeto detalhado.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

5.6.1 Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA)[6]

Os EVTEA é a primeira fase de planejamento de um projeto ferroviário e geralmente compreende os seguintes tópicos básicos:

- Estudos de Mercado;
- Estudos de Engenharia;
- Estudos Operacionais;
- Estudos Ambientais;
- Estudos Socioeconômicos;
- Análise Econômico-financeira e de Risco.

O **Estudo de Mercado** tem como objetivo identificar a Demanda por Transporte a ser captada pela ferrovia proposta. Para tanto, o Estudo de Mercado deverá identificar: a origem da demanda de transportes; o destino da demanda de transportes; as linhas de desejo; os tipos de carga que são captáveis pela ferrovia proposta; o volume captável por tipos de carga; os custos de frete e transbordo para essas cargas.

O Estudo de Mercado deverá considerar como cargas potencialmente captáveis pela Ferrovia os fluxos com destino e origem na área de influência considerada, além da exploração emergente de novos produtos e dos tráfegos de passagem atraídos pela nova ferrovia. O Estudo também deverá estimar uma projeção dessas cargas para o período de operação da Ferrovia considerado dentro do horizonte no EVTEA.

Os **Estudos de Engenharia** deverão fornecer informações sobre a geomorfologia e a caracterização geométrica da região a ser estudada para fins de composição dos corredores na análise multicritérios. Após a definição dos corredores de menor esforço/custo resultantes de análise multicriterial, serão propostas no mínimo três alternativas de traçado mais adequadas e, logo após, terá início o detalhamento dos estudos de engenharia a fim de subsidiar o levantamento de custos mais apurado para cada alternativa.

Os estudos preliminares no estudo de engenharia envolvem:

- **Cartografia**, com informações relativas à área de influência do empreendimento que servirão para o lançamento de alternativas de traçado

[6] Os textos inseridos nessa seção foram obtidos e modificados do Manual de elaboração dos estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental da VALEC, 2018. Consultar o documento para maiores detalhes.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

geometricamente viáveis, definição do traçado definitivo e do adequado desenvolvimento da fase posterior.

- **Topografia**; é baseada em dados do Modelo Digital de Terreno com a realização das devidas interpolações a fim de obter as informações necessárias e suficientes para definição dos traçados das alternativas e dos custos de investimento na implantação e na operação de cada alternativa.
- **Geologia**, para definição das zonas de solos compressíveis e trechos alternativos de melhores características, zonas de solos com maior instabilidade quanto a cortes e as soluções técnicas necessárias.
- **Hidrologia**, visando estabelecer e estimar a concepção do sistema de drenagem principal, compreendendo a configuração de bueiros, pontes e outros dispositivos de captação e escoamento das águas pluviais e fluviais.

Deve ser previsto também a definição das **alternativas de traçado**, uma formulação de alternativas tecnicamente possíveis, que serão estudadas para atender às demandas por transporte indicadas nos estudos de mercado, devendo ser acompanhadas das devidas estimativas do custo de implantação. As possíveis alternativas serão definidas buscando atender ao corredor multicriterial.

Finalmente, devem ser realizados um detalhamento e uma estimativa de custo das alternativas com os seguintes itens:

- Serviços Preliminares;
- Mobilização, desmobilização e canteiro de obras;
- Terraplenagem;
- Obras de drenagem e obras de arte corrente;
- Superestrutura da via;
- Obras de arte especiais;
- Obras complementares;
- Interferências;
- Desapropriação;
- Projeto executivo;
- Compensação ambiental;
- Sinalização.

Os **Estudos Operacionais** subsidiam a definição das características geométricas básicas da ferrovia, estabelecem as características, especificações e dimensionamento do material rodante e equipamentos necessários para atender às demandas indicadas no Estudo de Mercado, além de definirem as características da operação estabelecendo plano de via com capacidade suficiente para atender à

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

programação de trens e os sistemas necessários para o controle do tráfego com segurança.

Os aspectos condicionantes do projeto, tais como: comprimento das composições, rampas máximas por trecho, raio mínimo, largura da bitola, tipo de via (singela ou dupla, tipo de tração, espaçamento entre desvios de cruzamento e maneira de sua implantação (logo no início ou em fases), tipo e localização das instalações auxiliares, pátios de integração (modal único ou multimodais), tipo de vagão, de locomotiva e tipo de sinalização e telecomunicação são definidos pelos estudos operacionais. São esses dados que subsidiarão os estudos de traçado da ferrovia.

Para subsidiar a Avaliação Econômica e Financeira, determinam-se os custos e despesas operacionais, bem como os investimentos para a implantação e manutenção da operação ferroviária e a avaliação das receitas operacionais para cada alternativa.

A elaboração do **estudo de inserção ambiental** é um processo sistemático e abrangente para avaliar as consequências da implantação e operação do empreendimento de modo a assegurar que elas sejam inclusas e equacionadas durante os estágios iniciais do processo decisório, permitindo o entendimento da dinâmica e das interações existentes entre os meios físico, biótico e socioambiental.

O diagnóstico de tal estudo deverá retratar a qualidade ambiental atual da área de abrangência nos aspectos físicos, bióticos e antrópicos. Este deve indicar as principais características dos diversos fatores que compõem o sistema ambiental, susceptíveis de sofrer, direta ou indiretamente, efeitos significativos das ações relativas ao empreendimento durante as fases de implantação e operação.

Dessa forma, os Estudos de Inserção Ambiental devem identificar e caracterizar os principais impedimentos presentes na área de estudo de modo a orientar a tomada de decisão e garantir que a alternativa de traçado seja escolhida evitando tais impedimentos e, quando isso não for possível, permitir a escolha de melhores medidas que visem a equalização deles.

Também deverá ser realizada uma análise criteriosa dos principais impactos ambientais advindos da implantação do empreendimento e, com base nesse levantamento, realizar a proposição de medidas mitigadoras necessárias para que ele alcance seus objetivos com o menor impacto possível ao meio ambiente.

Além disso, o diagnóstico ambiental deverá fornecer subsídios para o gerenciamento de conflitos ambientais entre os diferentes grupos de interesse, tais como: governo, sociedade, empreendedores, investidores, etc.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

O **Estudo Socioeconômico** tem como objetivo fornecer aos gestores dos recursos públicos, por intermédio de uma Avaliação Socioeconômica e de indicadores de viabilidade socioeconômica do projeto analisado, elementos para priorizar a alocação desses recursos em infraestrutura de transportes e determinar indicadores sociais para uso da Análise Multicriterial (AMC) na seleção do Corredor Ferroviário.

A **Análise Econômico-Financeira** compreende a consolidação de custos (investimentos de custos operacionais) e receitas (receita tarifária, entre outras), formando um Fluxo de Caixa do qual se extrai indicadores de viabilidade do empreendimento a fim de demonstrar se ele é, ou não, atrativo do ponto de vista privado. Também é necessário um Fluxo de Caixa que compreenda todas as Receitas e Custos previstos para o projeto. Dos cálculos dos indicadores de viabilidade, juntamente com a análise econômico-financeira, o parecer produzido será textualmente apresentado, devendo os seus resultados serem claros e servirem de base para o processo decisório futuro.

Com o objetivo de avaliar o ambiente gerencial interno e externo no qual o empreendimento encontra-se inserido, e com vistas a antever variações (positivas e negativas) em relação aos resultados apresentados nas análises, deve ser feita uma análise de risco do empreendimento.

A **Análise de Risco** consiste na identificação e avaliação dos riscos, bem como na apresentação das propostas de alocação e tratamento desses riscos. O EVTEA deve incorporar a análise, no mínimo, nas seguintes áreas de estudo: macroeconomia, financeira, mercado, engenharia, tecnológica, ambiental, administrativa, jurídica, regulatória e política. A análise de riscos no EVTEA compreenderá, necessariamente, a sensibilidade dos fluxos de caixa econômico e financeiro, a identificação dos riscos do empreendimento, os eventos de risco e as propostas para o tratamento dos riscos.

5.6.2 Projeto Básico

Por definição, o projeto básico é o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado para caracterizar a obra ou serviço ou, ainda, o complexo de obras ou serviço, objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegure a viabilidade e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, possibilitando a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

O Projeto Básico de Engenharia para construção de ferrovias, a ser desenvolvido consecutivamente ao respectivo EVTEA, contém todos os elementos e detalhamento próprio, de tal forma que fornece uma visão global da obra. Se houver Estudo de Viabilidade Técnica- Econômico para o segmento ferroviário a ser projetado, será realizada uma detalhada análise dos elementos levantados e um substancial avaliação das conclusões, sempre em conformidade com os Normativos de Serviços relacionados.

O Projeto Básico é composto dos seguintes elementos:

a) Desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão global da obra e identificar todos os seus elementos constitutivos com clareza;
b) Soluções técnicas globais e localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulações durante as fases de elaboração do projeto executivo e de realização das obras;
c) Identificação dos tipos de serviços a executar, de materiais a incorporar aos equipamentos, bem como das suas especificações a fim de assegurar os melhores resultados para o empreendimento;
d) Informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra;
e) Subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra, compreendendo a sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas de fiscalização e outros dados necessários em cada caso;
f) Orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos dos materiais e transportes propriamente avaliados;
g) Plantas em escala 1:2.000 do Projeto Básico Geométrico e Terraplenagem;
h) Relatório dos Estudos e Projetos desenvolvidos;
i) Relatório do mapeamento geológico preliminar;
j) Plantas em escala 1: 5.000 ou 1:100.000 com locais de ocorrências de materiais de construção;
k) Perfil longitudinal 1:2.000(H) e 1:200(V);
l) Seções transversais típicas de corte aterro 1:100 ou 1:200;
m) Memorial de cálculo de volume de terraplenagem;
n) Quadros de distribuição e orientação de terraplenagem;
o) Seções típicas de dispositivos de obras de arte correntes e de drenagem superficial e de proteção;
p) Detalhes esquemáticos dos principais dispositivos de drenagem;
q) Planilha de quantidades de serviços de construção.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

5.6.3 Projeto Executivo

O projeto executivo é conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução (art. 6°, inciso IX da Lei n° 8.666/93).

O Projeto Executivo de Engenharia para construção de ferrovias, a ser desenvolvido consecutivamente ao respectivo Projeto Básico, permite caracterizar a obra completamente e contém todos os elementos das fases anteriores, acrescidos do nível de detalhamento próprio de tal forma a fornecer uma visão global da obra.

O Projeto Executivo é composto dos seguintes elementos:

a) Informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra;
b) Subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra;
c) Orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços, fornecimentos dos materiais e transportes propriamente avaliados; e
d) Informações para a instrução dos processos desapropriatórios.

O Projeto Executivo é formado, mas não se limita, aos seguintes documentos:

a) Relatório de Projeto Executivo contendo todas as disciplinas com numeração única e dividida em tomos;
b) Desenhos;
c) Esquema Construtivo;
d) Relatório de Orçamento;
e) Relatório de Anexos;
f) Anexo ao Relatório de Estudo Topográfico em meio digital; e
g) Projeto Executivo de Obras-de-Arte Especiais (um conjunto com numeração específica para cada obra-de-arte especial).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

5.7 Disciplinas[7]

5.7.1 Estudos Topográficos

Compreende o estudo do relevo de uma localidade, ou ainda a representação gráfica do relevo e as características dessa localidade.

Na fase de EVTE, o estudo topográfico tem como objetivo a obtenção de modelos digitais do terreno, imprescindíveis ao estudo dos corredores e à escolha da melhor alternativa de traçado. As atividades dessa etapa são:

- Definição da área de influência;
- Realização da cobertura com aquisição de dados;
- Definição do produto cartográfico.

Na fase de Projeto Básico, faz-se necessária a elaboração de um modelo digital do terreno que viabilize a definição da geometria da ferrovia e forneça, além de elementos topográficos indispensáveis à elaboração dos estudos, desenhos que compõem essa fase de projeto:

- Implantação da poligonal topográfica principal;
- Levantamento planialtimétrico complementar.

Na fase do Projeto Executivo, o principal objetivo dos estudos topográficos é a materialização do eixo do projeto definitivo aprovado na fase de Projeto Básico. As atividades dessa etapa são:

- Locação e nivelamento de eixo;
- Levantamento de seções e nuvem de pontos;
- Cadastro topográfico da faixa de domínio;
- Levantamento de ocorrências de materiais.

5.7.2 Estudos Geológicos

Compreende o estudo da estrutura da crosta terrestre, seu modelado externo e as diferentes fases da história física da Terra; aplica-se à solução de problemas de ordem geológica que ocorrem na engenharia.

[7] Os textos inseridos nessa seção foram obtidos e modificados do Manual de custos referenciais ferroviários, Desenvolvimento de estudos voltados à definição de custos para complementação e inserção de projetos de engenharia e de execução de outros serviços de engenharia consultiva, Volume 8, disponível pela ANTT. Consultar o documento para maiores detalhes.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Na fase de EVTE, todos os elementos geotecnológicos lançados e apresentados no mapa geológico preliminar, no perfil longitudinal e no greide permitem uma diferenciação dos seus universos ou domínios, base sobre a qual deverão ser desenvolvidas as investigações de campo. As atividades dessa etapa são:

- Coleta e pesquisa de dados geológicos;
- Análise com a interpretação dos dados geológicos;
- Investigação de campo.

Na etapa de Projeto Básico, em cada domínio geológico devidamente caracterizado pelos estudos preliminares serão selecionados cortes representativos para cada segmento homogêneo, para o detalhamento geotécnico representativo e para o cálculo de estabilidade de taludes. As atividades dessa etapa são:

- Mapeamento geológico;
- Descrição geológica da região;
- Estudo de soluções localizadas;
- Recomendações geológicas.

5.7.3 Estudos Geotécnicos

Na fase de EVTE recomenda-se a realização de atividades de campo a fim de se inferir as principais características dos solos da região para implantação do projeto ferroviário. As atividades dessa etapa são:

- Caracterização tátil e visual dos solos interceptados;
- Investigações expeditas com uso de equipamentos portáteis.

Na fase de Projeto Básico, a diretriz de traçado está consolidada e as soluções técnicas estudadas de forma localizada objetivam identificar quantitativamente e qualitativamente as regiões de materiais disponíveis para o projeto de terraplenagem da ferrovia. As atividades dessa etapa são:

- Investigação do subleito;
- Investigação de empréstimos e ocorrências de materiais;
- Elaboração do plano de investigação geotécnica.

Na fase do Projeto Executivo, as análises geotécnicas devem ocorrer de maneira complementar à fase de Projeto Básico. O nível de detalhes dessa fase deverá fornecer a identificação das quantidades para um orçamento assertivo dos serviços necessários para implantação da ferrovia:

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Elaboração do plano de investigação geotécnica complementar;
- Investigação de subleito, empréstimos e ocorrências de materiais;
- Estudo e projeto de estabilização de fundação de aterros;
- Estudo das estabilidades de taludes.

5.7.4 Geometria do Traçado

Conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, compreendendo a definição detalhada dos aspectos geométricos de uma via.

Na fase de EVTE, define-se o eixo diretriz e *buffer* de influência de implantação do traçado preliminar da ferrovia e realiza-se o lançamento e a otimização de traçado e perfil. As atividades dessa etapa são:

- Eixo diretriz e buffer de influência;
- Lançamento e otimização de traçado e perfil.

Na etapa de Projeto Básico, a geometria do traçado deve ser elaborada detalhadamente de maneira a apresentar condição de ser locada nessa fase do projeto. As atividades dessa etapa são:

- Visita técnica em campo;
- Lançamento e otimização de geometria básica;
- Estudo de variantes de geometria básica;
- Comparativo de variantes de geometria básica.

O projeto geométrico no Projeto Executivo será desenvolvido a partir do traçado do Projeto Básico, que deverá constituir-se de projeto planialtimétrico, determinação das seções transversais, além do detalhamento dos elementos especiais. As atividades dessa etapa são:

- Lançamento e otimização de geometria executiva;
- Visita técnica em campo;
- Detalhamento dos projetos geométricos;
- Geração das notas de serviço de projeto geométrico.

5.7.5 Estudos Operacionais

No EVTEA, esta etapa consiste no levantamento e coleta de dados, na realização dos estudos específicos, na apresentação da descrição minuciosa da situação, em recomendações baseadas nas conclusões dos estudos realizados, na apresentação de alternativas devidamente justificadas, além de plano de trabalho

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

para posterior elaboração do Projeto Básico e dos estudos de impacto ambiental necessários. As atividades dessa etapa são:

- Plano operacional;
- Fluxos e demandas;
- Determinação de desvios de cruzamento e pátios;
- Caracterização do material rodante;
- Caracterização das estruturas de movimentação e armazenamento de carga;
- Caracterização e localização das instalações fixas, oficinas e instalações de apoio à operação;
- Análise de planos diretores;
- Análise de interseções em cruzamentos.

No Projeto Básico, serão revisadas as informações da fase de EVTE para confirmar os componentes operacionais que deverão ser atendidos com o projeto. Também deverão ser estudadas as operações de tráfego, as manobras necessárias, os cruzamentos de trens, o processo de carga e descarga identificando os intervalos entre as composições de trem-tipo, e o comprimento dos trens e das vias. As atividades dessa etapa consistem em:

- Análise de consistência das informações anteriores;
- Descrição e simulação operacional.

No Projeto Executivo, avalia-se a consistência das informações identificadas nas fases anteriores e consolida-se o plano de vias e a simulação operacional. As atividades dessa etapa são:

- Análise de consistência das informações anteriores;
- Elaboração do plano de vias;
- Simulação operacional.

5.7.6 Estudos Hidrológicos

Compreende o estudo da ocorrência, circulação, distribuição e propriedades das águas da Terra e suas relações com o meio ambiente na região em questão.

Os estudos hidrológicos na fase de EVTE têm como objetivo a identificação dos aspectos hidrológicos e fluviométricos, a elaboração de histogramas e fluviogramas e a elaboração do mapa de bacias. As atividades dessa etapa são:

- Coleta dos dados hidrológicos
- Elaboração do mapa de bacias;

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Organização dos dados coletados.

Na fase do Projeto Básico realizam-se atividades vinculadas ao cálculo das equações de chuva intensa, ao processamento dos dados pluviométricos, ao processamento dos dados fluviométricos, e à determinação das descargas das bacias. As atividades dessa etapa são:

- Cálculo da(s) equações de chuva intensa;
- Processamento dos dados fluviométricos;
- Processamento dos dados pluviométricos;
- Determinação das descargas das bacias;
- Análise dos dados processados.

Na fase de Projeto Executivo serão compilados os estudos realizados na fase de Projeto Básico envolvendo atividades de consolidação e processamento dos dados hidrológicos. A única atividade dessa fase consiste no detalhamento da análise dos dados processados. O detalhamento dos dados deverá ter como resultado um Relatório do Projeto, com os estudos realizados e as principais informações hidrológicas e, também, uma Memória Justificativa do projeto.

5.7.7 Desapropriação

Compreende a delimitação da área necessária a ser desapropriada, sendo este um instituto jurídico utilizado pelo Poder Público ou por seus concessionários para retirar de alguém a propriedade de uma coisa ou de um direito e incorporá-los ao domínio público mediante o prévio pagamento de seu justo valor.

5.7.8 Terraplenagem

Conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga e compactação dos solos, aplicados na construção de aterros e cortes, dando à superfície do terreno a forma projetada para implantação da ferrovia.

No EVTEA, deverá ser apresentado no estudo preliminar de terraplenagem o detalhamento compatível com a precisão do trabalho. Ele também deverá ser elaborado a partir do projeto geométrico conceitual, que se baseia nos estudos geotecnológicos preliminares em concordância com os demais projetos. As atividades dessa etapa são:

- Dimensionamento das seções tipo conceituais;
- Aplicação das soluções geotécnicas conceituais;
- Estimativa dos volumes com distribuição expedita de materiais.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

No nível de Projeto Básico, as alternativas que se apresentam quanto à movimentação dos volumes de terraplenagem devem ser avaliadas para ajustar, entre outras, as necessidades de empréstimos e bota-foras com disponibilidade de áreas para tal, levando em conta, ainda, os planos de urbanização e paisagismo existentes ou planejados para mútua compatibilização e para a proteção ao meio ambiente. As atividades dessa etapa são:

- Dimensionamento das seções tipo básicas;
- Análise/aplicação de novas soluções geotécnicas;
- Cálculo dos volumes com distribuição de materiais.

O projeto de terraplenagem no Projeto Executivo compreende o detalhamento da constituição dos aterros e das seções transversais em cortes, além da determinação e distribuição dos volumes destinados à conformação da plataforma da ferrovia. As atividades dessa etapa são:

- Detalhamento das soluções geotécnicas;
- Cálculo dos volumes com redistribuição por material;
- Detalhamento das seções do projeto geotécnico;
- Geração das notas de serviço de terraplenagem.

5.7.9 Obras de Arte Especiais (OAEs)

Conjunto de elementos estruturais, tais como pontes, viadutos, túneis, muros de arrimo, bueiros e pontilhões necessários para a implantação de uma ferrovia.

Na etapa do EVTE será realizado o levantamento de todos os componentes básicos imprescindíveis para a elaboração do projeto, considerando as normativas presentes no Manual de Projetos de Obras de Arte Especiais e no Manual de Construção de Obras de Arte Especiais, ambos do DNIT. As atividades dessa etapa são:

- Indicação dos melhores pontos de travessia com o posicionamento preliminar dos encontros e extensão;
- Estudos do componente hidrológico na travessia;
- Estudos do componente geotécnico e topográfico na travessia;
- Estudos do componente logístico para a implantação.

No Projeto Básico tem-se a elaboração da concepção do projeto em função do levantamento e análises dos dados topográficos, hidrológicos, geotécnicos e complementares realizados na fase anterior de EVTE. As atividades dessa etapa são:

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Definição da concepção do projeto;
- Estudo das alternativas para travessia e pré-dimensionamento das alternativas selecionadas;
- Escolha da solução, optando por aquela que melhor atenda aos critérios técnicos, econômicos, administrativos e operacionais da via;
- Dimensionamento das seções tipo estruturais, bem como meso e sistema de fundações;
- Elaboração de memória de cálculo estrutural da solução adotada e desenhos com elementos topográficos, hidrológicos, geométricos e estruturais.

O Projeto Executivo consiste no detalhamento do projeto elaborado na fase anterior e aprovado com a determinação e preparação de todos os elementos necessários à execução da obra, como cálculos estruturais, desenhos, especificações, quantitativos, orçamento e plano de execução. As atividades dessa etapa são:

- Detalhamento do projeto elaborado na fase anterior;
- Elaboração do plano de execução da obra;
- Elaboração do orçamento da obra.

5.7.10 OAEs (Túneis)

Na etapa do EVTEA será realizado o levantamento de todos os componentes básicos imprescindíveis para a elaboração do projeto considerando as normativas presentes no Manual de Projetos de Obras de Arte Especiais e no Manual de Construção de Obras de Arte Especiais, do DNIT. A única atividade dessa etapa são as avaliações das viabilidades técnicas e econômicas das travessias subterrâneas sobre a implantação de projetos de túneis ou sobre a possibilidade de desvio do traçado.

O Projeto Básico compreende a elaboração da concepção do projeto em função do levantamento e análises dos dados topográficos, hidrológicos, geotécnicos e complementares, realizados na fase anterior de EVTE. As atividades dessa etapa são:

- Escolha da solução e definição da concepção do Projeto Básico;
- Dimensionamento das seções tipo estruturais, bem como meso e sistema de fundações e elaboração de memória de cálculo estrutural.

O Projeto Executivo consiste no detalhamento do projeto elaborado na fase anterior e aprovado, com a determinação e preparação de todos os elementos necessários à execução da obra, como cálculos estruturais, desenhos, especificações, quantitativos, orçamento e plano de execução. As atividades dessa etapa são:

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Detalhamento do projeto elaborado na fase anterior;
- Elaboração do plano de execução da obra;
- Elaboração do orçamento da obra.

5.7.11 Superestrutura

O EVTE consiste na identificação dos parâmetros básicos a serem considerados na seleção dos tipos de trilhos e dormentes, observando-se alguns fatores tais como a compatibilização da via projetada com as demais vias férreas da concessionária da região, características operacionais, plano operacional e o trem-tipo que circulará na ferrovia. A única atividade dessa etapa é o estudo para identificação dos parâmetros básicos a serem considerados na escolha dos tipos de trilhos e dormentes, etapa que consiste na determinação dos parâmetros básicos levados em consideração para definir os tipos de trilhos e dormentes em função do raio mínimo das curvas para eliminar a possibilidade de flambagem da via, dentre outras características.

O Projeto Básico consiste na indicação e dimensionamento dos trilhos, dormentes, fixações e AMVs para soluções definidas, justificando suas escolhas e os critérios de dimensionamento em função das solicitações de cargas previstas no plano operacional da ferrovia. As atividades dessa etapa são:

- Definição e dimensionamento dos trilhos e dormentes para soluções propostas;
- Definição e escolha dos tipos de acessórios metálicos a serem utilizados na superestrutura da via permanente da ferrovia;
- Definição dos tipos, características e localização dos aparelhos de mudança de via a serem utilizados na superestrutura da via permanente da ferrovia.

