

Construção de um Modelo IFC Rodoviário Brasileiro

Reynaldo Cosati Medeiros
reynaldo@prodec.com

O padrão IFC, criado e mantido pela [buildingSMART International](#) é considerado padrão da Indústria da Construção para o intercâmbio de informações digitais entre os diversos *players* do processo construtivo como projetistas, fornecedores, empreiteiros, supervisores, gerenciadoras, seguradoras e clientes.

Este padrão, que faz parte do mundo openBIM, segue os fundamentos da tecnologia BIM que foi construída sob os pilares da Colaboração, Informação, Geometria, Ciclo de Vida e Interoperabilidade. Para que isso ocorra de forma eficiente em um Modelo IFC, devemos priorizar todos os itens realmente importantes para a construção, onde destacamos:

- **Representação Espacial (3D)** dos objetos que serão construídos (ou desconstruídos) contendo as suas características e relacionamentos com outros objetos;
- **Hierarquia Espacial** dos objetos visando facilitar a organização, visualização e planejamento da obra;
- **Quantidades** de produtos, mão de obra, materiais e serviços que serão demandados para executar o que se representa;
- **Organização do Tempo** necessário para que a obra ocorra (planejamento da obra e elaboração de cronograma)

Com todas essas informações, é possível estimar o **Orçamento da Obra**, fundamental no processo de Tomada de Decisão de qualquer empreendimento de engenharia.

Na versão [IFC 4.3.2](#) publicada em abril de 2024, foram introduzidos conceitos que permitiram modelar infraestruturas lineares como rodovias, ferrovias, dutovias, canais, linhas de transmissão e outras obras lineares que antes não se encaixavam no padrão.

Como o esquema do IFC (IFC_SCHEMA) é extremamente abrangente, a própria metodologia propõe serem criados o que ela chama de MVD (Model View Definition), que seria um subconjunto das entidades, tipos, propriedades, funções e regras contidos no IFC_SCHEMA para atender a um específico nicho da engenharia. A MVD retira tudo o que não é necessário para o nicho estudado e simplifica a estrutura do modelo.

IFC_SCHEMA 4.3.2 Completo

1. B.1 [Entidades](#)
2. B.2 [Tipos](#)
3. B.3 [Grupos de Propriedades](#)

- 4. B.4 [Propriedades](#)
- 5. B.5 [Funções](#)
- 6. B.6 [Regras](#)
- 7. B.7 [Enumerações de Propriedades](#)

MVD é um subconjunto do IFC_SCHEMA acima.

A principal vantagem de se adotar uma MVD em projetos BIM é alcançar **padronização**. Sem um padrão, o mesmo projeto pode ser modelado de diferentes formas usando o IFC