No Projeto Executivo, há um detalhamento no conjunto trilhos-dormentes e AMVs da superestrutura da via permanente, com informações técnicas complementares tais como verificação do coeficiente de estabilidade da via, identificação da frequência natural de vibração da linha férrea, indicação das especificações técnicas dos materiais e serviços a serem analisados além do quadro de quantidade de serviços e materiais. As atividades dessa etapa são:

- Elaboração dos memoriais descritivos do dimensionamento para o conjunto trilho/dormentes;
- Justificativa para a escolha do tipo de acessório, quadro de quantidade de serviços/materiais e conjunto de desenhos para caracterização dos tipos de acessórios de ligação e fixação;

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Justificativa para o critério de escolha do tipo de aparelho de mudança de via (AMV), quadro de quantidade de serviços/materiais e conjunto de desenhos para caracterização e locação dos AMVs.

5.7.12 Sinalização

Na etapa do Projeto Básico será realizada a escolha do tipo de equipamento de proteção de sistema, a elaboração do esquema de sinalização no molde de plano de vias e a determinação dos materiais e do procedimento de fixação dos marcos quilométricos e de segurança, além da estimativa das quantidades de serviços e equipamentos previstos. As atividades dessa etapa são:

- Estudo da escolha do tipo de equipamento de proteção a ser indicado;
- Elaboração de esquema de sinalização no formato de plano de vias;
- Definição dos materiais e estimativa das quantidades de materiais, serviços e equipamentos.

As atividades desenvolvidas no Projeto Executivo estarão vinculadas ao memorial descritivo e justificativo da concepção do projeto, aos requisitos técnicos para operação do sistema de sinalização, ao quadro resumo com quantidades, ao esquema de modelo e posicionamento dos sinais, à sistematização de sinalização apresentada no formato do plano de vias, bem como à elaboração dos desenhos detalhando os projetos. As atividades dessa etapa são:

- Elaboração do memorial descritivo e justificativo da concepção do projeto;
- Indicação e/ou elaboração de especificações técnicas;
- Elaboração de quadro-resumo com quantidades, dimensões, modelo e posicionamento dos sinais;
- Elaboração de esquema de sinalização no formato de plano de vias e desenhos detalhando os projetos.

5.7.13 Drenagem

Conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, compreendendo a captação, a condução e o deságue de forma rápida e eficiente das águas que se precipitam sobre a plataforma e/ou as áreas adjacentes por infiltração ou escoamento superficial e que podem comprometer o conforto e a segurança dos usuários e a durabilidade da ferrovia.

Na etapa do Projeto Básico se determinará a concepção do projeto de drenagem para definição da solução mais viável técnica e economicamente por meio de análise dos componentes básicos condicionantes do projeto. Nessa fase, serão

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

definidos vários elementos, tais como a natureza, a localização provável, os aspectos locais considerados e as condições de acesso. As atividades dessa etapa são:

- Elaboração da concepção do projeto;
- Análise dos elementos básicos condicionantes do projeto;
- Estudos de alternativas da escolha de solução.

Na fase do Projeto Executivo, deve-se detalhar a solução aprovada na fase anterior e relacionar os elementos necessários para a construção da obra. Além disso, nessa etapa há a consolidação dos estudos hidrológicos, projetos geométricos e de terraplenagem, estudos topográficos elaborados em sua fase de projeto e estudos geotécnicos elaborados em sua fase de Projeto Básico. As atividades dessa etapa são:

- Detalhamento da solução aprovada na fase anterior relacionando os elementos necessários para a construção da obra;
- Dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial;
- Dimensionamento dos dispositivos de drenagem subterrânea.

5.7.14 Obras de Arte Corrente (OAC)

Na fase de Projeto Básico serão elaboradas as concepções dos dispositivos com a definição de suas características geométricas, dimensões e tipos de revestimentos que permitam o esboço das soluções necessárias. Deverão ser elaborados quantitativos dos serviços de tal forma que o segmento ferroviário seja protegido da ação das águas superficiais e profundas. As atividades dessa etapa são:

- Elaboração da concepção dos dispositivos de obra de arte corrente, com definição das características geométricas, dimensões e tipos de revestimentos;
- Elaboração de quantitativos dos serviços.

A fase de Projeto Executivo será desenvolvida a partir das concepções aprovadas no Projeto Básico e compreenderá a sua complementação e detalhamento. Nessa etapa, deverão ser apresentadas todas as informações, elementos construtivos e especificações que permitam a execução das obras, bem como deverá ser efetuada a determinação das quantidades de serviços. As atividades dessa etapa são:

- Elaboração do dimensionamento da OAC e dos elementos construtivos e especificações;

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Determinação das quantidades de serviços.

5.7.15 Obras Complementares

Conforme normativo VALEC 80-EG-00A-23-0000, as principais atividades a serem desenvolvidas nas atividades dos projetos de obras complementares são:

- No Projeto Básico, a identificação das obras complementares necessárias à execução do projeto;
- No Projeto Executivo, o detalhamento das obras complementares (planta, perfil, seções transversais).

5.7.16 Orçamento da Obra

O orçamento das alternativas na fase de Projeto Básico fornecerá elementos para análise econômica e constará de determinações dos custos dos principais itens de serviço, que serão levantados de acordo com a metodologia exposta nos normativos vigentes e ISF - 225. Nos casos em que não haja informações disponíveis nos sistemas de custos oficiais, o custo unitário deverá ser calculado com base em pesquisas de mercado e conforme especificações da ISF-225. Portanto, o Projeto Básico compreende a elaboração de uma estimativa de custos unitários, de orçamentos preliminares e o desenvolvimento de estudos iniciais para divisão em lotes de construção. Os seguintes itens são previstos:

- Elaboração de uma estimativa de custos unitários;
- Elaboração de orçamentos preliminares;
- Elaboração dos estudos iniciais para divisão em lotes de construção.

O orçamento da obra na fase do Projeto Executivo requer maior detalhamento e assertividade, pois será desenvolvido de forma a envolver a listagem definitiva dos serviços a executar, incluindo os relativos à construção das instalações, tais como canteiro e acampamento, e listagem dos materiais e respectivas distâncias de transporte. Os seguintes itens são previstos:

- Elaboração da listagem definitiva dos serviços a executar, incluindo as relativas à construção das instalações de canteiro e acampamento;
- Listagem dos materiais e respectivas distâncias de transporte.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

5.8 Fluxos de trabalho a serem alcançados

Um dos conceitos da filosofia BIM consiste no trabalho colaborativo da equipe, que ocorre em um ambiente comum de dados (BIM+GIS). Os fluxos de projeto a nível operacional devem refletir essa visão de mundo.

O Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) é um conjunto de análises amplas que contempla várias etapas prévias ao projeto executivo de um grande empreendimento. Esses estudos vão definir sua viabilidade, receita e custos, estimando os prazos de implantação e a comparação de sua eficiência com outros meios de transportes concorrentes ou complementares. A Figura 73 mostra o fluxo geral colaborativo para o estudo de viabilidade. Observe-se o uso do ambiente GIS para facilitar a troca de informações para tomada de decisões.

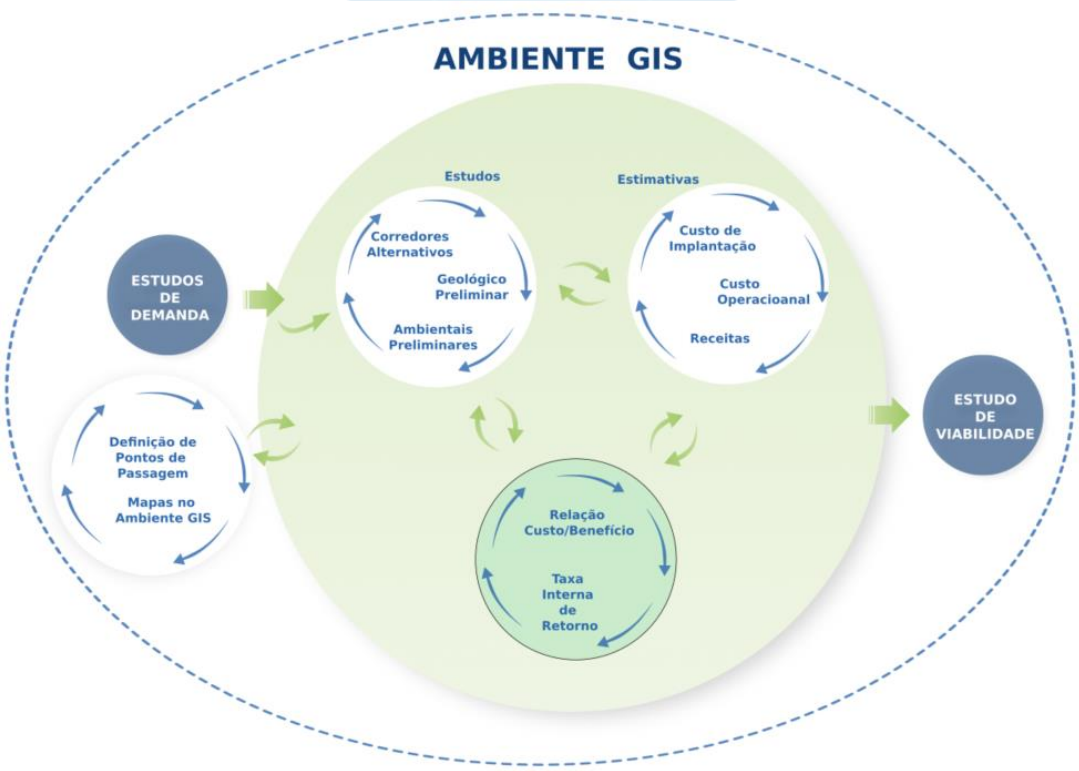


Figura 73 - Fluxo geral colaborativo de estudo de viabilidade.

A Figura 74 apresenta o fluxo do projeto básico. O estudo de viabilidade dá subsídios para o início no projeto básico, tendo principalmente o estado de traçado como ponto principal. Estudos operacionais, de viabilidade e sócio-ambientais são também as bases para o projeto. Observar no fluxo a inclusão de um estudo de BIM+GIS, nos quais pode ser levantado o ambiente comum de dados, as ferramentas para modelagem, os documentos que auxiliam o fluxo de informações,

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

os documentos que servem como padrão de informações, entre outros. Observe-se também que as disciplinas de especificações, orçamento e o plano de execução são o foco de recebimento de informações, permitindo que a especificação de dados seja verificada ao longo da operacionalização do projeto básico. No final do fluxo tem-se o projeto básico com Entregas adicionais de informações BIM+GIS.

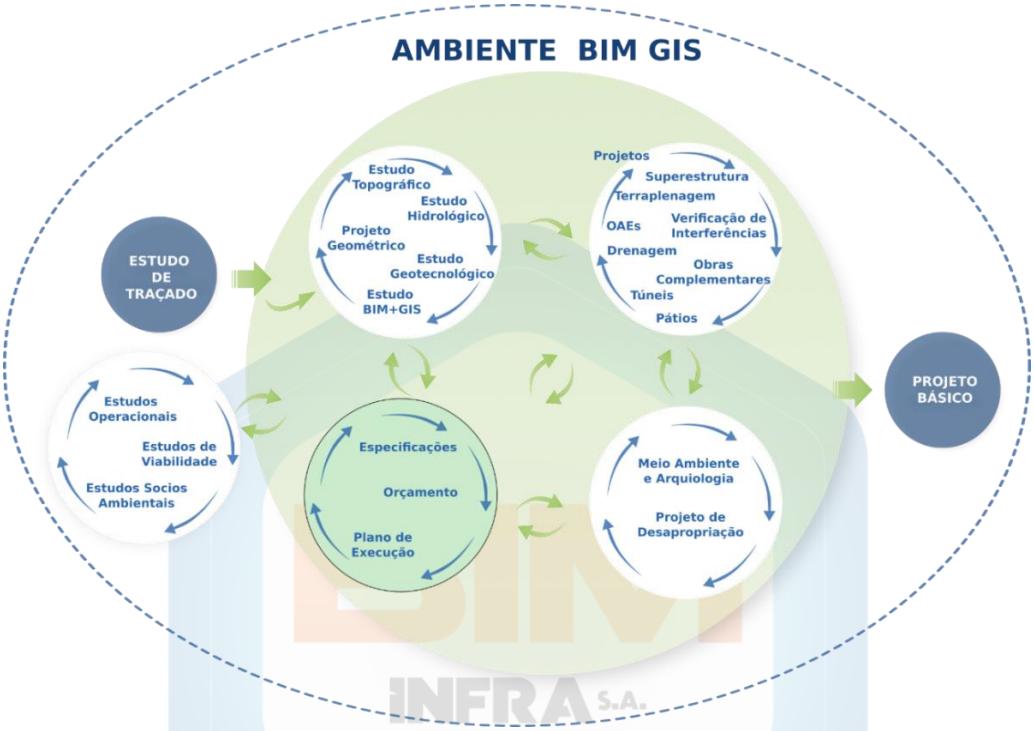


Figura 74 - Fluxo geral colaborativo do projeto básico.

A Figura 75 apresenta o fluxo do projeto executivo, que sempre começa com a topografia e, paralelamente, os projetos de desapropriação, meio ambiente e arqueologia começam também para alimentar o desenvolvimento e o planejamento da obra. O estudo BIM+GIS é aprofundado durante o projeto executivo a fim de implementar ferramentas e fluxos ágeis de modelagem. As disciplinas de especificações, orçamento e o plano de execução recebem as informações como um centro aglutinador e verificador dos dados.

Importante observar que não existe um fluxo direcional que vai no sentido do começo para o fim, mas uma interação colaborativa entre as várias equipes de projeto, conforme as Figura 73 a Figura 75.

Além disso, é importante observar que o fluxo do projeto integra todas as etapas e disciplinas, incluindo a especificação, quantitativos, orçamento e plano de execução, que são integradas ao processo desde o início. Essa integração ao longo

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

de todo o desenvolvimento do projeto permite que se tomem decisões para melhorar o desempenho técnico e financeiro. Ao não integrar especificações e estudos orçamentários desde o início, corre-se o risco de o custo do empreendimento ser conhecido apenas no final. Caso este não fosse viável, teria de retornar para um reprojeto. No caso do BIM, estimativas mais precisas de custos já são feitas durante o trabalho, permitindo que mudanças sejam realizadas durante o seu desenvolvimento.

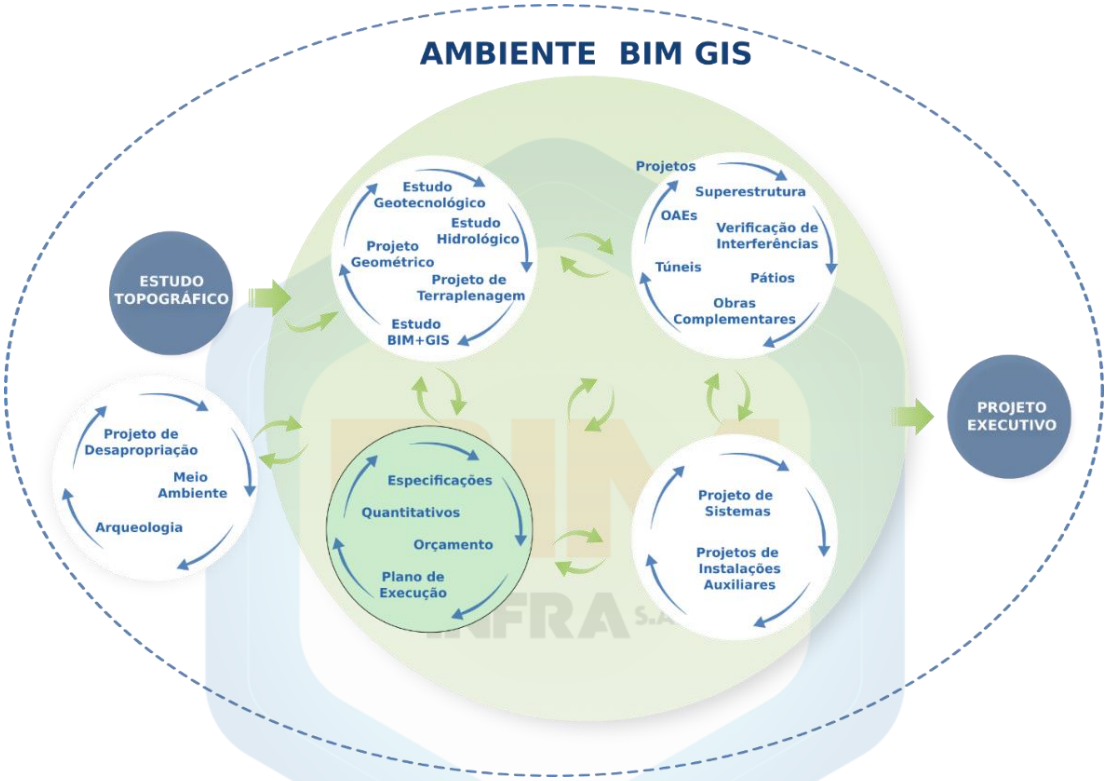


Figura 75 - Fluxo geral colaborativo de um projeto ferroviário executivo.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

6 PADRONIZAÇÃO

A padronização em BIM nos projetos de infraestrutura refere-se ao desenvolvimento e utilização de um conjunto comum de normas, diretrizes e práticas recomendadas para garantir a interoperabilidade e a consistência entre os modelos BIM. Isso significa que os os colaboradores envolvidos concordam com um conjunto de padrões de dados que descreve a geometria, a estrutura e as propriedades dos objetos no modelo. Isso também inclui informações sobre o ciclo de vida do projeto, como cronogramas, orçamentos e requisitos de manutenção.

A padronização em BIM ajuda a garantir que todos os membros da equipe do usem uma linguagem comum, o que reduz a possibilidade de mal-entendidos e erros de comunicação. No contexto de projetos de infraestrutura, a padronização pode ser particularmente importante devido à sua complexidade e escala. Ao estabelecer um conjunto comum de normas e práticas recomendadas, os participantes podem trabalhar de forma mais colaborativa e eficaz.

6.1 Modelos de Informação

A norma NBR ISO 19650 define modelo de informação um conjunto de contêineres que são estruturados, como modelos geométricos, tabelas e banco de dados, ou não estruturados, como documentos diversos, incluindo vídeos, áudios, entre outros.

Os modelos de informação podem ser de ativo e de projeto. Os modelos de informação de ativo referem-se a informações que dão suporte para a gestão dos ativos. Como exemplo, podemos mencionar as informações de equipamentos instalados, registros de datas de instalação e manutenção, custos de manutenção, manutenção programada, entre outras informações relevantes. Já os modelos de informação de projeto referem-se aos modelos elaborados para a entrega do ativo. Podemos considerar como modelos de informação os modelos de projeto, modelos de construção, modelos de análise de desempenho, entre outros relacionados com a produção de informação para a entrega do ativo.

Os modelos se complementam ao longo do ciclo de vida do ativo. Um modelo de informação de projeto irá alimentar o modelo de informação do ativo que, por sua vez, na necessidade de reformas, *retrofit*, ou desmonte do ativo, poderá fornecer informações para um novo modelo de informação de projeto (Figura 76).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Figura 76 - Relação entre Modelo de Informação do Projeto em fase de entrega e Modelo de Informação do Ativo em fase de operação.

Fonte: Adaptado da NBRISO 19650, 2022.

6.2 Usos do Modelo

O documento BIM Project Execution Planning Guide, elaborado pela *The Pennsylvania State University,* fornece orientações para o planejamento dos processos de entrega de ativo em BIM. O primeiro passo a ser dado em um planejamento de entrega de ativo em BIM está na definição dos objetivos do projeto.

Em seguida, deve-se estabelecer os usos dos modelos. O documento da *The Pennsylvania State University* lista 21 usos possíveis para os modelos entre as etapas de planejamento até a entrega de modelos para operação (Figura 77).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

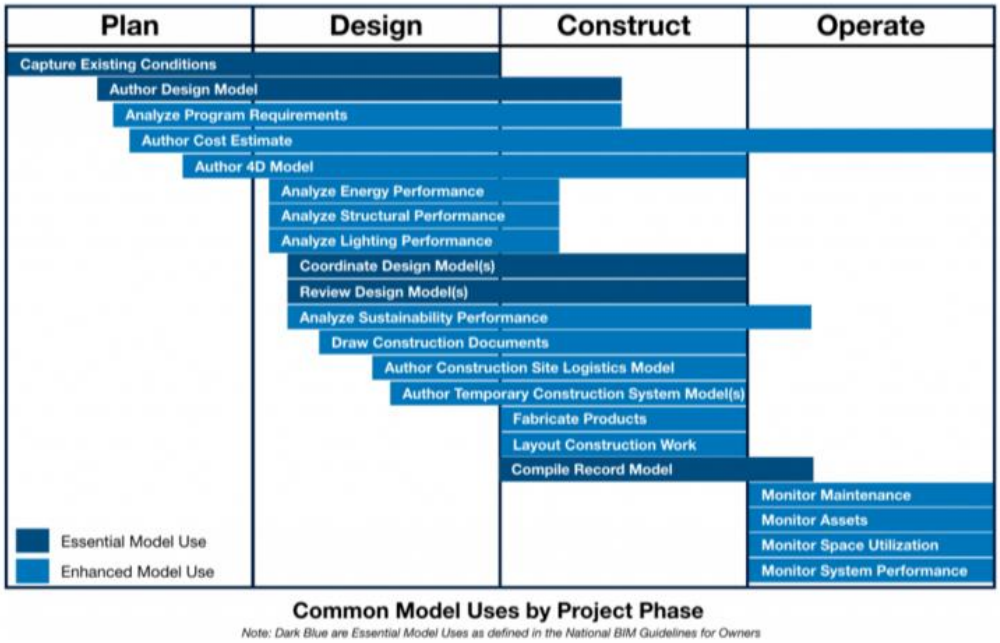


Figura 77 – Fases de usos dos modelos.

Conforme indica o documento, para que a implementação BIM seja bem-sucedida, é de suma importância que a equipe de projeto [8] compreenda quais serão os usos futuros das informações que estão sendo geradas e compartilhadas. Compreender e estabelecer usos dos modelos de informação impacta diretamente os métodos utilizados para o desenvolvimento dos modelos ou ainda a elaboração de procedimentos para controle de qualidade da informação.

Elencar os usos dos modelos e a elaboração de procedimentos de produção de informação e controle de qualidade decorre, por sua vez, dos requisitos de informação estabelecidos pela contratante. Uma vez definidos os requisitos da organização (OIR), os requisitos de intercâmbio de informação (EIR), os requisitos de informação de projeto (PIR) e do ativo (AIR), assim como o nível de informação necessária para atender cada requisito, as equipes de entrega[9] devem proceder

[8] Apesar do documento da Penn State não mencionar a *ISO 19650 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM)*, o termo equipe de projeto tratado aqui neste documento utiliza-se da conceituação estabelecida pela norma, na qual por equipe de projeto entende-se aquela formada pela contratante e por suas contratadas. Dessa maneira, a definição do uso dos modelos não é elaborada apenas por aqueles diretamente envolvidos com a produção dos modelos de informação mas também através de requisitos de informação fornecidos pelo contratante.

[9] Equipe de entrega segundo a ISO 19650 refere-se aos contratados e subcontratados para realizar a produção e compartilhamento da informação sobre um ativo.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

com a produção de modelos de informação conforme estabelecido em Plano de Execução BIM celebrado com a contratante.

Nesse sentido, a norma não menciona diretamente usos possíveis para os modelos conforme indicado no documento da *Penn State*, mas, sim, o estabelecimento do nível necessário de informação para cada marco de entrega ou para cada requisito de informação definido. As equipes de tarefa, por sua vez, devem, segundo a norma:

> - gerar informação:
>   - em conformidade com o padrão de informação do projeto, e
>   - de acordo com os métodos e procedimentos de produção da informação do projeto;
> - não gerar informação que:
>   - exceda o nível de informação maior do que o necessário,
>   - ultrapasse além dos limites do contêiner de informação definido,
>   - estende-se além do elemento alocado na estrutura analítica do contêiner de informação,
>   - duplique informação gerada por outras equipes de tarefas, e
>   - contenha detalhes supérfluos. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022, p.20).

A norma ISO 19650, contudo, não tem o propósito de apresentar um método aplicável e replicável. Ela, na realidade, auxilia equipes de projeto a desenvolverem seus próprios métodos para definição das informações necessárias para as fases de entrega e operação de um ativo, para a produção de informação sobre um ativo e para a troca e gerenciamento da informação sobre ele. Nesse contexto, ela fornece insumos necessários para a compreensão da importância da definição dos requisitos de informação e da produção e troca de informação de uma maneira abrangente e genérica relacionada às ações da equipe de projeto como um todo, ou seja, das ações da contratante, contratadas e subcontratadas.

6.3 Ambiente Comum de Dados (ACD)

Para a organização dos dados, tanto de projeto quanto de documentos administrativos gerados ao longo do processo BIM, sugere-se um repositório em nuvem, que tem por objetivo modelar o ciclo completo da sua documentação compreendendo a elaboração, circulação, revisão, aprovação e guarda dos seus documentos. Além de facilitar o trabalho da equipe da coordenação, o repositório proporcionará mais segurança na preservação da integridade das informações, sejam elas de caráter técnico ou administrativo.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

A organização de pastas é montada de modo que os arquivos na nuvem sejam manuseados e encontrados rapidamente. Entretanto, um problema que deve ser evitado é a criação e edição de várias pastas por vários membros das equipes de projeto, pois alguns dos profissionais que não são treinados nesse sentido tendem a criar suas próprias organizações de pastas, dificultando, assim, a busca por informações.

O repositório é o Ambiente Comum de Dados, ACD (*Common Data Environment - CDE*), detalhado na seção 12 da norma ISO 19650-1. A definição dada por essa norma é a seguinte:

> Uma fonte de informação acordada para qualquer projeto ou ativo, para coletar, gerenciar e disseminar cada recipiente de informação por meio de um processo gerenciado.

Um ACD é um repositório em nuvem no qual a filosofia BIM é aplicada. Ela serve especificamente para projetos de engenharia com suas diversas particularidades. Um ACD deve atender à INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 5, DE 30 DE AGOSTO DE 2021, da Presidência da República, que dispõe sobre os requisitos mínimos de segurança da informação para utilização de soluções de computação em nuvem pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal.

Um dos pontos a serem considerados é o Artigo 18:

> Art. 18. Os dados, metadados, informações e conhecimentos produzidos ou custodiados pelo órgão ou pela entidade, transferidos para o provedor de serviço de nuvem, devem estar hospedados em território brasileiro. (BRASIL, 2021).

Um serviço de nuvem em território brasileiro permite que os conflitos jurídicos sejam resolvidos em foro nacional, em oposição a serviços de nuvem hospedados no exterior, que teriam foro estrangeiro.

O *Manual de Uso e de Gerenciamento de Pastas do Projeto* detalha o uso do ACD, mas, em geral, o fluxo de trabalho é resumido na Figura 78.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

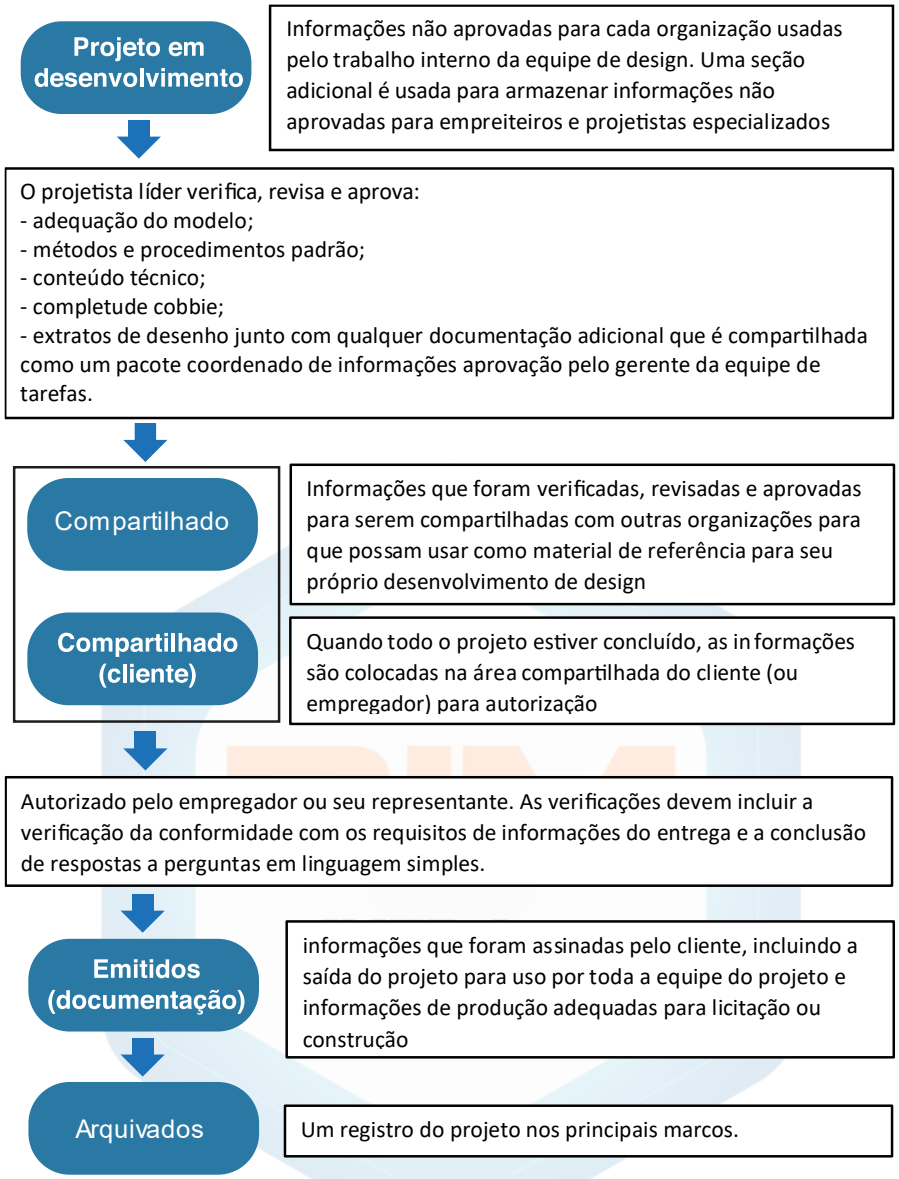


Figura 78 - Fluxo de trabalho no ambiente comum de dados.

As pastas envolvidas principalmente para o projeto básico e projeto executivo no ACD é organizado da seguinte forma:

- 1-Geometria – Arquivos do projeto geométrico.
- 2-Topografia – Arquivos com os dados da topografia.
- 3-Terraplenagem – Arquivos do projeto de terraplenagem.
- 4-Drenagem – Arquivos do projeto de drenagem.
- 5-Superestrutura – Arquivos do projeto de superestrutura.
- 6-Pavimentacao – Arquivos do projeto de pavimentação.
- 7-OAE – Arquivos do projeto de obras especiais.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- 8-SinFerroviaria – Arquivos do projeto de sinalização ferroviária.
- 9-SinDispSegur – Arquivos do projeto de sinalização dos dispositivos de segurança.
- 10-Complementares – Arquivos dos projetos complementares.
- 11-Orcamento – Arquivos do orçamento.

As seguintes sub-pastas são organizadas para cada disciplina acima:

- Docs – Arquivos considerados como documentos (arquivos de texto, planilhas, apresentações etc.).
- DWG – Arquivos de pranchas em formato DWG.
- Modelo – Arquivos de modelos 3D em IFC e nativos.
- PDF – Arquivos de pranchas em formato PDF.

6.4 Nomenclatura

A padronização de nomenclatura é importante para garantir que as informações contidas nos modelos BIM sejam consistentes e precisas, especialmente em projetos complexos, nos quais várias partes interessadas precisam compartilhar e usar as informações. A padronização de nomenclatura inclui o uso consistente de arquivos, pastas, nomes e códigos para elementos, objetos, materiais e propriedades.

Os benefícios da padronização de nomenclatura no BIM incluem:

- Comunicação mais clara e eficaz entre as partes interessadas.
- Melhor capacidade de compartilhar e reutilizar informações do modelo BIM.
- Maior consistência e precisão nas informações do modelo BIM.
- Maior eficiência e produtividade durante a criação e uso do modelo BIM.
- Redução de erros e retrabalhos durante a execução do projeto.

O “Manual de Nomenclatura” deve ser consultado para as nomenclaturas sobre:

- Arquivos;
- Convenção de nomenclatura da camada;
- Convenção de nomenclatura de objeto BIM;
- Nomenclatura de parâmetro/atributo;
- Considerações e sugestões sobre a nomenclatura de arquivos GIS.

Por exemplo, os arquivos dos projetos em BIM devem adotar nomenclatura padrão de acordo com o Quadro 3 , que estabelece convenção e atributos relacionados,

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Convenção de nomenclatura: **Projeto – Cliente gerador - Divisão Funcional - Divisão Espacial – Tipo – Função – Número**

Atributos relacionados: **Status – Revisão – Classificação**

Cada “Campo” do Quadro 3 requer informações complementares que estão detalhadas nos quadros indicados na coluna de “Detalhamento da Informação”.

Quadro 3 - Campo, Uso e Descrição

CAMPO		USO	DESCRIÇÃO	DETALHAMENTO DA INFORMAÇÃO
CONVENÇÃO DE NOMENCLATURA	Projeto	Obrigatório	Identificador/nome do Projeto fornecido pela Infra S.A.	Quadro 2 (Manual de Nomenclature)
	Cliente Gerador	Obrigatório	Infra S.A_<Centro de custos> Centro de custos: ENG = Engenharia; TRA = tráfego; CAD = cadastro; SAM = socioambiental; JUR = jurídico; MEF = econômico-financeiro; OPE = Operacional	
	Divisão Funcional	Obrigatório	Trecho ou subtrecho do empreendimento = I, II, III, IV...	
	Divisão Espacial	Obrigatório	Lote = 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07... Acrescentar **B** se for projeto básico ou **E** para projeto executivo. Adicionar quilometragem inicial, final e fuso separados por _.	
	Tipo	Obrigatório	Subdivisão de área.	Quadro 3 (Manual de Nomenclature)
	Função	Obrigatório	Disciplina.	Quadro 4 (Manual de Nomenclature)

O Quadro 4 mostra um exemplo de nomenclatura para nome de um arquivo.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Quadro 4 - Exemplo de nomenclatura.

Projeto	Cliente Gerador	Divisão Funcional	Divisão Espacial	Tipo	Função	Número	Status	Revisão	Classificação
FICO_	**INFRASA_ENG**	I	**01B_100_200_22**	**001**	**DES**	**7000**	**S7**	**R0**	**BUEIRO**
Os campos devem ser separados POR TRAÇO "-" **FICO_-INFRASA_ENG-I-01B_100_200_22-001-DES-7000-S7-R0-BUEIRO** Essa nomenclatura indica que é um projeto da FICO sendo que o cliente gerador foi a Infra S.A. Engenharia cuja divisão funcional é trecho I. A divisão espacial significa lote 1 do projeto básico – B, com quilometragem inicial de 100 Km e final 200 Km no fuso 22. O tipo 001 significa - Elementos Básicos e Conceituais, Planos Diretores e Estudos de Viabilidade, Plantas de Situação, de acordo com o Quadro 3 – a função é o desenho, o número 7000 é referente aos Documentos Básicos Produzidos pela Infra S.A. O status S7 refere-se ao TRABALHO COMPARTILHADO (NÃO-CONTRATUAIS): Apropriado para Autorização do Modelo de Informações do Ativo. O R0 refere-se a revisão zero e a classificação é o elemento Bueiro.									

6.5 Sistema de classificação de informações

6.5.1 *INDUSTRY FOUNDATION CLASSES* - IFC

Apesar de não ser um sistema de classificação da informação, e, sim, um formato de arquivo, o IFC *(Industry Foundation Classes)*, usado para interoperabilidade entre diferentes aplicações computacionais, pode organizar a informação de um ativo ao criar uma taxonomia específica. No formato IFC, elaborado e atualizado pela *buildingSMART*, as informações são organizadas em classes de taxinomia própria e apresentadas de forma hierárquica em estrutura de árvore, como pode ser observado no diagrama apresentado na Figura 79.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

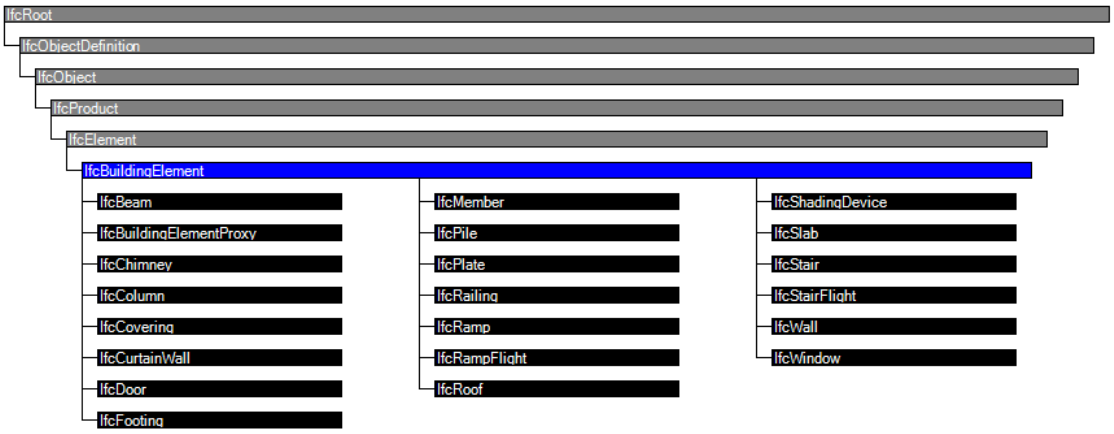


Figura 79 - Classes de ifc para elementos da construção (*ifcBuildingElement*).

A discussão para a inclusão de elementos específicos presentes em projetos ferroviários foi iniciada em 2018. O IFC Rail tem sido elaborado por um comitê dedicado a desenvolver classes e propriedades de elementos ferroviários e elaborar as classes IFC para projetos de infraestrutura como pontes, portos e rodovias. Atualmente, a versão de IFC que inclui projetos de infraestrutura é a 4.3, que se trata de um marco importante para estruturação da informação em arquivos IFC, uma vez que novos domínios, ou seja, classes para tipologias específicas da construção, foram incorporados, como o *IfcRailDomain, IfcRoadDomain, IfcPortsAndWaterwaysDomain.*

6.5.2 Classificações alfanuméricas

O formato IFC organiza as informações por uma taxonomia própria, no entanto, há várias outras maneiras de se classificar as informações dos elementos de um ativo. Uma outra possibilidade, por exemplo, consiste na classificação alfanumérica, ou seja, no uso de letras e de números que vão identificar elementos, processos, produtos, materiais, fases do ativo entre outras características. Os sistemas de classificação para elementos da construção operam na mesma lógica dos sistemas de classificação utilizados para publicações por bibliotecários, como o *Dewey Decimal Classification*, ou como o sistema de classificação de documentos, que são inseridos e compartilhados no SEI – Sistema Eletrônico de informações para órgão do Governo Federal.

Os sistemas de classificação da informação para elementos, produtos e processos da construção civil não são codificações recentes. Algumas datam da década de 1960, como o sistema *MasterFormat* e *UniFormat*. O benefício do uso de sistemas de classificação em modelos de informação do projeto ou em modelos de

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

informação do ativo[10] está na produção de informação confiável, que permite a identificação tanto de elementos da construção como também de processos, recursos, equipamentos, usos, atores entre outros aspectos relevantes da construção, além de permitir também a organização ou a separação de certas informações conforme a necessidade.

O *Manual Sistema de Clasificación Ferroviaria BIM-RIH* desenvolvido pela *Railway Innovation Hub* é bem específico e fornece exemplos da vantagem de se aplicar os sistemas de classificação da informação para ativos:

1. **Busca e filtro de informação por códigos**: sempre será mais fácil, em especial para gestores em órgão públicos ou para os incorporadores (que não possuem motivos para conhecer tecnicamente a estrutura hierárquica do IFC na estrutura organizativa de cada *software* aplicado em formato nativo), buscar informação relacionada a classificações conhecidas que não sejam pela estrutura do próprio formato.
2. **Alcance dos modelos BIM**: as tabelas de função podem auxiliar, nos momentos preliminares ao contrato, a determinação do que será modelado e o que não será. Elas também podem servir de ponto de partida para elaborar tabelas de parâmetros concretos que devem conduzir a classes determinadas de elementos.
3. **Vinculação automática de elementos do modelo a atividades de obra:** poder automatizar a vinculação entre informações dos gráficos de Gantt e elementos BIM através de informação contida no próprio modelo através da organização por classes
4. **Vinculação automática de elementos do modelo a recursos orçamentários:** exatamente o mesmo das atividades da obra; porém, focada nos recursos orçamentários.
5. **Vinculação de informação não gráfica e/ou documentos a elementos BIM conforme classificações:** é mais simples vincular um certificado de fiscalização a todos os elementos contidos em uma categoria de classificação orçamentária ou a um manual de manutenção em elementos codificados em uma classificação de manutenção [operação].

[10] Pela norma NBRISO 19650, modelos de informação do projeto referem-se àqueles que dão suporte à entrega do projeto os modelos de informação do projeto (PIM) pode conter detalhes de geometria do projeto, localização de equipamentos, requisitos de desempenho projetados, métodos construtivos, tabelas, custos e detalhamento de sistemas instalados, componentes e equipamentos, incluindo requisitos de manutenção estas informações incluem o que for projetado e também construído de fato. Já os modelos de informação do ativo referem-se àqueles que dão suporte à estratégia diária de gestão do ativo construído. Pode conter informações de registros de equipamentos, custos de manutenção cumulativa, registros de datas de manutenção e instalação, informações de propriedade e outros detalhes que a contratante considera valiosos e deseja que sejam geridos de forma sistemática.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

6. **Facilitar a gestão de valor adquirido com modelos BIM:** ao relacionar os modelos tridimensionais com seus recursos orçamentários e às atividades da execução do projeto, facilita-se a extração de medições para a controle da produção da obra mediante a metodologia EVM (*Earn Value Management*) ou EVA (*Earn Value Analysis*).
7. **Servir como nó de conexão entre a informação do modelo e os sistemas de gestão de operação:** ao se combinar informação de distintas bases de dados (modelo, GMAO [*Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador*], Excel, etc.) a uma classificação, ela pode servir como nó para criar relações entre todas as fontes de informação (RIH, 2020, p.19).

Os sistemas de classificação existentes são variados, de usos distintos e possuem influência em regiões ou países específicos.

6.5.3 Sistemas de Classificação da Informação para Projetos Ferroviários

A *Railway Innovation Hub* é uma organização espanhola que tem como missão ser referência em inovação ferroviária a partir da promoção de tecnologias, conhecimento para o setor. Com o intuito de estabelecer um sistema de classificação da informação para empreendimentos ferroviários, a organização se dedicou a estudar os sistemas existentes e os sistemas de classificação elaborados e aplicados por empresas específicas do setor de infraestrutura antes de elaborar sua proposta para um sistema de classificação que pudesse ser implementado na Espanha.

O RIH pesquisou o sistema de classificação da ETS - *Euskal Trenbide Sarea* e da FGV - *Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana.*

O sistema da ETS se estrutura nas seguintes classes:

- **Tipologia de atuação** – este critério define o tipo de atuação ao qual o elemento pertence. As diferentes atuações que a ETS promove em seus contratos podem se realizar sobre sua própria rede, sobre as linhas transviarias, sobre o metrô de Bilbao ou sobre as linhas de alta velocidade. Assim, existiriam atuações próprias na construção civil como são as realizadas sobre a infraestrutura etc.
- **Tipologia do Ativo** – este critério define o tipo de ativo ao qual pertence o elemento, podendo ser categorizado em relação às linhas ferroviárias, estações, paradas, pátios, passagens de nível ou subestações elétricas
- **Sistema funcional** – este critério define a função do sistema com o qual o elemento do ativo se relaciona. Por exemplo, em um ativo da linha ferroviária, seus sistemas possuem a função de plataforma, de via, de ponte e viaduto, de túnel e caverna, de eletrificação etc.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- **Componente** – este critério define a tipologia do próprio elemento. Dependendo de todos os critérios anteriores e agrupados por sistemas construtivos encontraremos distintos tipos. Em uma ferrovia em pavimentação encontraremos os elementos laje, trilho etc., enquanto, em uma via em lastro, não existem lajes, mas, sim, lastro.
- **Material** – este critério define o material do qual o elemento é composto. Por exemplo, a laje será de concreto armado e, o trilho, de aço.

O sistema de classificação da informação da ETS foca na categorização dos elementos construtivos do ativo, priorizando componentes e suas propriedades. Assemelha-se ao procedimento de criação de parâmetros para inserção da informação, que segue uma codificação específica para cada parâmetro (Figura 80).

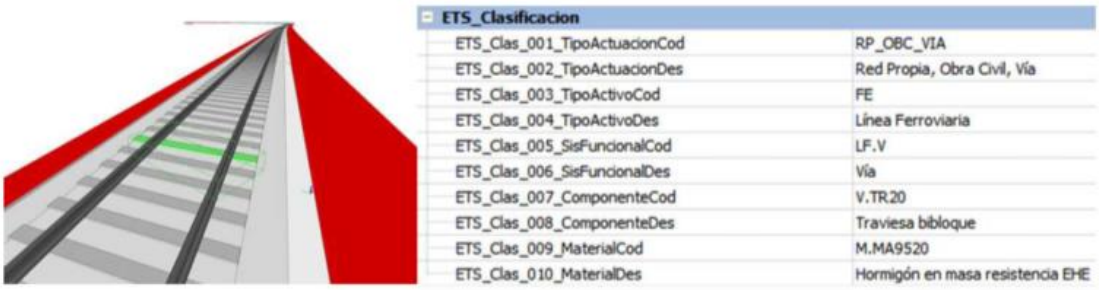


Figura 1: Clasificación de una Traviesa de Hormigón en un Modelo BIM.

Figura 80 - Sistema de classificação ETS.

O sistema de classificação da Ferrocarril de a Generalitat Valenciana é chamado de FGVCLASS. E, assim como ocorre na classificação da ETS, prioriza a classificação de elementos ferroviários e suas propriedades; porém, também acrescenta uma camada a mais de informação. O sistema da FGV cria e classifica os elementos e os associa às classes de IFC (Figura 81).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

FGV — APÊNDICE 4.1 LISTADO DE ELEMENTOS DE LOS MODELOS Y FGV CLASS

CÓD.	DISC.	SUBDISC.	ELEMENTO	CÓDIGO ELEMENTO	FGVClass	SAP TIPO	Entidad IFC asociada	Prioridad	Unidad de medición
EST		Puentes y Viaductos							
EST		PUE	Aparato de apoyo	AAP	EST_PUE_AAP	OAL	ifcBuildingElementProxy		
EST		PUE	Barandilla	BRN	EST_PUE_BRN	O-MBU	IfcRailing		
EST		PUE	Dintel	DIN	EST_PUE_DIN		IfcBeam		
EST		PUE	Dren	DRE	EST_PUE_DRE		ifcBuildingElementProxy		
EST		PUE	Estribo	EST	EST_PUE_EST		IfcWall		
EST		PUE	Encofrado estribos	EFE	EST_PUE_EFE		IfcPlate		m2
EST		PUE	Encofrado pilas	FPI	EST_PUE_FPI		IfcPlate		m2
EST		PUE	Encofrado tablero	EFT	EST_PUE_EFT		IfcPlate		m2
EST		PUE	Fuste	FUS	EST_PUE_FUS		IfcColumn		
EST		PUE	Impermeabilización	IMZ	EST_PUE_IMZ		IfcPlate		m2
EST		PUE	Imposta	IMP	EST_PUE_IMP		IfcBeam		ml
EST		PUE	Junta de dilatación	JUD	EST_PUE_JUD		IfcBeam		
EST		PUE	Losa de tablero	LTB	EST_PUE_LTB		IfcSlab		
EST		PUE	Losa de transición	LTR	EST_PUE_LTR		IfcSlab		
EST		PUE	Neopreno	NEO	EST_PUE_NEO		ifcBuildingElementProxy		ud
EST		PUE	Pasarela	PRL	EST_PUE_PRL		ifcBuildingElementProxy		
EST		PUE	Pavimento	PAV	EST_PUE_PAV		IfcSlab		
EST		PUE	Pérgola	PER	EST_PUE_PER		ifcBuildingElementProxy		
EST		PUE	Pieza metálica especial	PZM	EST_PUE_PZM		ifcBuildingElementProxy		KG
EST		PUE	Pila	PIL	EST_PUE_PIL		IfcColumnType		
EST		PUE	Prelosa	PRE	EST_PUE_PRE		IfcSlab		
EST		PUE	Pretil	PET	EST_PUE_PET		IfcBeam		ml
EST		PUE	Puente Metálico	PUM	EST_PUE_PUM	V-PMT	ifcBuildingElementProxy		
EST		PUE	Puente No Metálico	PUN	EST_PUE_PUN	V-PNM	ifcBuildingElementProxy		
EST		PUE	Red de Tierras	RTI	EST_PUE_RTI		IfcBuildingElementProxy		varios
EST		PUE	Revestimiento	REV	EST_PUE_REV		IfcCovering		m2
EST		PUE	Sumidero	SUM	EST_PUE_SUM		IfcBuildingElementProxy		
EST		PUE	Tablero	TAB	EST_PUE_TAB		IfcBeam		
EST		PUE	Tímpano de unión	TIM	EST_PUE_TIM		ifcBuildingElementProxy		
EST		PUE	Tope sísmico	TPS	EST_PUE_TPS		ifcBuildingElementProxy		
EST		PUE	Tubo	TUB	EST_PUE_TUB		IfcFlowMovingDevice/IfcFlowSegment		ml
EST		PUE	Viaducto	VIA	EST_PUE_VIA		ifcBuildingElementProxy		
EST		PUE	Viga	VIG	EST_PUE_VIG		IfcBeam		

Figura 81 - Listas dos modelos FGV.

No entanto, as classes de IFC aos quais os elementos se associam, nessa versão da FGV, parece não contemplar as classes específicas do IfcRail.

A partir de tais estudos, a *Railway Innovation Hub* desenvolve seu próprio sistema de classificação da informação, chamado de SCF Class. Ele contempla não apenas elementos ferroviários, mas, também, fases de projeto, funções, disciplinas, até mesmo *softwares*, tal como ocorre nas Classificações como o *OmniClass* ou *Uniclass* (Figura 82).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Tabla	Nombre	Descripción
USOS	Clasificación por usos	Tabla para identificar dentro del modelo los usos BIM demandados en el contrato y especificados en el Plan de Ejecución BIM.
FASES	Clasificación por fases	Tabla para clasificar elementos BIM según la fase o la etapa en la que fueron generados o en la última fase en la que fueron modificados.
EMPRESAS	Clasificación por empresas	Tabla plantilla para clasificar elementos BIM según el tipo de empresa o empresa que los generó o es responsable de los elementos de ese modelo.
ACTIVOS	Clasificación por activos	Tabla para clasificar elementos BIM según el tipo de activo al que pertenecen.
FUNCIONES	Clasificación por funciones	Tabla para clasificar elementos BIM según la función que desempeñan.
ESTADOS	Clasificación por estados	Tabla para clasificar elementos BIM según su estado y para codificar archivos de modelos BIM.
SUBDIVISIONES	Clasificación por subdivisiones	Tabla plantilla para codificar tanto los elementos BIM como los ficheros BIM según las subdivisiones, zonificaciones o tramificaciones acordadas por disciplina.
MATERIALES	Clasificación por materiales	Tabla para clasificar elementos BIM según el o los materiales que lo componen.
ESPACIOS	Clasificación por espacios	Tabla para clasificar elementos BIM de tipo IfcSpace según el espacio que representa.
SOFTWARES	Codificación por Softwares	Tabla plantilla para codificar el tipo de software empleado en el contrato.
DISCIPLINAS	Clasificación por disciplinas	Tabla para indicar qué disciplinas se van a modelar y para codificación de documentos.
MODELOS	Codificación de modelos BIM	Tabla plantilla para organizar, codificar y describir los archivos de modelos BIM.
PLANTILLA	Clasificación por "por definir"	Tabla para clasificar elementos BIM según "por definir"

Figura 82 - Informação, nome e descrição.

Além disso, o RIH associa as classes de IFC, mas de uma maneira diferente da proposta pela FGV. A associação não seria de uma classe *SCFClass* para uma classe IFC equivalente. O sistema proposto pela RIH estabelece a inserção do sistema de classificação da informação nos formatos IFC na classe *ifcClassificationReference* conforme apresentado na Figura 83.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

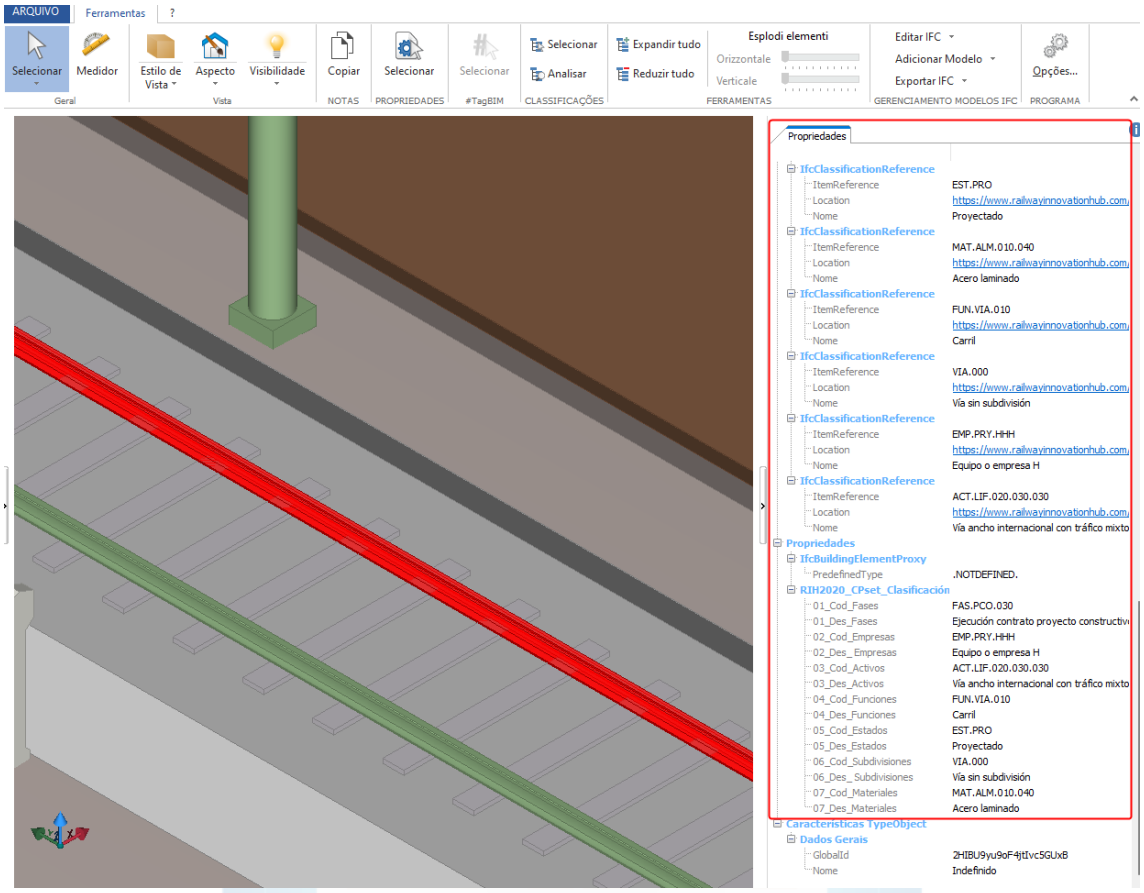


Figura 83 - formatos IFC na classe ifcClassificationReference.

A classificação da RIH, portanto, apresenta uma codificação alfanumérica e explicita onde essa informação deve ser armazenada no IFC. Abaixo, há uma extração da planilha da SCFClass disponibilizada pela RIH (Figura 84).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Clasificación BIM Ferroviaria

Datos generales	Nombre:	Clasificación por FUNCIONES
	Versión:	V01
	Descripción:	Tabla para clasificar elementos BIM según la función que desempeñan.
	Fuente:	https://www.railwayinnovationhub.com/
	Fecha de edición:	44196
	Tipo de relación:	1-1 (una clase por elemento)

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD MEDICIÓN
FUN						FUN	Tipo de Función	Unidad
FUN	ENT					FUN.ENT	Entorno	
FUN	EXP					FUN.EXP	Expropiación	
FUN	GEO					FUN.GEO	Geotecnia	
FUN	MVT					FUN.MVT	Movimiento de tierras	
FUN	TRZ					FUN.TRZ	Trazado	
FUN	DRE					FUN.DRE	Drenaje	
FUN	DRE	010				FUN.DRE.010	ODT	
FUN	DRE	010	010			FUN.DRE.010.010	Tubo ODT prefabricado	m
FUN	DRE	010	020			FUN.DRE.010.020	Marco ODT	
FUN	DRE	010	020	010		FUN.DRE.010.020.010	Losa inferior de ODT	m3
FUN	DRE	010	020	020		FUN.DRE.010.020.020	Losa superior de ODT	m3
FUN	DRE	010	020	030		FUN.DRE.010.020.030	Alzado de ODT	m3
FUN	DRE	010	030			FUN.DRE.010.030	Emboquille	
FUN	DRE	010	030	010		FUN.DRE.010.030.010	Aleta de ODT	m3
FUN	DRE	010	030	020		FUN.DRE.010.030.020	Cimentación de ODT	m3
FUN	DRE	020				FUN.DRE.020	Encauzamiento	m
FUN	DRE	030				FUN.DRE.030	Sumidero	m
FUN	DRE	040				FUN.DRE.040	Colector	m
FUN	DRE	050				FUN.DRE.050	Arqueta de drenaje	ud
FUN	DRE	060				FUN.DRE.060	Cuneta de drenaje	
FUN	DRE	060	010			FUN.DRE.060.010	Cuneta medianera	m
FUN	DRE	060	020			FUN.DRE.060.020	Cuneta de cabeza de terraplén	m
FUN	DRE	060	030			FUN.DRE.060.030	Cuneta de pie de terraplén	m
FUN	DRE	060	040			FUN.DRE.060.040	Cuneta de guarda o coronación	m
FUN	DRE	060	050			FUN.DRE.060.050	Cuneta de berma	m
FUN	DRE	070				FUN.DRE.070	Bajante	
FUN	DRE	070	010			FUN.DRE.070.010	Bajante prefabricada	m
FUN	DRE	070	020			FUN.DRE.070.020	Bajante prefabricada escalonada	m
FUN	DRE	070	030			FUN.DRE.070.030	Bajante in situ	m
FUN	DRE	070	040			FUN.DRE.070.040	Bajante in situ escalonada	m
FUN	DRE	080				FUN.DRE.080	Dren	ud
FUN	DRE	090				FUN.DRE.090	Pozo	m
FUN	DRE	100				FUN.DRE.100	Alcantarilla	ud
FUN	DRE	110				FUN.DRE.110	Arenero	ud
FUN	TUN					FUN.TUN	Túnel	
FUN	EST					FUN.EST	Estructura	

Figura 84 - Planilha da SCFClass.

Fonte: RIH, 2020.

Um sistema de classificação da informação para ferrovias ainda está em estágios iniciais de desenvolvimento com ações pontuais. O ifcRail deverá trazer uma taxonomia adequada para as especificidades dos projetos de ferrovias assim como o *ifcBridge*. No entanto, os indícios apontam que, para que a informação sobre um ativo possa ser facilmente encontrada, filtrada e ainda haja confiabilidade nessa informação, deve-se buscar a combinação entre sistemas de classificação alfanuméricos, taxonomia adaptada para a realidade local ou especificidade da organização, e classes ifc.

No caso da Infra S.A., assim como de outras empresas públicas do setor da construção civil, é necessário também ter seus projetos alinhados com composições de custo específicas.

6.6 Grandezas e Precisão de projeto

As grandezas referem-se às medidas físicas de elementos, tais como comprimento, largura, altura, espessura, volume, peso, entre outros. Essas grandezas são representadas digitalmente dentro do modelo BIM, permitindo que sejam manipuladas e analisadas com maior precisão e facilidade.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Já a precisão de projeto se refere à acurácia com que elas são modeladas e representadas no modelo BIM. A precisão de projeto pode ser influenciada por vários fatores, mas devem obedecer às fases dos projetos.

No Brasil, o índice de separação de decimal é a vírgula (","). Por exemplo, o número "três inteiros e meio" é representado como 3,5 em vez de 3.5. O formato de separação de milhar é ponto ("."), e não vírgula, como em alguns países. Por exemplo, o número um milhão duzentos e trinta e quatro mil quinhentos e sessenta e sete é representado como 1.234.567.

As configurações das variáveis de ambiente referentes às grandezas físicas, formato e precisão, deverão estar de acordo com a tabela apresentada na Figura 85 (SAC, 2021)

Grandeza Física	Unidade	Formato	Precisão
Coordenadas UTM	m	Decimal	0,0000
Distância	m	Decimal	0,00
Altitude	m	Decimal	0,000
Declividade	%	Percentual	0,00
Inclinação	m/m	Fração	0,0
Ângulo	Graus	GG MM SS,SS	00° 00' 00,00"
Azimute	Graus	GG MM SS,SS	00° 00' 00,00"
Latitude e Longitude	Graus	GG MM SS,SS	00° 00' 00,00"
Área	m^2	Decimal	0,00
Área de Bacias Hidrográficas	ha	Decimal	0,00
Volume	m^3	Decimal	0,00
Estaqueamento	m	Padrão brasileiro (20m) E 5+10,00m	0,00

Figura 85 - Configuração das variáveis de ambiente do modelo digital.

Fonte: SAC, 2021.

6.7 Fontes

As fontes e seus tamanhos devem seguir as recomendações proposta pela SAC (2021): fontes *True Type* compatíveis com *Helvetica*, como as fontes *SansSerif* ou Aria, com recomendação de se utilizar a mesma fonte helvética em todas as peças gráficas e em toda a documentação técnica em estilo regular.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

A Figura 86 apresenta a tabela que define a altura dos diversos tamanhos padronizados de texto, com seu estilo correspondente e de acordo com o padrão da SAC (2021).

NOME DO ESTILO	ESTILO	ALTURA (mm)	APLICAÇÃO
R60	Regular	1,50	Dimensões, cotas e textos secundários
R80	Regular	2,00	Dimensões, cotas, textos em geral, dados das tabelas, notas e legendas.
R100	Regular	2,50	Textos em geral, cabeçalho de tabelas, notas, legendas.
R120	Regular	3,00	Títulos de detalhes, cortes e vistas. Designação de pistas de pouso, táxi e pátios.
R140	Regular	3,50	Títulos em geral
R160	Regular	4,00	Títulos em geral
R200	Regular	5,00	Títulos em geral

Figura 86 - Padrões de texto das peças gráficas.

Fonte: SAC, 2021.

6.8 Estrutura Analítica de Projeto (EAP)

Todo projeto requer a execução de atividades que podem orientar a execução da construção de forma eficaz. O detalhamento das atividades de projeto é produto de uma organização anterior denominada Estrutura Analítica de Projeto - EAP. Uma EAP é fundamental, pois fornece uma visão estruturada do que será entregue, facilitando o entendimento das partes interessadas em relação ao que deve ser feito (escopo) além, de servir de base para o planejamento das outras áreas de conhecimento (PMBOK, 2017).

Entende-se que a EAP de um projeto de ferrovia a partir de BIM e GIS deve definir os pacotes de serviços de forma a se aproximar o mais possível do processo de construção. Para isso, a modelagem da ferrovia deve ter as informações incluídas

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

de forma hierarquizada, flexibilizada e passível de servir para todo o ciclo de vida do empreendimento.

A Figura 87 apresenta os pacotes de trabalho que foram considerados e estruturados na EAP em uma planilha que é parte integramente desse relatório.

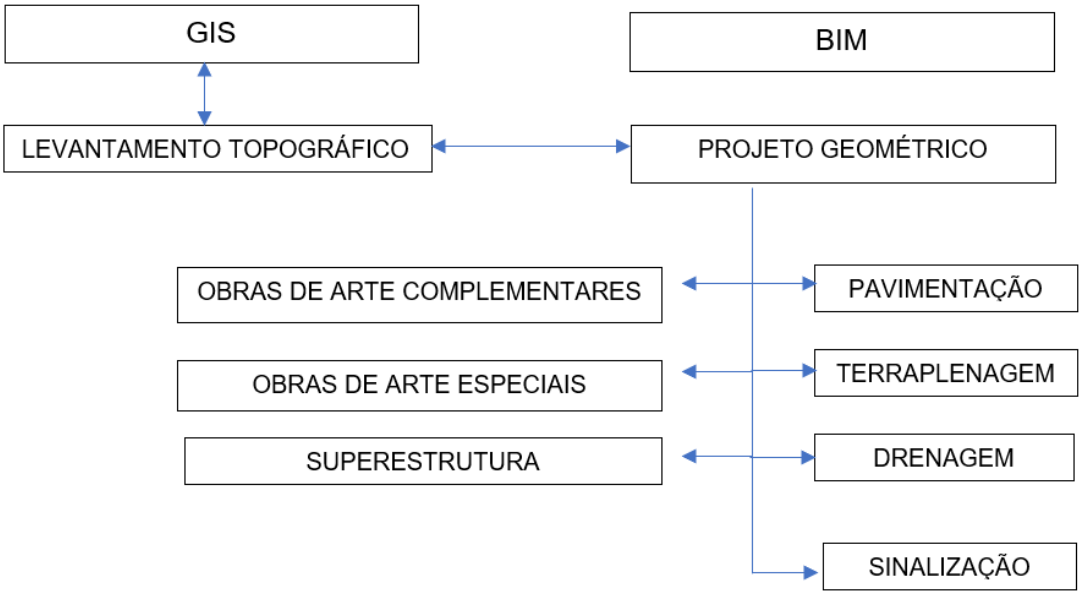


Figura 87 – EAP de Ferrovias na organização SUGAT-SUPRO.

O detalhamento da EAP deve ser seguido de acordo com o Plano de Execução BIM ou com um padrão definido pela Infra S.A. (publicação futura).

6.9 Formatos de arquivos

Os formatos de arquivos são padrões e são utilizados para armazenar informações digitalmente em um arquivo. Cada formato de arquivo é projetado para armazená-las de uma determinada maneira, permitindo que programas e sistemas operacionais possam ler, interpretar e processar esses arquivos corretamente.

O **formato nativo** de um projeto é utilizado pelo *software* BIM específico em que foi criado e editado. Embora o formato nativo de um projeto BIM seja importante para a edição e o trabalho contínuo, ele pode ser limitado quando se trata de compartilhar e colaborar em com outros membros da equipe ou com outros *softwares* BIM. Nesses casos, os arquivos BIM podem ser exportados para formatos mais universais, como o **IFC** (*Industry Foundation Classes)*.

IFC (*Industry Foundation Classes*) é um formato de arquivo neutro e aberto para troca de informações em projetos BIM (*Building Information Modeling*). Ele é

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

projetado para permitir que diferentes *softwares* BIM possam trocar informações entre si, sem perda de dados ou informações relevantes.

O formato IFC é um padrão ISO (*International Organization for Standardization*) que foi desenvolvido para garantir a interoperabilidade e a compatibilidade entre diferentes *softwares* BIM, permitindo que projetos sejam compartilhados entre equipes e organizações usando diferentes plataformas BIM. Ele é capaz de armazenar informações detalhadas sobre o projeto, como a geometria 3D, as propriedades dos elementos, as relações entre os objetos, os dados de construção, entre outros.

O formato **DWG** é um formato de arquivo proprietário criado pela Autodesk, que é amplamente utilizado em projetos CAD (*Computer-Aided Design*) e projetos BIM (*Building Information Modeling*) no *software* AutoCAD. Embora o formato seja proprietário, muitos outros *softwares* de CAD e BIM são capazes de ler e escrever arquivos DWG, favorecendo que ele seja amplamente utilizado na indústria, por ser capaz de armazenar informações detalhadas sobre um projeto, como a geometria 2D e 3D, as propriedades dos objetos, as camadas, entre outros. No entanto, não é um formato nativo para a maioria dos *softwares* BIM, e pode haver perda de informações ou problemas de compatibilidade ao se tentar converter arquivos DWG para formatos BIM nativos.

O formato **PDF** (P*ortable Document Format*) não é de arquivo nativo para projetos BIM. O PDF é um formato de arquivo criado pela Adobe Systems. No entanto, ele é amplamente utilizado para compartilhar informações em projetos de construção e engenharia, incluindo informações derivadas de modelos BIM. Ele é capaz de armazenar informações como texto, imagens, gráficos, tabelas e outros elementos, tornando-o uma opção popular para compartilhar desenhos, especificações, orçamentos e outras informações relevantes em projetos de construção.

O **BCF** (*BIM Collaboration Format)* é um formato de arquivo utilizado para comunicação e colaboração entre diferentes *softwares* e plataformas BIM. O BCF permite a troca de informações sobre problemas, sugestões ou pedidos de mudanças (RFIs) relacionados a um modelo BIM entre diferentes partes interessadas, como arquitetos, engenheiros, empreiteiros e proprietários. O formato BCF é baseado em XML e inclui informações como a identificação do objeto, a localização do problema, sua descrição e contato do autor.

Os formatos de arquivos são subdivididos, como nas pastas, da seguinte forma:

- Docs – Arquivos considerados como documentos (arquivos de texto, planilhas, apresentações etc.).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- DWG – Arquivos de pranchas 2D em formato DWG gerados a partir do modelo nativo 3D.
- Modelo – Arquivos nativos de modelos 3D, como terrenos digitalizados, superfícies trianguladas do terreno, nuvem de pontos, representações topográficas, arquivos IFC e nativos.
- PDF – Arquivos de pranchas dwg espelhados em formato PDF e arquivos provenientes dos documentos.

O formato do arquivo vai depender do *software* de modelagem utilizado, mas deve refletir a classificação apresentada acima.

6.10 Templates

Os *templates* nos modelos BIM são modelos pré-configurados que podem ser utilizados como ponto de partida para a criação de novos modelos em um determinado projeto ou em uma empresa. Esses *templates* podem incluir elementos, informações e configurações padrão que são comuns a muitos projetos, tais como tipos de objetos, camadas, padrões de anotações, entre outros.

Ao criar um novo projeto de modelagem paramétrica, deve-se selecionar o *template* apropriado para o tipo de projeto que será criado como: arquitetônico, estrutural, mecânico, elétrico, entre outros.

No caso de um novo projeto baseado em modelagem de superfície, deve-se definir no *template* as geometrias máximas e mínimas de projeto (curvas, inclinações, escavações, aterro etc.), as camadas de cada objeto, as unidades, a zona geográfica, as curvas, as linhas, as formas de representação dos perfis horizontais e verticais, representações dos estilos, entre outros.

6.10.1 Formatos e carimbos

De acordo com as normativas da antiga VALEC, o projeto básico e executivo deve apresentar o projeto (desenhos) no formato A3 (Figura 88) ou A1 (Figura 89).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

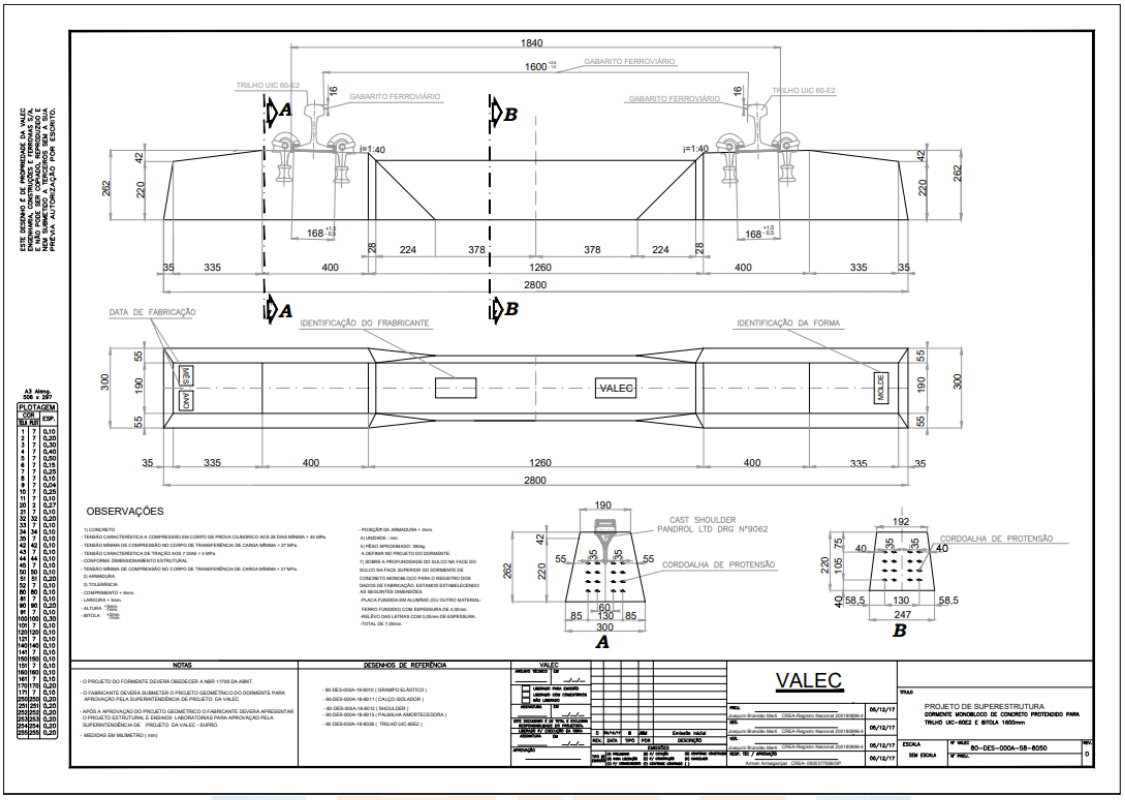


Figura 88 – Exemplo de prancha no formato A3.

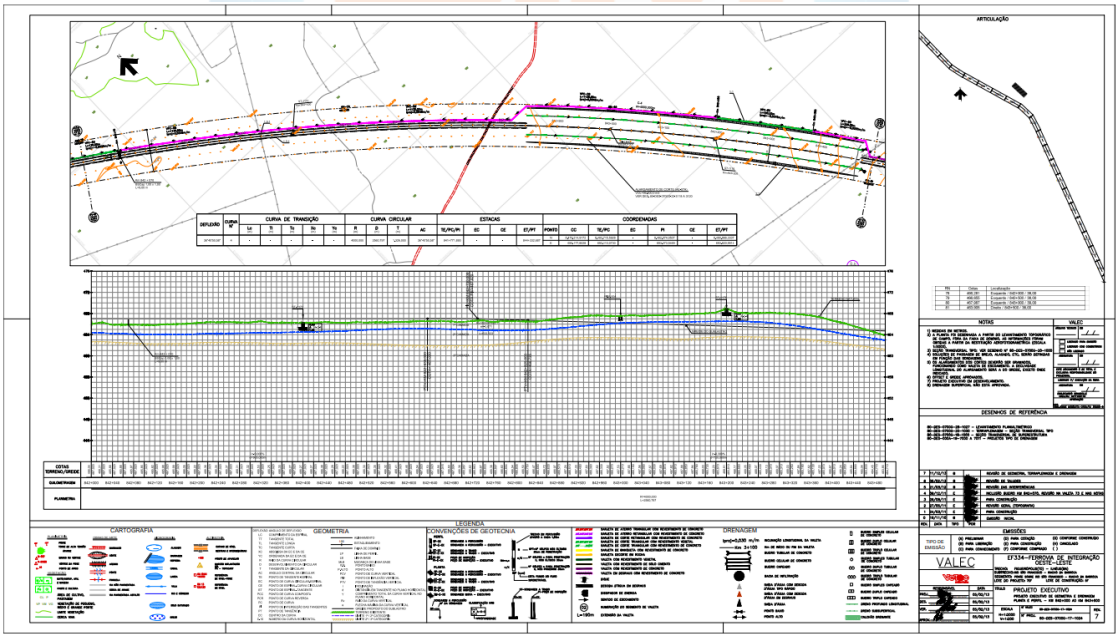


Figura 89 – Exemplo de prancha no formato A1.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

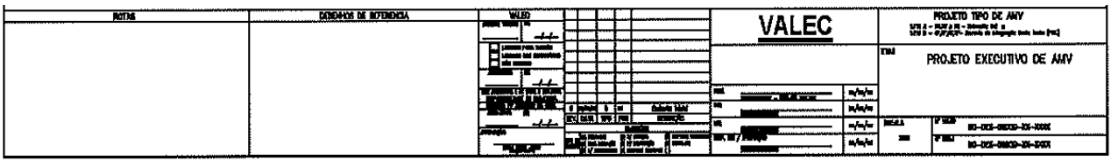


Figura 90 – Exemplo do carimbo no formato A2.

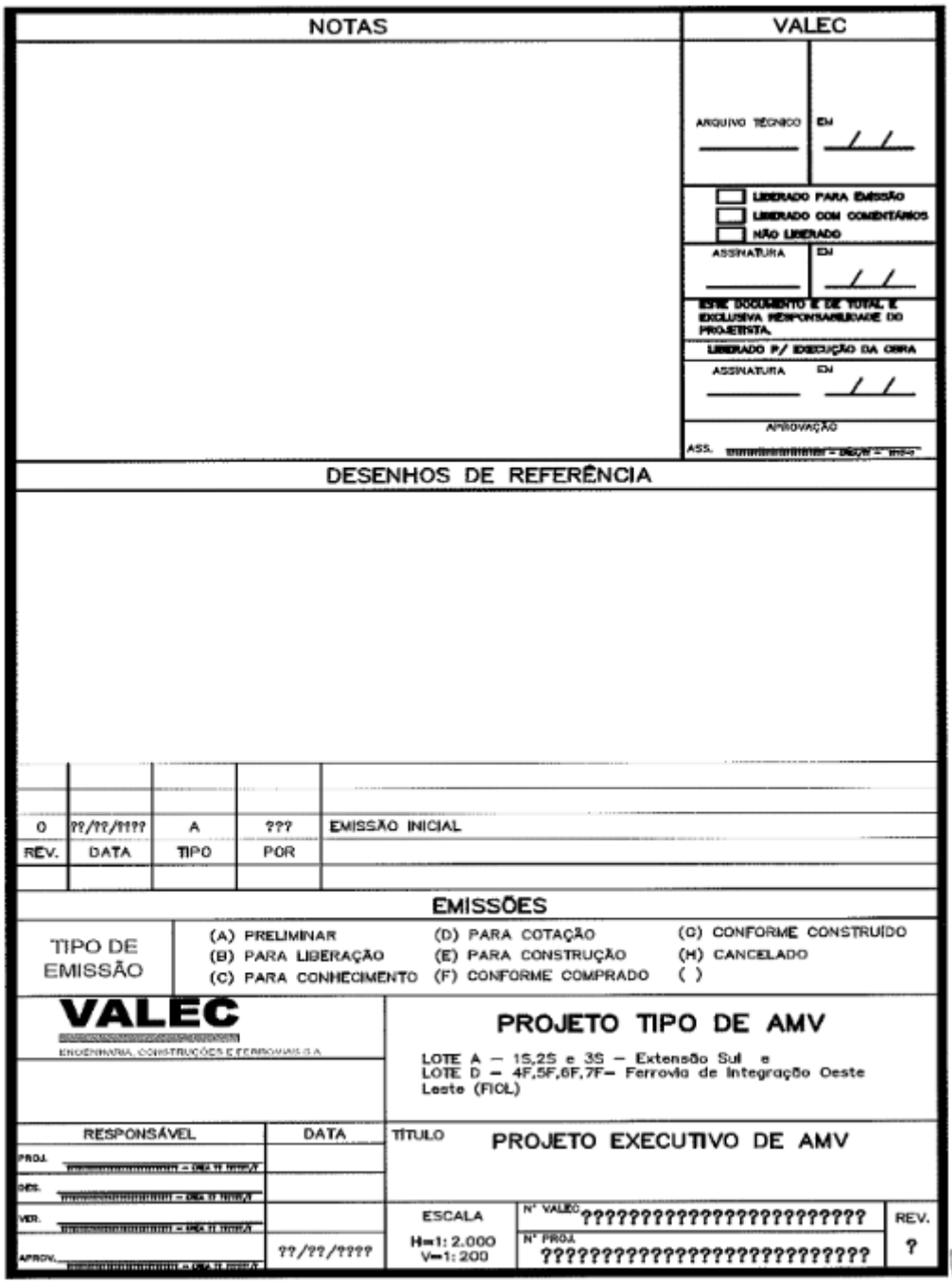


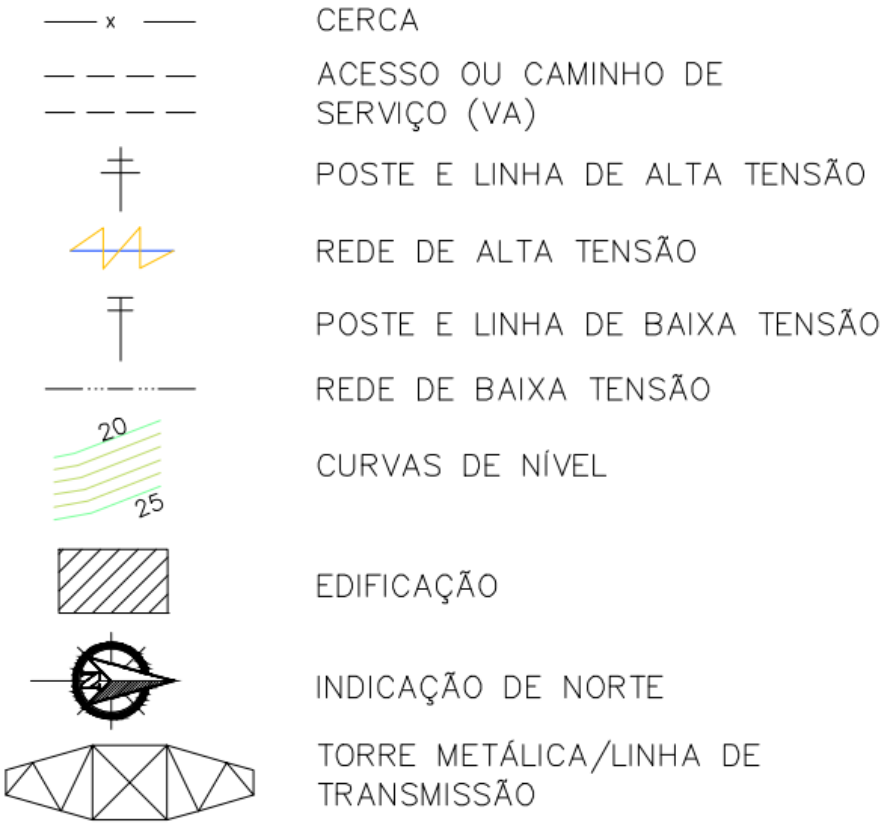
Figura 91 – Exemplo do carimbo no formato A1.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Os carimbos para os formatos A3 e A1 estão retratados nas Figuras 87 e 90.

6.10.2 Simbologias

A seguir são apresentadas algumas simbologias nos projetos ferroviários.



© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

TORRE METÁLICA/LINHA DE TRANSMISSÃO

TORRE METÁLICA/LINHA DE TRANSMISSÃO

PASSAGEM DE VEÍCULOS (PV)
PASSAGEM DE GADO (PG)

VALETA TRAPEZOIDAL (VT)

CANALETA (CAN)

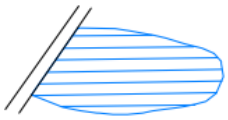
MEIO–FIO (MF)

ÁREA ALAGADA

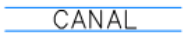
AÇUDE

TALVEGUE

ALAGADO



BARRAGEM /REPRESA



CANAL

LAGOA

VALA

RIO E CÓRREGO

SOLO SATURADO

BREJO

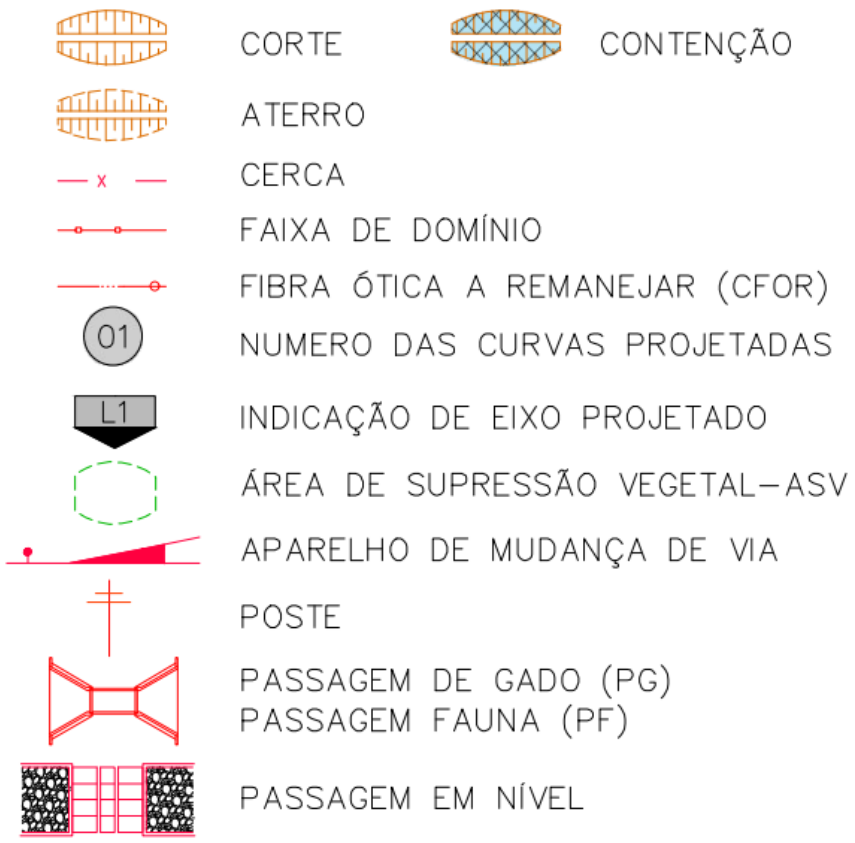
© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

DESCIDA D'ÁGUA
TIPO RÁPIDA (DR)

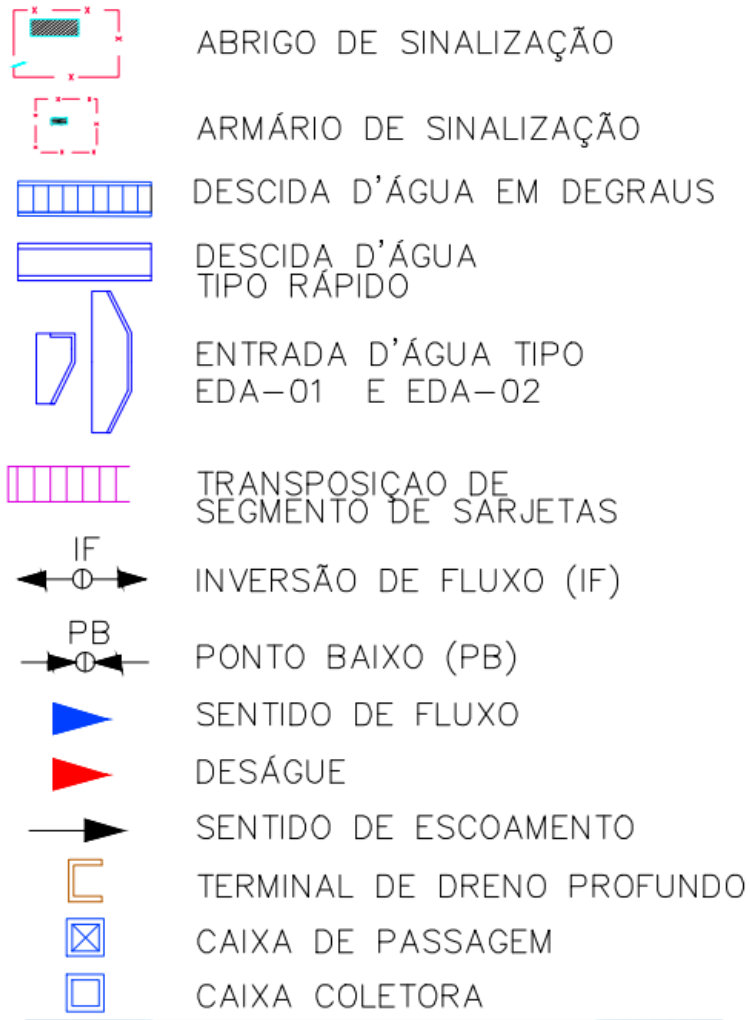
DESCIDA D'ÁGUA
EM DEGRAUS (DD)

TS–ST [PONTO DE TANGÊNCIA DA RETA COM ESPIRAL]
SC–CS [PONTO DE TANGÊNCIA DA CURVA COM A RETA]
PC [PONTO DE TANGÊNCIA COM A CURVA]
PT [PONTO DE TANGÊNCIA DA CURVA COM A RETA]
PP [PONTO DE PARTIDA DO EIXO]
PF [PONTO FINAL DO EIXO]
PERFIL DO TERRENO
EIXO DA FERROVIA PROJETADA
EIXO DA ESTRADA DE SERVIÇO
EIXO EM PERFIL
NÍVEL D'ÁGUA
PERFIL MATERIAL DE 2° CATEGORIA
PERFIL MATERIAL DE 3° CATEGORIA
MATERIAL DE 3° CATEGORIA
INDICAÇÃO DE BORDO

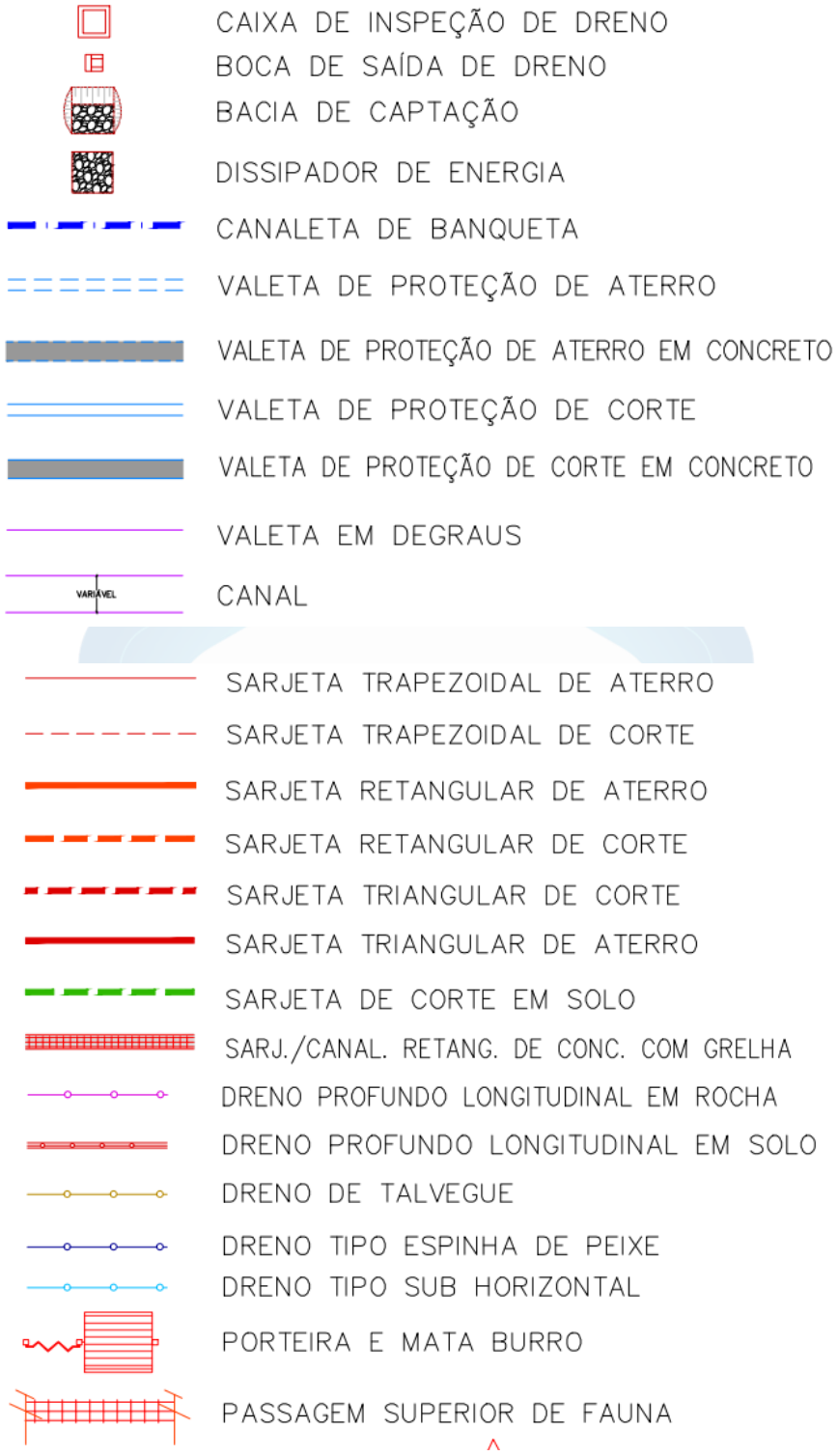
© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados



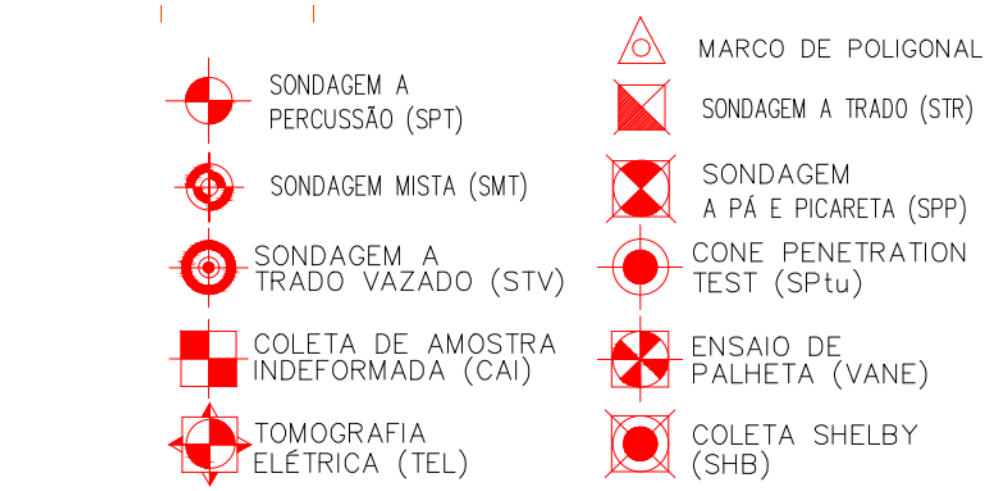
© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

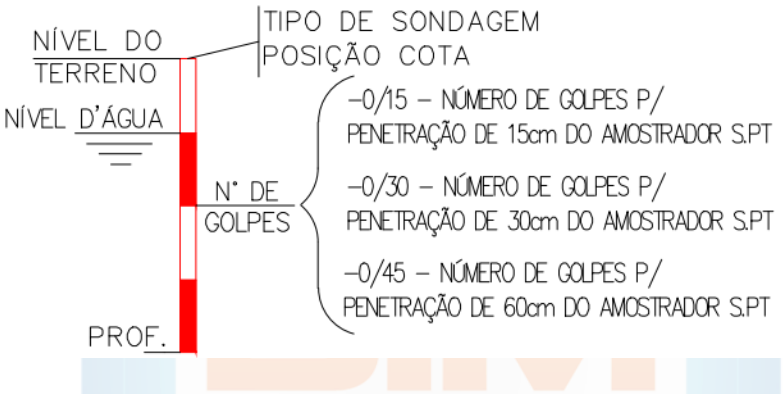


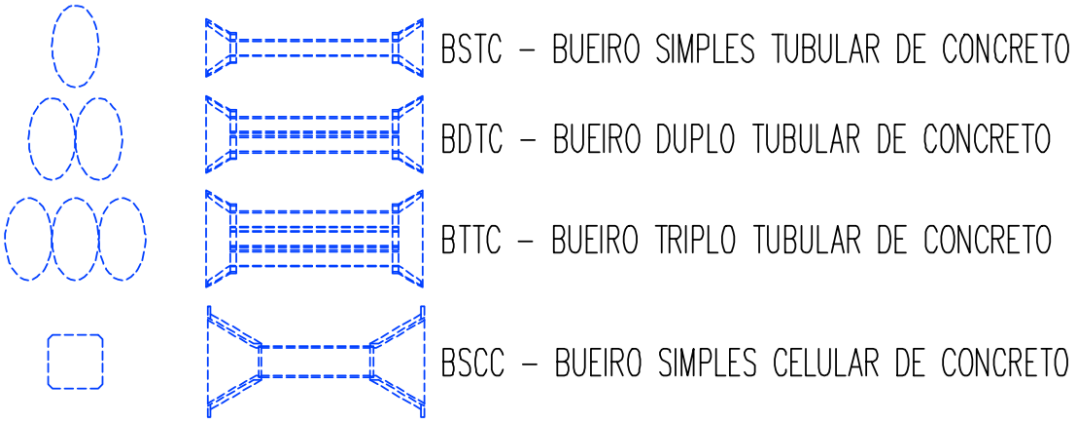
© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados



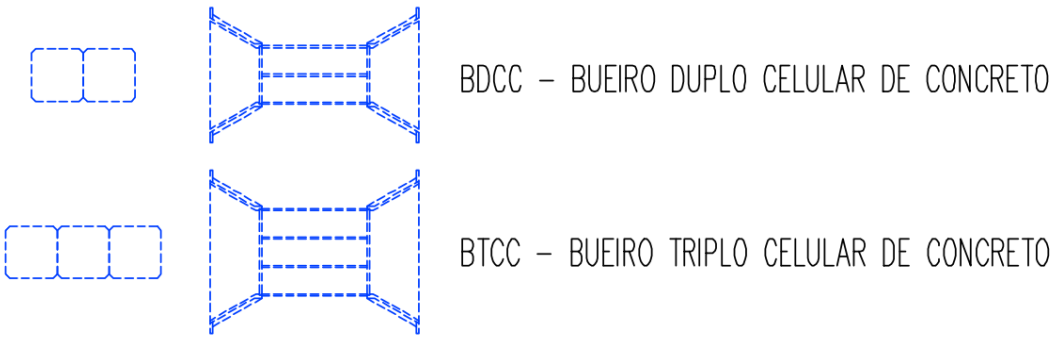
© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados







© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados



6.10.3 Pranchas

A geração de pranchas no programa BIM envolve a criação de documentos técnicos a partir do modelo BIM, que geralmente incluem plantas, cortes, elevações, perspectivas e outros desenhos detalhados. Existem vários processos e ferramentas disponíveis nos programas BIM para ajudar na geração de pranchas, mas, no geral, eles envolvem os seguintes passos:

- Modelagem: antes de criar pranchas, é necessário criar um modelo BIM detalhado e preciso. Isso envolve a inserção de objetos e componentes de construção no modelo, bem como a configuração de parâmetros e informações necessárias para cada objeto.
- Anotações: para criar pranchas, é necessário adicionar anotações, dimensões e textos ao modelo BIM para esclarecer e explicar as informações do projeto. As anotações podem ser adicionadas diretamente ao modelo ou em camadas separadas.
- *Layout*: o *layout* é o processo de organizar as informações do projeto em pranchas, geralmente seguindo padrões de folha e título específicos. Ele pode ser realizado manualmente ou por meio de ferramentas automáticas, dependendo do *software* BIM utilizado.
- Exportação: uma vez que as pranchas foram criadas e organizadas adequadamente, elas podem ser exportadas em vários formatos, como PDF, DWG ou DWF, para compartilhamento com outras partes interessadas no projeto.

As pranchas devem estar vinculadas com o modelo BIM, de forma que qualquer mudança que ocorra no modelo se reflita também nas pranchas. **Não é recomendável fazer a desvinculação** (“explodir”) entre o modelo e as pranchas, pois isso acarreta perda de informação.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

A Figura 88 e Figura 89 exemplificam as pranchas no formato A3 e A1, respectivamente.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

7 DIRETRIZES GERAIS DE MODELAGEM

As diretrizes gerais de modelagem em um projeto BIM de infraestrutura são conjuntas de orientações e padrões estabelecidos para garantir que o modelo BIM seja consistente, preciso e completo. Elas incluem instruções específicas sobre a forma como os elementos devem ser modelados, as informações a serem incluídas no modelo BIM, os padrões de nomenclatura a serem usados, a forma como os dados devem ser estruturados e organizados, entre outros aspectos relevantes para garantir a qualidade do modelo BIM.

7.1 Ponto de referência

Os pontos de referência permitem a localização precisa de elementos e objetos no modelo 3D em relação ao mundo real. Os pontos de referência podem ser definidos por coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) ou por coordenadas locais em relação a um sistema de coordenadas específico. Eles são utilizados para posicionar objetos no modelo 3D em relação ao terreno, facilitando a sua localização e posterior construção.

Considerando apenas as coordenadas locais, os modelos BIM devem seguir o mesmo ponto de referência dentro de seus respectivos *softwares* nativos. O sistema de coordenada a ser adotado é o cartesiano, também conhecido como sistema de coordenadas retangulares. Deve-se utilizar as coordenadas 0,0,0 para os eixos X, Y e Z como referência padrão para todas as disciplinas, estando o projeto contido dentro do primeiro quadrante.

Os modelos BIM também devem ter pontos de referência em coordenadas geográficas referentes à localização espacial do terreno e incluir a orientação do modelo em relação ao norte verdadeiro.

7.2 Georreferenciamento

O GIS do inglês *Geographic Information System*, ou seja, Sistema de Informações Geográficas, em português, é definido pelo INPE[11] como “um sistema capaz de processar dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos), dando ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies”. Em outras palavras, o GIS é um sistema de *hardware, software*, informações espaciais, recursos humanos e procedimentos computacionais que permite e facilita a exploração de dados geográficos.

[11] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Ao fazer uso do GIS, é possível adquirir dados geográficos e realizar o gerenciamento deles por meio de banco de dados (BD). O GIS, é capaz ainda de combinar informações distintas em diferentes camadas ou *layers,* conforme demonstrado na Figura 92 propiciando uma grande quantidade de dados que podem ser utilizados para gerenciar e solucionar problemas urbanos complexos (YOSINO, 2020).

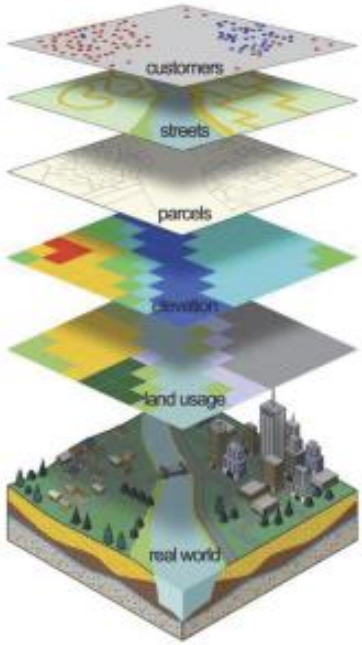


Figura 92 - Informações em camadas no GIS.

Fonte: SÁNCHEZ-LOZANO *et al* (2013).

As plantas 2D devem ter informações georreferenciadas em coordenadas planas retangulares, sistema UTM, SIRGAS 2000, com a informação clara do fuso da localização. A Figura 93 mostra um detalhe de projeto geométrico com a planta e referências geográficas.

Além disso, os modelos 3D e os arquivos das pranchas devem ser referenciados usando informações geográficas de modo que:

- As informações geométricas sejam exportadas para um ambiente GIS em forma de camada. A Figura 94 retrata o projeto geométrico que foi exportado para uma camada com feições de linhas e importado para um ambiente GIS. Para isso, recomenda-se utilizar o *GeoJSON*, que é um formato de intercâmbio de dados geoespaciais padrão aberto que representa feições

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

geográficas simples e seus atributos não espaciais. Ele é baseado em *JavaScript Object Notation* (JSON);

- As pranchas sejam mapeadas e localizadas em um ambiente GIS. Por exemplo, a Figura 94 tem um ponto à esquerda em roxo que referência um arquivo com informações básicas sobre a localização geográfica e um *link* que abre o arquivo PDF (à esquerda), como retratado na Figura 95.

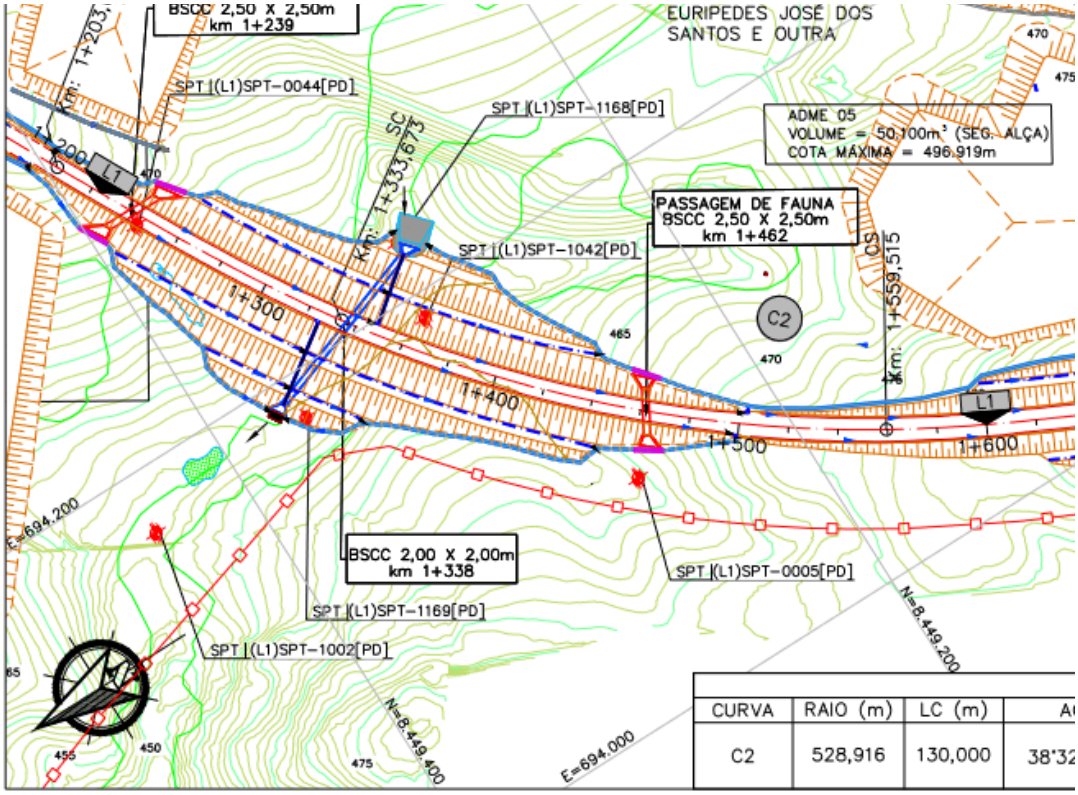


Figura 93 – Detalhe de projeto geométrico com a planta e com referências geográficas.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

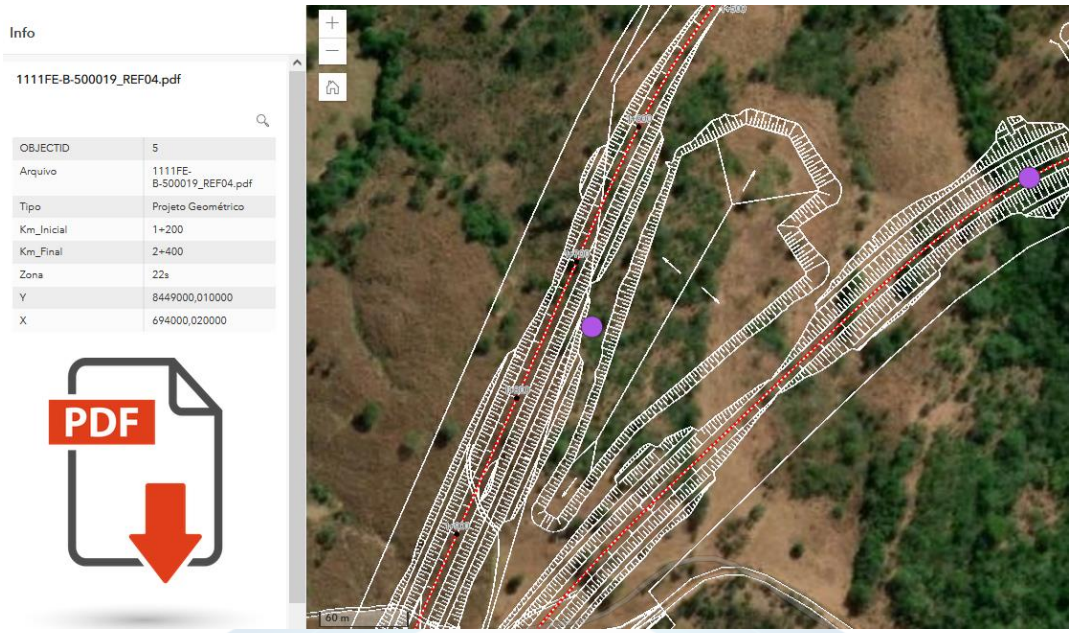


Figura 94 – Projeto geométrico exportado para um ambiente GIS.

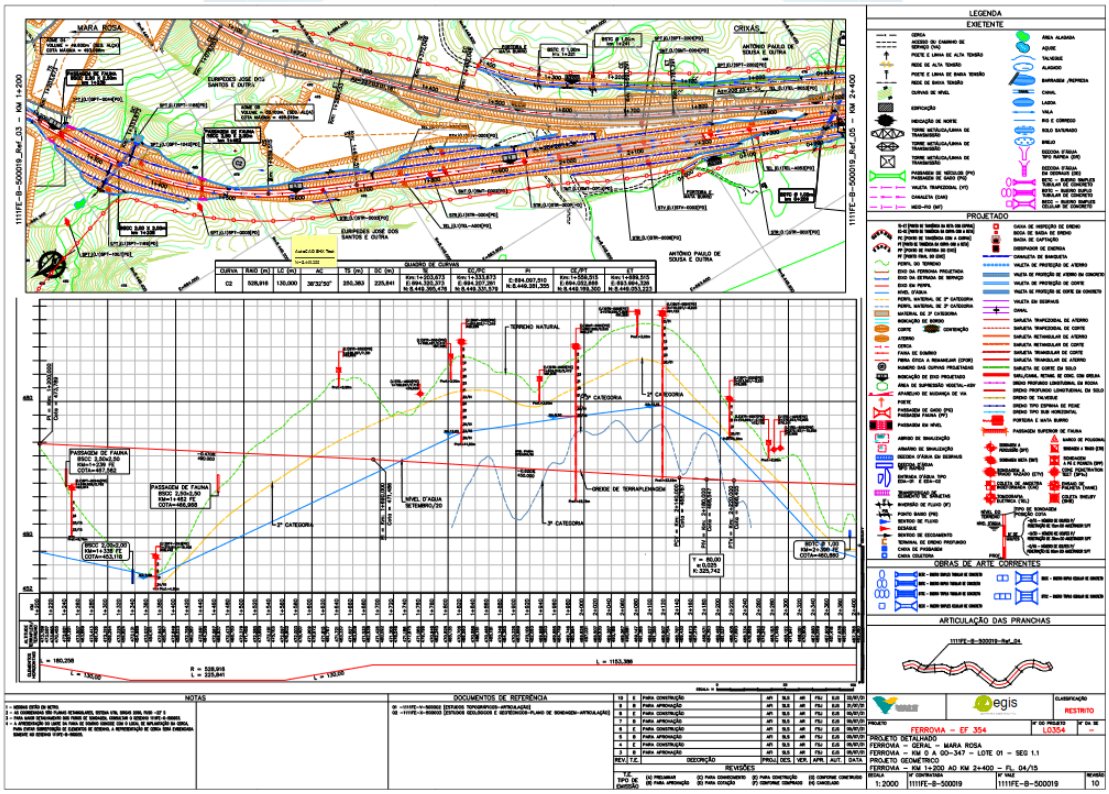


Figura 95 – Prancha do projeto geométrico referenciado no sistema GIS.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

7.3 Elementos paramétricos BIM

Os elementos paramétricos BIM são objetos 3D inteligentes usados em um modelo BIM que possuem características definidas por parâmetros, o que permite maior flexibilidade e eficiência na modelagem e na alteração do projeto. Esses elementos são criados a partir de uma geometria base e de um conjunto de parâmetros que definem suas dimensões, propriedades e comportamentos. Os parâmetros podem ser ajustados de forma dinâmica, o que permite a criação de diferentes variações do mesmo objeto e a aplicação de mudanças em todo o modelo.

Os elementos paramétricos BIM possuem informações adicionais, como materiais, propriedades térmicas, acústicas e outras características que são armazenadas em uma biblioteca de objetos paramétricos. Ela permite a criação rápida de objetos padronizados, economizando tempo e esforço na criação de modelos complexos.

Cada *software* tem seu próprio modo de realizar a modelagem de elementos paramétricos, mas, em termos gerais, é recomendada a modelagem baseada no fluxo apresentado na Figura 96 para as seguintes atividades:

- Identificação do uso dos modelos. Em geral, um projeto tem como usos principais a representação gráfica da obra, a extração de quantitativos, orçamento e planejamento da construção. A identificação do uso permite que somente as informações necessárias sejam modeladas, evitando a sub ou super modelagem dos elementos paramétricos.
- Requisitos de informações específicas. Essa atividade permite identificar os requisitos necessários de informações que os elementos paramétricos devem ter. Para isso, devem ser consultadas as bases de dados de orçamento, como SINAPI e SICRO. Além disso, as informações devem estar alinhadas com a EAP padrão definida para o projeto.
- Planejamento da produção da informação. Nessa atividade são definidos os parâmetros de modelagem conforme os requisitos da atividade anterior, os procedimentos de modelagem, os elementos paramétricos, o alinhamento entre a geometria e as informações não gráficas. Se possível, são gerados algoritmos para agilizar a produção dos elementos. Uma planilha chamada de “planejamento de elementos paramétricos” é recomendada aqui para uso a fim de que os profissionais de modelagem possam consultá-la antes da modelagem.
- Produção da informação. Envolve a produção dos elementos paramétricos em *software* específico conforme planejado anteriormente. Esses elementos paramétricos devem ser testados conforme recomendação da ISO 19650-2; fluxo de mobilização (Figura 68).

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

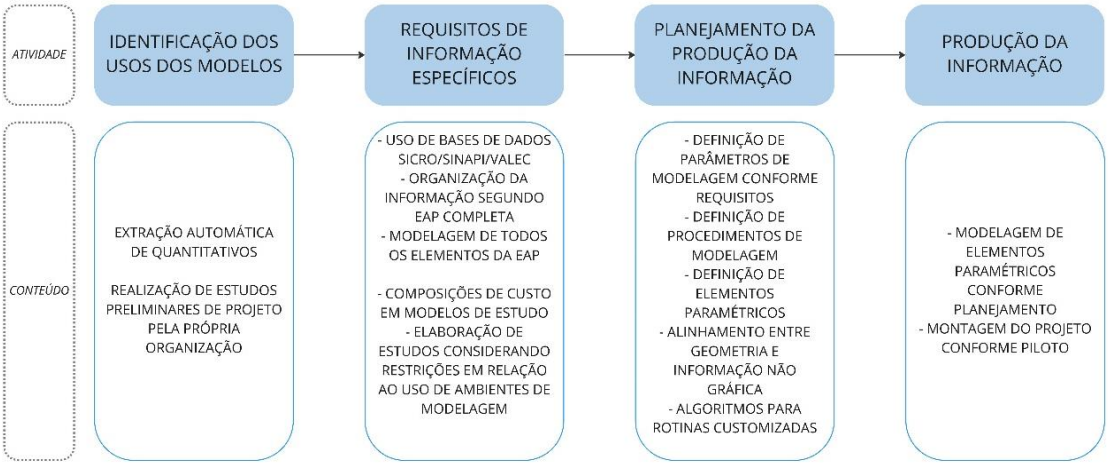


Figura 96 - Fluxo recomendado para modelagem dos elementos paramétricos.

O planejamento dos modelos paramétricos em BIM é importante para carregar informações necessárias de geometria e parâmetros a todas as equipes envolvidas no projeto, pois, se uma informação não foi considerada nesse planejamento, o processo volta ao estágio inicial de planejamento para que seja incluída a informação, acarretando na remodelagem e desperdício de tempo.

7.4 Extração de quantitativos e orçamento

A extração de quantitativos em projetos BIM é o processo de obter informações precisas e detalhadas sobre a quantidade de materiais, componentes e recursos necessários para construir ou executar um projeto de construção. A princípio, consiste em utilizar *software* BIM para analisar o modelo virtual da edificação em três dimensões e extrair automaticamente as informações relacionadas às quantidades de cada item necessário para a construção. Entretanto, em projetos ferroviários, alguns elementos não são modelados, necessitando assim utilizar-se outros recursos que são considerados de extração manual.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

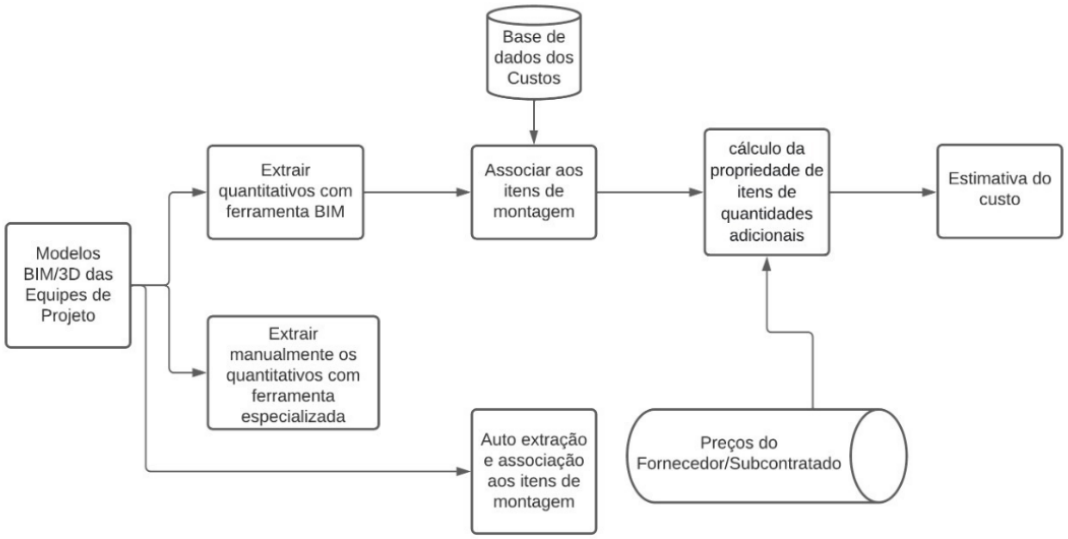


Figura 97 - Fluxo de trabalho proposto para geração de quantitativos que leva à estimativa de custo adequada.
Fonte: Adaptado de TTIA, 2020

A Figura 97 mostra a proposta de um fluxo de trabalho adaptado de TTIA (2020) para geração de quantitativos que pode levar a uma estimativa de custos adequada. Observe-se que os modelos BIM (baseados em elementos paramétricos ou aqueles baseados em superfície) são a fonte inicial da informação. Portanto, é essencial que a modelagem paramétrica seja realizada adequadamente, como mostra a Figura 96.

As ferramentas BIM mencionadas na Figura 97 são *softwares* e/ou *plugins* (*software* que adiciona uma funcionalidade específica a um programa maior) especializados na extração de quantitativos e são chamados de *software* de orçamento. Alguns fazem a extração da informação do modelo nativo ou do arquivo IFC, outros usam tabelas extraídas do *software* nativo, e outros trabalham com as duas abordagens.

O ideal é que todo o empreendimento seja modelo para extração de quantitativos, mas isso não é economicamente viável no caso de projetos ferroviários. Por exemplo, numa superestrutura ferroviária que se repete por quilômetros, as informações de quantitativos de trilho, dormentes, lastro e sublastro são facilmente calculadas a partir da seleção de um quilômetro de toda a via apenas. Também não é necessário modelar os cortes e aterros em forma de blocos 3D, pois os *softwares* de modelagem trabalham com superfícies e identificam onde ocorrem os cortes e os aterros. Alguns itens não precisam também ser modelados, como os AMVs, pois,

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

como eles são padronizados, seu custo pode ser associado à quantidade que ocorre no esquema regular de qualquer ferrovia.

No caso de corte e aterro, só é possível realizar o orçamento depois da realização do projeto de transporte dos materiais e do planejamento da construção.

Os quantitativos inicialmente não estão associados às bases de custos e à forma de construção. Essa associação deve ser realizada pelos profissionais envolvidos no projeto BIM. Por exemplo, um dormente pode ser assentado por equipamentos automatizados ou de forma manual, deixando assim o projetista fazer o planejamento da construção no momento que realiza a orçamentação também.

Para agilizar o processo de extração de quantitativos e associar as bases de custos, em alguns casos, o projetista deve configurar o *software* de orçamento com *templates*. Uma vez configurado o *template*, a obtenção da informação fica mais automatizada.

Finalmente, voltando à Figura 97, a estimativa de custos pode ser obtida quando as bases de dados, os preços dos fornecedores/contratados, formas de construção, custos de transporte e etc. são interligados no *software* de orçamento.

Cada empresa tem suas próprias ferramentas de orçamento. Entretanto, ele deve ser construído de modo que a informação seja rastreada no momento da construção e/ou no processo de auditorias.

As principais bases nacionais para orçamentação disponíveis são:

- BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES — DNIT. Sistemas de Custos. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos;
- BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES — DNIT. Diretoria Executiva. Coordenação-Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes. Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes. 1ª Edição — Brasília, 2017. Volume 01: Metodologia e Conceitos. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/sicro/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes/volume01metodologiaeconceitos.rar;
- Sistema de Custos Referenciais Ferroviários (SICFER), criado pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT);

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Brasil, Agência Nacional de Transportes Terrestres. Manual de Custos Referenciais Ferroviários. 2ª Edição - Brasília, 2021. V. 1: Metodologia e Conceitos. Disponível em: https://portal.antt.gov.br/documents/359178/0/SICFER+-+Volume+1+-+Metodologia+e+Conceitos+%281%29.pdf/0c02d06d-d70f-8ba9-2fd8-3427c699f311?t=1637344753777.

7.5 Modelo digital do terreno

O Modelo Digital do Terreno (MDT) é uma representação tridimensional do terreno natural que pode ser criada a partir de dados coletados por meio de tecnologias como:

- Levantamentos topográficos: são realizados por meio de equipamentos como Estações Totais, GNSS, Drones, LIDAR, entre outros, que capturam dados precisos do terreno e geram nuvens de pontos.
- Imagens de satélite: são utilizadas para a obtenção de MDTs em grandes áreas, como regiões inteiras ou bacias hidrográficas. Essas imagens são processadas por softwares que utilizam algoritmos para reconstruir a topografia do terreno.
- Laser *scanning*: é uma tecnologia que utiliza um laser para medir distâncias e gerar nuvens de pontos em alta resolução. É bastante utilizado em projetos que exigem alto nível de detalhamento.

Os seguintes passos são sugeridos para tratamento de ponto para geração do MDT:

- Importação dos dados brutos de nuvem de pontos obtidos em campo. Os dados brutos geralmente apresentam-se no formato de arquivo FBK, LandXML ou TXT;
- Filtragem (retirada de vegetações, pontos considerados como lixo, pontos demasiados em superfícies praticamente planas etc.) e processamento dos dados brutos para uma nuvem de pontos adequada para o projeto (formatos TXT, PNT ou CSV);
- Geração de superfície com um conjunto de poligonais (triangulação dos pontos);
- Aplicação dos templates para geração de dados para execução de procedimentos topográficos e hidrológicos.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

7.6 LOD/ND para infraestrutura

O LOD (*Level of Development*) representa o nível de desenvolvimento (ND) de cada elemento que constitui o modelo BIM. Cardoso (2020) traz definições básicas de nível de desenvolvimento para projetos de infraestrutura viária:

- LOD 100: o traçado preliminar do projeto viário é representado por objetos polilinhas 2D, com a indicação das estacas, além das informações de pontos notáveis e demais características dos elementos geométricos horizontais. Esse ND pode ser utilizado nas etapas de concepção, estudos iniciais, análises de viabilidades e planejamento.
- LOD 200: o modelo viário pode ser representado por uma superfície constituída de geometrias simples com dimensões, áreas, localização e quantidades aproximadas. Esse ND pode ser aplicado em etapas de planejamento, projetos funcional e básico.
- LOD 300: o modelo do projeto viário é representado por modelo de corredor construído com dimensões, formas, quantidades e localização que refletem as condições reais para sua construção, e deverá englobar a interação com as demais disciplinas envolvidas no processo. O LOD 300 pode ser utilizado na etapa de desenvolvimento do projeto executivo
- LOD 400: o modelo é representado por modelos sólidos segmentados para permitir a quantificação precisa e obedecer às suas etapas construtivas. Eles podem ser extraídos dos modelos mencionados no LOD anterior. O LOD 400 pode ser utilizado nas etapas de fabricação ou montagem, viabilizando a sua construção.

Mais importante que o LOD é a especificação precisa do uso da informação de forma que ela não seja sub ou super modelada. No caso de sub modelagem, ocorre perda de informação.

7.7 Movimentação de terra

A movimentação de terra deve ser modelada digitalmente utilizando *software* de modelagem BIM, o que permite uma análise mais precisa e detalhada do processo de movimentação de terra. O modelo BIM pode incluir informações sobre a quantidade e tipo de materiais a serem movidos, as distâncias a serem percorridas, as condições do solo e do terreno, entre outros fatores que afetam a movimentação.

O modelo digital de movimentação de terra tem de respeitar as diretrizes apresentadas pela Infra S.A., principalmente as seções de corte e aterro, como

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

apresentados: Figura 98 – Seção tipo de aterro.; Figura 99 – Seção tipo de corte misto solo/rocha. e Figura 100 – Seção tipo de corte em solo.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

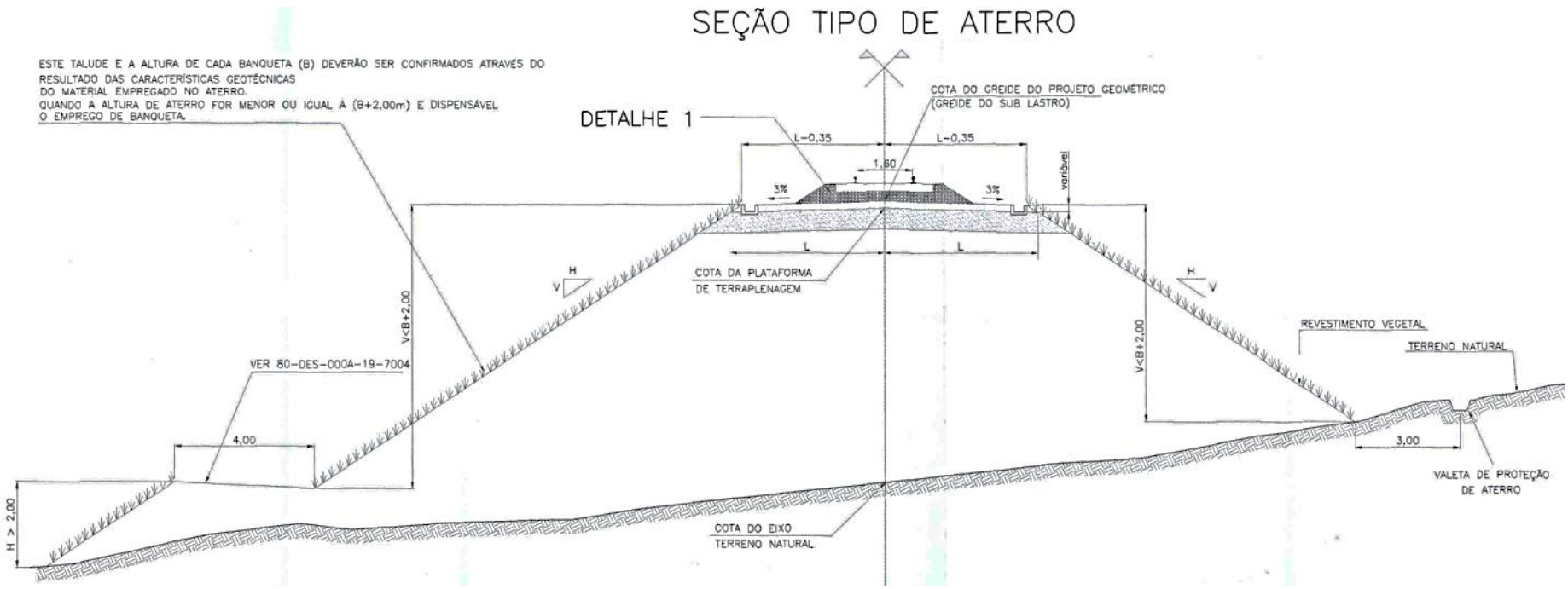


Figura 98 – Seção tipo de aterro.

Fonte: Infra S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

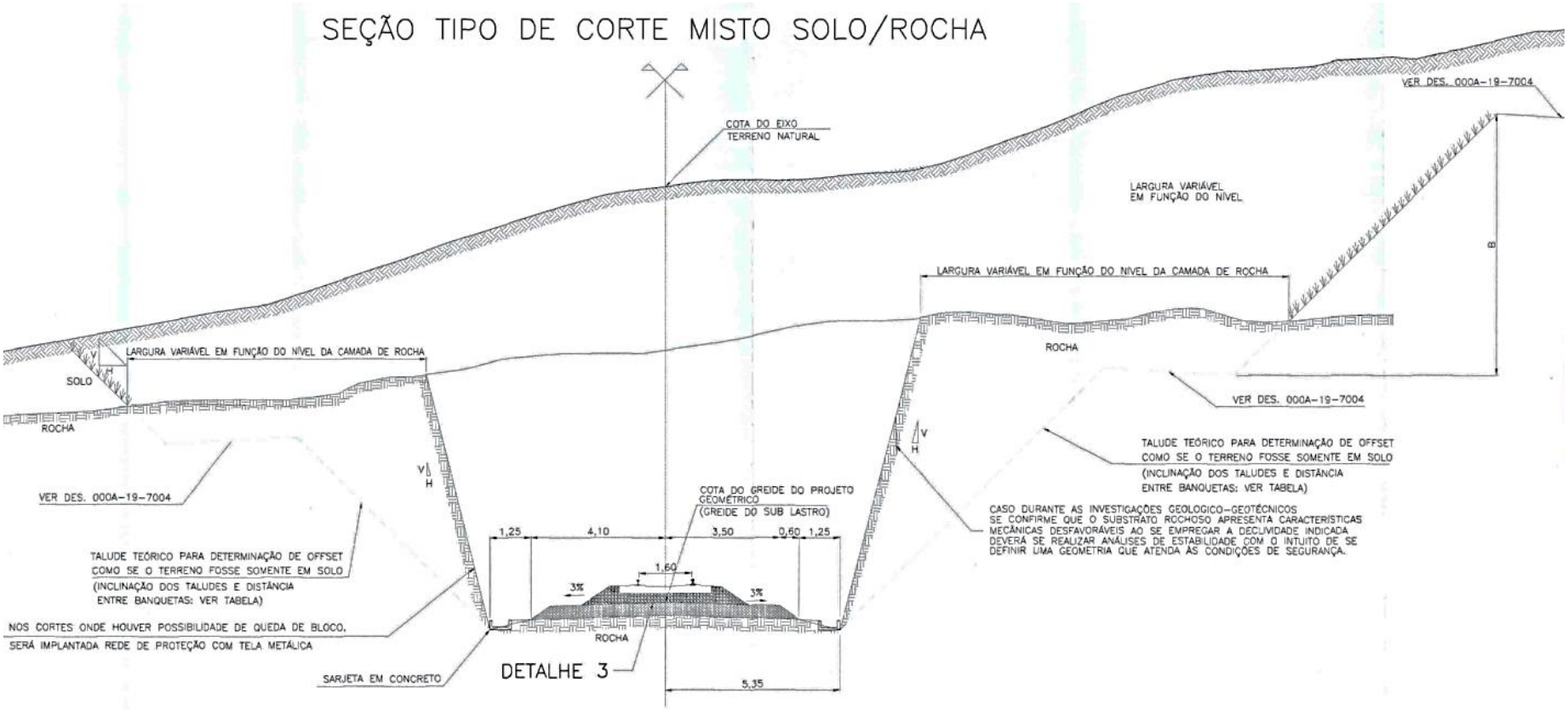


Figura 99 – Seção tipo de corte misto solo/rocha.

Fonte: Infra S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

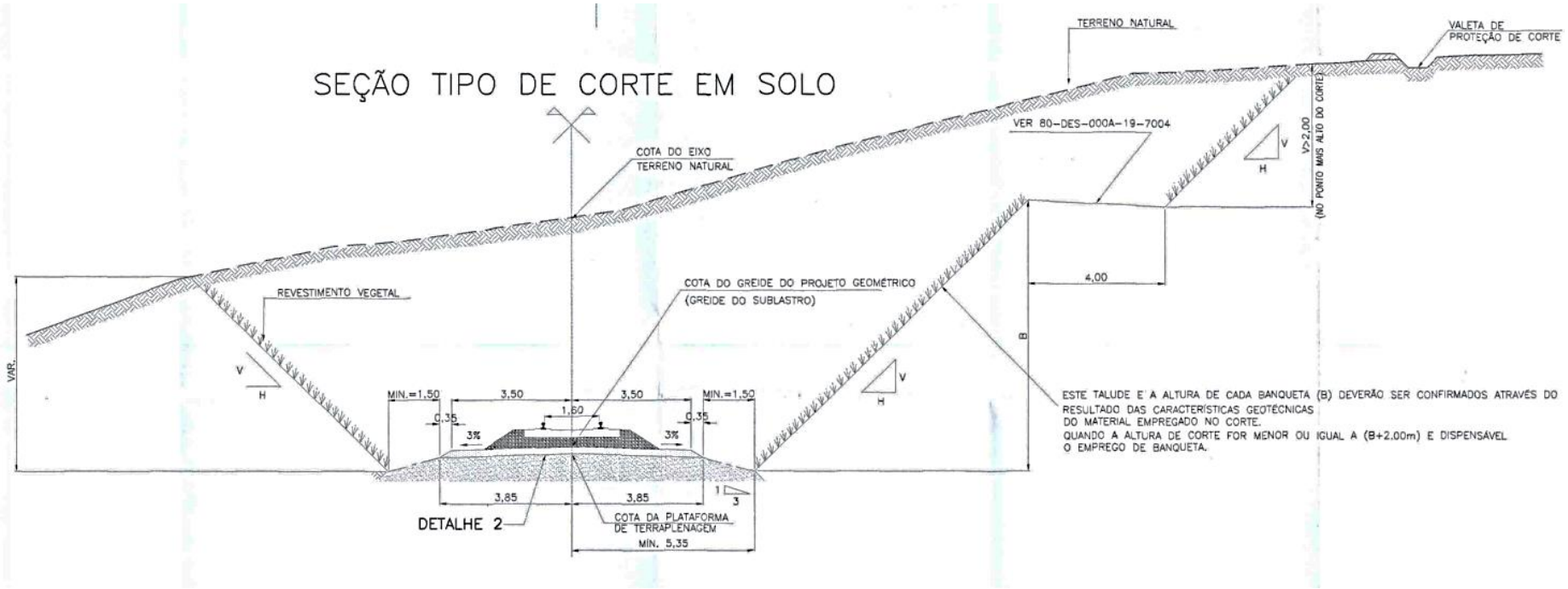


Figura 100 – Seção tipo de corte em solo.

Fonte: Infra S.A.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

7.8 Drenagem e obras de artes correntes

A modelagem BIM deve seguir os padrões de drenagem e obras de arte correntes disponíveis em CAD no site da INFRA S.A.

No orçamento, deve ser levando em conta os materiais comuns empregados para considerar as distancias dos locais de aquisição/extração até o canteiro e deste para a localização das estacas de implantação.

7.9 Obra de arte especial

A modelagem deve seguir como qualquer modelo BIM com elementos paramétricos que levam em conta o uso do modelo.

No orçamento, deve ser levando em conta os materiais comuns empregados para considerar as distancias dos locais de aquisição/extração até o canteiro e deste para a localização das estacas de implantação.

7.10 Sinalização e segurança

A modelagem deve seguir os desenhos de sinalização e segurança disponíveis em CAD no site da INFRA S.A.

No orçamento, deve ser levando em conta os materiais comuns empregados para considerar as distancias dos locais de aquisição/extração até o canteiro e deste para a localização das estacas de implantação.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

8 ENTREGAS DE INFORMAÇÕES DO MODELO

A entrega de informações do modelo está representada na Figura 101, segundo a norma ISO 19650-2. O fluxo começa no marco de informações do modelo. O subcontratado as entrega ao contratado, que as revisa e as autoriza e, então, elas voltam para o subcontratado, que as envia para o contratante. Se a informação não estiver de acordo com o especificado, o projeto volta para item 5.6.1 (Figura 72) para inclusão da informação com produção colaborativa.

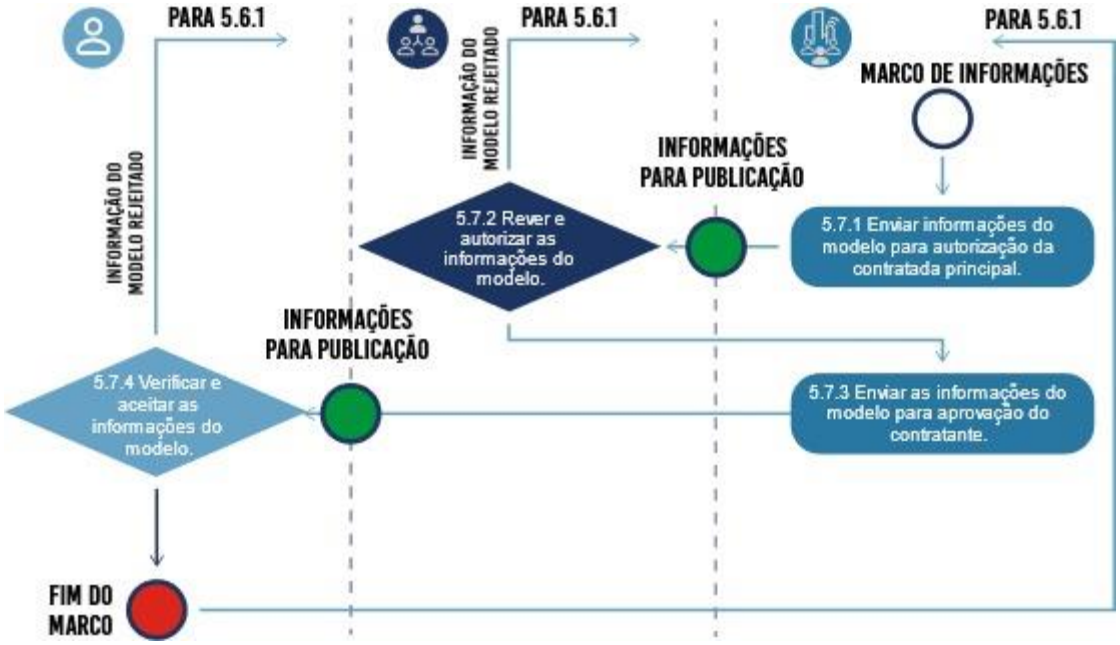


Figura 101 – Fluxo das entregas de informações do modelo do projeto segundo a norma ISO 19650-2.

Essa seção divide as entregas entre entregas tradicionais, advindas das normativas da Infra S.A, e aquelas adicionais, que são advindas dos projetos BIM.

8.1 Entregas tradicionais

8.1.1 Projeto Básico

De acordo com as normativas da antiga VALEC, o projeto básico deve apresentar os seguintes volumes em formatos:

1) Relatório de projeto, formato A4;
2) Projeto (desenhos), formato A1 ou A3;
3) Esquema Construtivo, formato A4;
4) Relatório do orçamento básico, formato A4;
5) Anexos, formato A4;
6) Relatório de OAE, formato A4.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Volume 1

O **volume 1**, relatório de projetos, deve constar, obrigatoriamente, os seguintes itens:

a) Texto descritivo;
b) Memória de cálculo e desenhos (exceto os desenhos em formato A1);
c) Relato das soluções adotadas para o bom entendimento dos trabalhos desenvolvidos e o fornecimento das informações necessárias à licitação das obras; e
d) Anexos impressos em volume independente.

O conteúdo a ser apresentado no volume 1 deve conter:

a) Capa;
b) Sumário contendo a listagem dos capítulos e a indicação da página inicial de cada um;
c) Apresentação contendo o objeto do projeto, a relação dos volumes anexos e os arquivos eletrônicos que compõem o relatório do projeto, com os seguintes itens: Identificação da Empresa; Identificação do Projeto; Identificação da Ferrovia (trecho, subtrecho); Lote de Construção; Extensão; e Dados contratuais (número do Contrato, data da assinatura).
d) Mapa de localização com indicação da futura obra;
e) Memória descritiva dos estudos realizados, dos parâmetros e premissas tomados por base das alternativas analisadas, dos resultados obtidos, das justificativas para escolha das soluções propostas e dos serviços e obras a serem realizados;
f) Memória de Cálculo com os procedimentos metodológicos empregados e os cálculos estruturais realizados;
g) Listagem das quantidades de serviços com os quantitativos dos serviços que serão executados;
h) Especificações Técnicas de serviços particulares ou complementares às normas a serem adotadas na execução dos serviços em todos os itens, especialmente as voltadas à utilização de novos materiais e ao emprego de procedimentos executivos modernizados. Para este item, deve ser apresentada uma declaração de que os quantitativos foram verificados pelo projetista e que este assume total responsabilidade pelas informações apresentadas.

Volume 2

Para o **Volume 2**, desenhos, são especificados os seguintes itens (observando a especificação da Valec, revisão vigente):

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Os desenhos serão elaborados nos padrões A1 nas escalas convenientes, compatíveis com o detalhamento de cada desenho e com carimbo padrão.
- Cada obra deverá ter o seu próprio conjunto de pranchas, incluídas em seu relatório específico, mesmo que determinada peça seja utilizada em diferentes obras.
- Apresentação de quadro de resumo de quantidades individuais de todo projeto.

A entrega dos desenhos do Volume 2, especificado na normativa, inclui a conservação em caixas arquivo (box) de plástico, com etiqueta de identificação na parte externa. Entretanto, esse tipo de entrega deve ficar em desuso, pois as entregas, em geral, devem ser aplicadas no ambiente comum de dados de forma colaborativa.

O Projeto Geométrico especifica os seguintes itens (observando a especificação da antiga Valec ou revisão vigente):

- Apresentação na escala 1:2.000 sobre base topográfica da restituição aerofotogramétrica;
- Apresentação do perfil longitudinal nas escalas 1:2.000 (horizontal) e 1:200 (vertical) e as seções transversais típicas em escalas 1:100 ou 1:200;
- Adotar as características geométricas mínimas, em planta e perfil, fixados de acordo com as características técnicas e geométricas referentes ao trecho ferroviário que é objeto do projeto;
- As plantas serão apresentadas conforme especificação de projeto geométrico da Valec, revisão vigente e termo de referência.

O Projeto Terraplenagem especifica os seguintes itens (observando a especificação da Valec, revisão vigente):

- O projeto será elaborado com base no Projeto Geométrico Básico, Estudos Hidrológicos Preliminares, mapeamento geológico preliminar, apoiado em elementos plano-altimétricos na escala 1:2.000;
- O projeto de terraplenagem será elaborado conforme especificação de projeto de Terraplenagem da Valec, revisão vigente e termo de referência.

O Projeto de Drenagem e Obras-de-Arte Correntes especifica os seguintes itens (observando a especificação da Valec, revisão vigente):

- Apresentação nas plantas do projeto Geométrico seguindo a especificação de projeto de drenagem e obras-de-arte correntes da Valec, revisão vigente e o Manual de Drenagem do DNIT (IPR-724), no que couber ao modal ferroviário;
- Detalhes construtivos não contemplados nos Projetos-tipo da Valec, quando necessários, serão apresentados em desenhos no formato A1.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

O Projeto de Remanejamento de Interferências especifica os seguintes itens (observando a especificação da Valec, revisão vigente):

- O Projeto Básico será apresentado conforme a especificação de projeto de Remanejamento de interferências da Valec, revisão vigente;
- Na elaboração do projeto, considerar as especificações da Valec, das concessionárias e dos órgãos públicos responsáveis pelos sistemas interceptados utilizados para o desenvolvimento de cada solução.

O Projeto de Obras Complementares, não se limitando a estas, consiste nos seguintes itens (observando a especificação da Valec, revisão vigente):

- Cercas;
- Porteiras;
- Mata-burros;
- Passagem de nível simples; e
- Proteção de taludes.

O Projeto de Superestrutura da Via Permanente será apresentado conforme a especificação de projeto de superestrutura da Valec, revisão vigente.

O Projeto de Pátios deverão ser apresentados com os seguintes detalhamentos para os Pátios (observando a especificação de pátios da Valec, revisão vigente):

- Arranjo Geral do Pátio na escala 1:5000;
- Etapa inicial de implantação na escala 1:25000;
- Projeto de Interseções (planta, perfis e seções) na escala 1:1000;
- Projeto de Drenagem em planta na escala 1:1000; e
- Detalhes do Sistema de Drenagem.

O Acesso ao Pátio e Interseção, ainda do Projeto de Pátios, deverão ser apresentados com os seguintes detalhamentos (observando a especificação de pátios da Valec, revisão vigente):

- Planta do Projeto Geométrico: escala 1:1000;
- Seções Transversais: escala 1:200 ou 1:100;
- Perfis com Greides dos ramos e acesso: escala 1:1000 e 1:100;
- Plantas do Sistema de Drenagem: escala 1:1000; e
- Plantas de Sinalização.

No Projeto de Pátios serão apresentados os seguintes itens mínimos:

- Estudos;
- Projeto Operacional;
- Projeto do Pátio, Acesso Rodoviário e Interseções;

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- Projeto de Superestrutura da Via;
- Edificações;
- Obras Complementares; e
- Planilhas de Quantidades.

O Projeto de Desapropriação se restringirá à avaliação das áreas a serem desapropriadas e a estimativa de seus custos, que são baseados no Projeto Geométrico. Ele deverá seguir as orientações de apresentação de Norma Geral de Desapropriação, revisão vigente.

Volume 3

O Volume 3 especifica o Esquema Construtivo, composto com os seguintes itens:

- Plano de Execução de Obra;
- Anotações de Responsabilidade Técnica ART'S;
- Canteiro de Obras;
- Componente Ambiental do Projeto;
- Especificações;
- Planilha de Quantidades;
- Quadro Resumo das Distâncias de Transporte;

O Plano de Execução de Obra contempla os elementos que fundamentam a viabilidade de execução da obra no prazo estipulado e que associam a realização das suas atividades ao cumprimento de seus pré-requisitos, estudos estes contendo o gráfico de Gantt, ABC de insumos, histograma de mão de obra e caminho crítico. O plano deve apontar as fases de execução da obra com descrição de cada etapa.

As Anotações de Responsabilidade Técnica ART'S deve apresentar as cópias dos Atestados de Responsabilidade Técnica dos profissionais responsáveis pela elaboração de cada um dos itens constituintes do Projeto Executivo, emitidos pelo CREA.

O Canteiro de Obras deve ser identificado quanto à localização prevista para sua implantação.

O Componente Ambiental do Projeto consiste na Elaboração do Relatório Preliminar de Avaliação Ambiental- RPAA:

- O componente ambiental do projeto nessa fase consiste na elaboração do RPAA da área de influência direta do Empreendimento, e nas avaliações das ocorrências cadastradas nos levantamentos ambientais e dos

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

impactos ambientais que poderão decorrer com a execução das obras visando à proposição de medidas de proteção ambiental.
- Deve caracterizar a situação ambiental da área de influência do empreendimento nos aspectos físicos, bióticos e antrópicos, objetivando um conhecimento da região antes da implantação do empreendimento e servindo de referência para avaliação dos impactos ambientais advindos das obras e operação da rodovia, e dos passivos ambientais.

A Especificações apresentam a listagem das especificações da Valec adotadas e as especificações complementares e particulares que se fizerem necessárias.

A Planilha de Quantidades são os resultados dos levantamentos que serão tabulados em planilhas próprias contendo a discriminação dos diferentes serviços, as unidades de medidas e as respectivas quantidades.

O Quadro Resumo das Distâncias de Transporte é o quadro indicativo das distâncias, considerando o centro de gravidade de massa de solo, rocha ou outro material inerte a ser transportado até o centro de gravidade do local do seu destino.

Volume 4

O Relatório do Orçamento Básico, Volume 4, deve definir os custos dos trabalhos para construção da ferrovia, adotando-se a metodologia preconizada nos normativos vigentes e nas recomendações do Sistema de Custos Rodoviários SICRO (VIGENTE), do DNIT.

Volume 5

Os Anexos, Volume 5, são compostos dos seguintes itens:

- Ensaios e Prospecções, contendo as fichas de todos os ensaios realizados e boletins de sondagem.
- Cadastro de Ocorrência de Solos Moles, contendo as fichas de cadastramento de ocorrência de solos moles

Volume 6

O Volume 6 é dividido em dois volumes:

- Volume 1 - Relatório de Projeto Básico de Obras-de-Arte Especiais.
- Volume 2 - Projeto (desenhos) de Execução de Obras-de-Arte Especiais.

Volume 6.1 - Relatório de Projeto Básico de Obras-de-Arte Especiais

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

O Projeto será apresentado conforme especificação de projeto de obras-de-arte especiais da Valec, revisão vigente e o Manual de Projeto de Obra-de-Artes-Especiais - DNIT no que couber ao modal ferroviário.

O relatório é composto de memória descritiva, memória de cálculo e desenhos das soluções adotadas objetivando o bom entendimento dos trabalhos desenvolvidos e o fornecimento das informações necessárias à licitação das obras.

O relatório será dividido em tomos de acordo com o número de obras-de-arte especiais do trecho, contendo:

a) Capa;
b) Sumário contendo a listagem dos capítulos e a indicação da página inicial de cada um;
c) Relatório do projeto contendo o objeto, a relação dos volumes anexos e os arquivos eletrônicos que compõem o relatório de projeto, e:
    - Identificação da Empresa;
    - Identificação do Projeto;
    - Identificação da Ferrovia (trecho, subtrecho);
    - Lote de Construção;
    - Extensão;
    - Dados contratuais (número do Contrato, data da assinatura);
d) Mapa de localização com a indicação da futura obra;
e) Metodologia dos trabalhos;
    - Memória Descritiva e Justificativa: contendo a descrição dos estudos realizados, dos parâmetros e premissas tomados por base, das alternativas analisadas, dos resultados obtidos, das justificativas para escolha, das soluções propostas e dos serviços e obras a serem realizados;
    - Estudos topográficos;
    - Estudos Geométricos;
    - Estudos Hidrológicos;
    - Estudos Geotécnicos;
    - Estudos Operacionais; e
    - Estudos Complementares.
f) Relação dos profissionais de nível superior responsáveis pela elaboração de cada um dos itens constituintes do Projeto Executivo;
g) Cópia dos Atestados de Responsabilidade Técnica dos profissionais responsáveis pela elaboração de cada um dos itens constituintes do Projeto Executivo emitidos pelo CREA;
h) Especificações Técnicas: de serviços particulares ou complementares às normas técnicas a serem adotadas na execução dos serviços, para todos

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

os itens, especialmente os voltados à utilização de novos materiais e ao emprego de procedimentos executivos modernizados;

i) Listagem das quantidades de serviços com os quantitativos dos serviços a serem executados;
j) Cópia do Atestado de Responsabilidade Técnica - ART da empresa responsável pela elaboração do Projeto Executivo emitido pelo CREA, juntamente com a relação dos profissionais de nível superior responsáveis pela elaboração de cada um dos itens constituintes.

Volume 6.2 - Projeto (desenhos) de Execução de Obras-de-Arte Especiais

O Projeto de Execução de Obras-de-Arte Especiais será apresentado com, no mínimo, as seguintes informações:

a) Capa;
b) Sumário com a identificação dos desenhos, quadros e gráficos que compõem o Volume e suas numerações;
c) Mapa de localização com a indicação da obra;
d) Desenhos:
   - Planta Geral, com posicionamento da obra e das interferências a serem vencidas;
   - Planta de Elevação Geral com o perfil longitudinal, em meio-corte meia-vista, e locação das fundações;
   - Desenho de armação;
   - Detalhe de Guarda-corpo, Refúgio e Junta;
   - Seção Transversal;
   - Fundações; e
   - Sondagens.

Serão elaborados desenhos com a solução ideal em escalas convenientes que permitam a caracterização da estrutura e da fundação, bem como a elaboração de quantitativos de cada obra.

8.1.2 Projeto Executivo

De acordo com as normativas da antiga VALEC, o projeto executivo deve apresentar os seguintes volumes em formatos:

1) Relatório de projeto no formato A4;
2) Projeto (desenhos) no formato A1 ou A3;
3) Esquema Construtivo no formato A4;
4) Relatório do orçamento básico no formato A4;
5) Anexos no formato A4;
6) Anexo ao Relatório do Estudo Topográfico no formato A4.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Volume 1 – Relatório de Projeto

O relatório de projeto, volume 1, se desenvolverá com a seguinte organização de conteúdo:

- Texto descritivo;
- Memória de cálculo e desenhos (exceto os desenhos em formato A1);
- Relato das soluções adotadas para o bom entendimento dos trabalhos desenvolvidos e o fornecimento das informações necessárias à licitação das obras; e
- Anexos impressos em volume independente.

O conteúdo a ser apresentado no volume 1 deve conter a indenização:

a) Capa conforme o modelo do Anexo disponível pela Infra SA;
b) Sumário contendo a listagem dos capítulos e a indicação da página inicial de cada um;
c) Apresentação contendo o objeto do projeto, a relação dos volumes anexos e os arquivos eletrônicos que compõem o relatório do projeto:
    - Identificação da Empresa;
    - Identificação do Projeto;
    - Identificação da Ferrovia (trecho, subtrecho);
    - Lote de Construção;
    - Extensão;
    - Dados contratuais (número do Contrato, data da assinatura);
d) Mapa de localização com indicação da obra;
e) Memória descritiva dos estudos realizados, dos parâmetros e premissas tomados por base, das alternativas analisadas, dos resultados obtidos, das justificativas para a escolha das soluções propostas e dos serviços e obras a serem realizados;
f) Memória de Cálculo com os procedimentos metodológicos empregados e os cálculos estruturais realizados;
g) Listagem com os quantitativos dos serviços a serem executados;
h) Especificações Técnicas: de serviços particulares ou complementares às normas técnicas a serem adotadas na execução dos serviços para todos os itens, especialmente aqueles voltados à utilização de novos materiais e ao emprego de procedimentos executivos modernizados. Para certificação deste item, deverá ser solicitada declaração atestando que os quantitativos foram verificados pelo projetista e que este assume total responsabilidade pelas informações apresentadas.

Volume 2 – Desenhos

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Para o **Volume 2**, desenhos, são especificados os seguintes itens (observando a especificação da Valec, revisão vigente):

- Os desenhos serão elaborados nos padrões A1 nas escalas convenientes, compatíveis com o detalhamento de cada desenho, com carimbo (padrão A4) normatizado.
- Cada obra deverá ter o seu próprio conjunto de pranchas, incluídas em seu relatório específico, mesmo que determinada peça seja utilizada em diferentes obras.
- Apresentação de quadro de resumo de quantidades individuais de todo projeto.

A entrega dos desenhos do Volume 2, especificado na normativa, inclui a conservação em caixas arquivo (box) de plástico, com etiqueta de identificação na parte externa. Entretanto, esse tipo de entrega deve ficar em desuso, pois as entregas devem ser aplicadas no ambiente comum de dados e de forma colaborativa.

O projeto geométrico deve apresentar:

- Desenhos conjugados de plantas e perfil com escala horizontal H = 1:2.000 e escala vertical V= 1:200.

Nessa fase, as plantas serão apresentadas conforme geométrico da antiga Valec ou revisão vigente e termo de referência.

O projeto de terraplenagem de ser elaborado:

- com base no Projeto Geométrico, Estudos Hidrológicos e mapeamento geológico; ele deve ser apoiado em elementos plano-altimétricos na escala 1:2.000.
- conforme especificação de projeto de Terraplenagem da Valec, revisão vigente e termo de referência.

O projeto de drenagem e obras-de-arte correntes deve apresentar:

- Plantas do projeto Geométrico seguindo a especificação de projeto de drenagem e obras-de-arte correntes da antiga Valec e o Manual de Drenagem do DNIT (IPR-724) no que couber ao modal ferroviário.
- Detalhes construtivos não contemplados nos Projetos-tipo da Valec, quando necessário, serão apresentados em desenhos no formato A1.

O projeto de remanejamento de Interferências será apresentado:

- Conforme a especificação de projeto de remanejamento de interferências da Valec, revisão vigente.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Na elaboração do projeto, deve-se considerar as especificações da antiga Valec, das concessionárias e dos órgãos públicos responsáveis pelos sistemas interceptados utilizados para o desenvolvimento de cada solução.

No projeto de obras complementares, os principais elementos a serem apresentados, conforme especificação de projeto de obras complementares da antiga Valec ou revisão vigente, são:

- Cercas;
- Porteiras;
- Mata-burros;
- Passagem de nível simples; e
- Proteção de taludes.

O projeto de superestrutura da via permanente será apresentado conforme a especificação da antiga Valec ou revisão vigente.

No projeto de pátios, deverão ser apresentados os documentos nos seguintes detalhamentos para o pátio (observando as normas vigentes):

- Arranjo Geral do Pátio na escala 1:5000;
- Etapa inicial de implantação na escala 1:25000;
- Projeto de Interseções (planta, perfis e seções) na escala 1:1000;
- Projeto de Drenagem em planta na escala 1:1000; e
- Detalhes do Sistema de Drenagem.

Para o acesso ao pátio e interseção, deverão ser apresentados os seguintes detalhamentos (observando as normas vigentes):

- Planta do Projeto Geométrico: escala 1:1000;
- Seções Transversais: escala 1:200 ou 1:100;
- Perfis com Greides dos ramos e acesso: escala 1:1000 e 1:100;
- Plantas do Sistema de Drenagem: escala 1:1000; e
- Plantas de Sinalização.

O projeto será apresentado conforme especificação de projeto de pátios da Valec, revisão vigente, tendo, no mínimo, os itens:

- Estudos;
- Projeto Operacional;
- Projeto do Pátio, Acesso Rodoviário e Interseções;
- Projeto de Superestrutura da Via;
- Edificações;
- Obras Complementares; e
- Planilhas de Quantidades.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

O Projeto de Desapropriação deverá seguir as orientações de apresentação da Norma Geral de Desapropriação, revisão vigente.

Volume 3 – Esquema Construtivo

O Volume 3 especifica o Esquema Construtivo, composto com os seguintes itens:

- Plano de Execução de Obra;
- Anotações de Responsabilidade Técnica ART'S;
- Canteiro de Obras;
- Componente Ambiental do Projeto;
- Especificações;
- Planilha de Quantidades;
- Quadro Resumo das Distâncias de Transporte.

Plano de Execução de Obra aponta:

- As fases de execução da obra com descrição de cada etapa;
- Informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos;
- O planejamento das instalações provisórias e condições organizacionais para obra; e
- Subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra.

As **Anotações de Responsabilidade Técnica** - ART' s devem ser apresentadas como Cópia dos Atestados de Responsabilidade Técnica dos profissionais responsáveis pela elaboração de cada um dos itens constituintes do Projeto Executivo.

Para o **Canteiro de Obras e Acampamento de Pessoal**, deve ser apresentada a indicação do canteiro de obras, indicação dos equipamentos a serem utilizados, descrição dos mecanismos de controle de qualidade dos materiais e dos serviços e outras informações que se façam necessárias conforme especificação de serviço para instalação de canteiro de obras da Valec, revisão vigente.

Observar os itens para o **Componente Ambiental**:

- O componente ambiental nesta fase de Projeto Executivo consiste no detalhamento e orçamentação das medidas de proteção ambiental, corretivas e preventivas, indicadas no Projeto Básico e objetivando a reabilitação/recuperação do passivo ambiental e a execução das obras sustentavelmente corretas.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

- As atividades de detalhamento devem atentar para as informações ou exigências dos órgãos ambientais e outros estudos elaborados para o empreendimento.
- Destaca-se que, para as interferências com os mananciais destinados ao consumo humano, devem ser projetados dispositivos de proteção a fim de evitar ou mitigar os impactos decorrentes de possíveis sinistros com o transporte de produtos perigosos.

Observar as **Listagem das Especificações** da antiga Valec e das especificações complementares e particulares que se fizerem necessárias e aplicáveis ao projeto.

Para as **Planilha de Quantidades**, os resultados dos levantamentos serão tabulados em planilhas próprias contendo a discriminação dos diferentes serviços, as unidades de medidas e as respectivas quantidades.

No caso do **Quadro Resumo das Distâncias de Transporte**, para o quadro indicativo das distâncias deve se considerar o centro de gravidade de massa de solo, rocha ou outro material inerte a ser transportado até o centro de gravidade do local do seu destino.

Volume 4 – Relatório de Orçamento

Deve definir os custos dos trabalhos para construção da ferrovia, adotando-se a metodologia preconizada nos normativos vigentes e nas recomendações do Sistema de Custos Rodoviários SICRO (VIGENTE) do DNIT.

O orçamento detalhado do custo global da obra será fundamentado em quantitativos de serviços, fornecimentos dos materiais e transportes propriamente avaliados.

Volume 5 – Anexos

Os Anexos, Volume 5, são compostos dos seguintes itens:

- Ensaios e Prospecções, contendo as fichas de todos os ensaios realizados e boletins de sondagem.
- Cadastro de Ocorrência de Solos Moles, contendo as fichas de cadastramento de ocorrência de solos moles segundo as especificações vigentes.

Volume 6 – Anexo ao Relatório do Estudo Topográfico

Apresentação em meio digital, contendo seções transversais e levantamento Planialtimétrico de Áreas Especiais.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Relatório de Projeto Executivo de Obras-de-Arte Especiais (Volume 1)

O Projeto será apresentado conforme especificação de projeto de obras-de-arte especiais da Valec, revisão vigente e o Manual de Projeto de Obra-de-Artes-Especiais - DNIT, no que couber ao modal ferroviário.

Das análises do Projeto Geométrico básico serão levantadas as obras de arte ferroviárias, rodoviárias e interferências necessárias à implantação da ferrovia.

O relatório é composto de memória descritiva, memória de cálculo e desenhos das soluções adotadas objetivando o bom entendimento dos trabalhos desenvolvidos e o fornecimento das informações necessárias à licitação das obras.

O relatório será dividido em tomos de acordo com o número de obras-de-arte especial do trecho, contendo:

a) Capa conforme o modelo do Anexo A;
b) Sumário contendo a listagem dos capítulos e a indicação da página inicial de cada um;
c) Apresentação do relatório do projeto contendo o objeto, a relação dos volumes anexos e os arquivos eletrônicos que compõem o relatório de projeto, e:
    - Identificação da Empresa;
    - Identificação do Projeto;
    - Identificação da Ferrovia (trecho, subtrecho);
    - Lote de Construção;
    - Extensão;
    - Dados contratuais (número do Contrato, data da assinatura);
d) Mapa de localização com a indicação da futura obra;
e) Metodologia dos trabalhos;
    - Memória Descritiva e Justificativa: Contendo a descrição dos estudos realizados, dos parâmetros e premissas tomados por base, das alternativas analisadas, dos resultados obtidos, das justificativas para escolha, das soluções propostas e dos serviços e obras a serem realizados;
    - Estudos topográficos;
    - Estudos Geométricos;
    - Estudos Hidrológicos;
    - Estudos Geotécnicos;
    - Estudos Operacionais; e
    - Estudos Complementares.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

f) Relação dos profissionais de nível superior responsáveis pela elaboração de cada um dos itens constituintes do Projeto Executivo;
g) Cópia dos Atestados de Responsabilidade Técnica dos profissionais responsáveis pela elaboração de cada um dos itens constituintes do Projeto Executivo;
h) Especificações Técnicas: de serviços particulares ou complementares às normas técnicas a serem adotadas na execução dos serviços para todos os itens, especialmente as voltadas à utilização de novos materiais e o emprego de procedimentos executivos modernizados;
i) Listagem dos quantitativos dos serviços a serem executados. Para certificação deste item, deverá ser solicitada declaração atestando que os quantitativos foram verificados pelo projetista e que este assume total responsabilidade pelas suas informações, conforme modelo de apresentação vigente:
j) Cópia do Atestado de Responsabilidade Técnica - ART da empresa responsável pela elaboração do Projeto Executivo.

Projeto (desenhos) de Execução de Obras-de-Arte Especiais (Volume 2)

O projeto será apresentado, com no mínimo, as seguintes informações:

a) Capa conforme o modelo vigente;
b) Sumário com a identificação dos desenhos, quadros e gráficos que compõem o Volume e suas numerações;
c) Mapa de localização com a indicação da obra;
d) Desenhos:
    - Planta Geral, com posicionamento da obra e das interferências a serem vencidas;
    - Planta de Elevação Geral com o perfil longitudinal, em meio-corte meia-vista, e locação das fundações;
    - Plantas de Forma na quantidade de desenhos necessários para plena caracterização das formas de todas as obras-de-arte especiais;
    - Detalhes de Forma na quantidade de desenhos necessários para plena caracterização das formas de todas as obras-de-arte especiais;
    - Desenhos de armação;
    - Desenhos de Execução;
    - Detalhe de Guarda-corpo, Refúgio e Junta;
    - Seção Transversal;
    - Fundações; e
    - Sondagens

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Serão elaborados desenhos com a solução ideal em escalas convenientes que permitam a caracterização da estrutura e da fundação bem como a elaboração de quantitativos de cada obra.

Memória de Cálculo de Estruturas (Volume 3)

O projeto será apresentado com, no mínimo, as seguintes informações:

a) Capa segundo modelo Anexo A;
b) Sumário com a identificação dos desenhos, quadros e gráficos que compõem o Volume e suas numerações;
c) Memória de Cálculo seguindo as orientações prescritas na especificação de projeto de obras-de-arte especiais da Valec, revisão vigente.

8.2 Entregas advindas do BIM

As entregas dos modelos de informação BIM são:

- Arquivos nativos e IFC. Os arquivos nativos são aqueles gerados pelos programas proprietários usados no projeto. Eles são necessários, principalmente, para verificações de inconsistências nos desenhos gerados e para produção do projeto “as built”. O formato de arquivo IFC (Industry Foundation Classes) foi desenvolvido pela BuildingSmart (BUILDINGSMART, 2020). Esse formato tem como objetivo fornecer uma solução de interoperabilidade entre os diferentes aplicativos de software, estabelecendo padrões internacionais para importar e exportar projetos, componentes e suas propriedades. É importante observar que ambos os formatos de arquivo fornecem acesso completo aos modelos gerados e que seu uso pode estar associado a direitos autorais, o que pode gerar conflitos; caso isso ocorra, eles devem ser resolvidos legalmente, mas esse tema não é abordado neste trabalho.
- Conflitos geométricos (clash). Esses arquivos permitem identificar conflitos geométricos e de espaço entre os elementos construtivos usados na edificação do projeto. As informações destacam possíveis conflitos que não foram resolvidos no projeto e que podem ser corrigidos no momento de construção. Entretanto, eles devem ser considerados de fácil resolução a partir de determinada tolerância.
- Modelo federado (MF). É um arquivo com a união de todos os modelos das disciplinas, elaborados pelos projetistas e unificados em um único modelo virtual, o qual representa um empreendimento de forma completa. Existem três tipos de MF: de projeto, de compatibilidade e de visualização. O MF de projeto é usado para gerar informações para o projeto com as disciplinas, como pranchas de detalhamento nos vários níveis de tubulação. O MF de compatibilização é usado para identificar os conflitos

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

geométricos entre as disciplinas e para o gerenciamento das decisões de conflitos. O MF de visualização é um modelo com apresentação realística do modelo 3D e pode ser usado com tecnologias de realidade virtual e aumentada para facilitar a percepção do usuário em relação à expectativa de como será o empreendimento real. Usualmente, ele serve para apresentar o projeto a outros profissionais que não estejam envolvidos nele.

Para que BIM avance em projetos de infraestrutura ferroviária, solicitações de arquivos simples trazem um benefício inicial muito grande em relação ao processo atual, por exemplo:

- Além dos elementos de desenho, o projeto geométrico deverá conter a superfície tridimensional criada a partir dos dados topográficos e as superfícies tridimensionais resultantes da modelagem da rodovia utilizadas no cálculo de quantitativos de materiais de pavimentação e terraplenagem;
- O arquivo de desenho de projeto geométrico em planta (na extensão "*.dwg") deverá conter o modelo tridimensional (representado no desenho digital por 3D Faces ou Surfaces), que representa o terreno natural, também usualmente referido como primitivo, que é criado a partir da interpolação dos dados topográficos;
- O arquivo de desenho de projeto geométrico em planta (na extensão "*.dwg") deverá também conter o modelo tridimensional (representado no desenho digital por 3D Faces ou Surfaces), que representa a camada final de terraplenagem, também referida como Datum do pavimento;
- O arquivo de desenho de projeto geométrico em planta (na extensão "*.dwg") deverá também conter o modelo tridimensional (representado no desenho digital por 3D Faces ou Surfaces), que representa o topo do pavimento acabado e utilizado para nivelamento, construção e conferência dos quantitativos;
- Alternativamente, as superfícies podem ser entregues em arquivos separados do desenho de projeto geométrico através de arquivos com a extensão "*.xml", desde que tanto o desenho de projeto geométrico (na extensão "*.dwg") quanto os arquivos das superfícies estejam devidamente georreferenciados.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

9 REFERÊNCIAS

ANTHONY, R.N. **Planning and control systems : a framework for analysis.** Boston: Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University; 1965.

ANTT, **Manual de Custos Referenciais Ferroviários** - desenvolvimento de estudos voltados à definição de custos para complementação e inserção de projetos de engenharia e de execução de outros serviços de engenharia consultiva, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-2: Sistema de classificação da informação da construção** - Parte 2: Características dos objetos da construção**.** ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-3: Sistema de classificação da informação da construção** - Parte 3: Processos da construção. ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-4: Sistema de classificação da informação da construção** - Parte 4: Recursos da construção. ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-5: Sistema de classificação da informação da construção** - Parte 5: Resultados da construção. ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-6: Sistema de classificação da informação da construção** - Parte 6: Unidades e espaços da construção. ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-7: Sistema de classificação da informação da construção** - Parte 7: Informação da construção. ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000:2018:** Gestão de riscos - Diretrizes. ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15965: Sistema de classificação da informação da construção** - Parte 1: Terminologia e estrutura. ABNT, 2011.

BIM PLUS Brought to you by CIOB. **ISO 19650** Information Protocol explained. Disponível em: ISO 19650 Information Protocol explained - BIM+ (bimplus.co.uk). Acessado em: setembro de 2022.

BR Railparts. Disponível em: https://www.brrailparts.com.br/talas_juncao.php. Acesso em: outubro de 2022.

BRASIL. **Decreto nº 9.203**, de 22 de novembro de 2017. Dispõe sobre a política de governança da administração pública federal direta, autárquica e fundacional.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

Brasília, 22 de novembro de 2017; 196º da Independência e 129º da República. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/acesso-a-informacao/governanca-publica/comite-interno-de-governanca/legislacao/decreto-no-9-203-de-22-de-novembro-de-2017.pdf/view

BRASIL. **Decreto nº 9.573**, de 22 de novembro de 2018. Aprova a Política Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas. Brasília, 22 de novembro de 2018; 197º da Independência e 130º da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9573.htm

Brasil. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes -DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de drenagem de Rodovias**. - 2. ed. - Rio de Janeiro p.333, 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Norma DNIT 104/2009 - ES – Terraplenagem – Serviços preliminares – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR, 2009.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Norma DNIT 106/2009 - ES – Terraplanagem – Cortes – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR, 2009.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Norma DNIT 108/2009 - ES – Terraplenagem - Aterros - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro: IPR, 2009.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Norma DNIT 137/2010 - ES – Pavimentação – Regularização do subleito - Especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR, 2010.

BRASIL. **Instrução Normativa Conjunta nº 1**,de 10 de maio de 2016. Dispõe sobre controles internos, gestão deriscos e governança no âmbito do PoderExecutivo federal. Disponível em: https://www.gov.br/mj/pt-br/acesso-a-informacao/governanca/Gestao-de-Riscos/biblioteca/Normativos/instrucao-normativa-conjunta-no-1-de-10-de-maio-de-2016-imprensa-nacional.pdf/view

BRASIL. **LEI nº 13.303**, de 30 de junho de 2016. Dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Brasília, 30 de junho de 2016; 195º da Independência e 128º da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13303.htm

BRITISH STANDARDS INSTITUTION - BSI. **PAS 1192-2:2013**. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. BSI, 2013.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION - BSI. **PAS 1192-3:2014**. Specification for information management for the operational phase of construction projects using Building Information Modelling. BSI, 2014.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

BUILDINGSMART. **buildingSMART** - The Home of BIM. 2020. Disponível em: www.buildingsmart.org.

CARDOSO, Marcus Cesar. **Autodesk Civil 3D 2020**. Editora Saraiva. Edição do Kindle.

Daintith, John, **A Dictionary of Physics**, ISBN 9780199233991, Oxford University Pres, 2009

DEUTSCH, R. **BIM and Integrated Design**: Strategies for Architectural Practice: Wiley, 2011.

EASTMAN, C. M.; EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors: Wiley, 2008. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=IioygN0nYzMC.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16739-1** Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema. ISO 16739-1:2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19650-1: 2018** 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. ISO 19650-1: 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19650-2:2018** 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. ISO 19650-2: 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19650-3:2020.** Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 3: Operational phase of the assets. ISO 19650-3: 2020.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19650-4:2022.** Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 4: Information exchange. ISO 19650-4: 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19650-5:2020.** Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 5: Security-minded approach to information management. ISO 19650-5: 2020.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/PAS 16739:2005.** Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform). ISO/PAS, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TR 23262:2021.** GIS (geospatial) / BIM interoperability. ISO/TR 23262:2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TS 19166:2021.** Geographic information — BIM to GIS conceptual mapping (B2GM). ISO/TS 19166:2021.

JERNIGAN, F. E. **Big BIM, Little Bim**: The Practical Approach to Building Information Modeling : Integrated Practice Done the Right Way!: 4Site Press, 2007.

KUMAR, B. **A Practical Guide to Adopting BIM in Construction Projects**: Whittles Publishing Limited, 2015.

LEUSIN, S. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM:** Um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos: Elsevier Editora Ltda., 2018.

MORDUE, S.; SWADDLE, P.; PHILP, D. **Building Information Modeling For Dummies**. Wiley, 2015.

NABAIS, José da Silva. Manual Básico de Engenharia Ferroviária. São Paulo: Oficina de Texto, 1° reimpressão, 2015.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guia **PMBOK**®: Um Guia para o Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos. 6a edição, Pennsylvania: PMI, 2017.

Trilho's Ferroviários Ltda. Trilhos de Trem Novos e Usados. Dispinpivel em: https://www.trilhos.com.br/acessorios-ferroviarios.html. Acesso em: outubro de 2022.

© INFRA S.A. 2023 – Todos os direitos reservados

BIM
INFRA S.A.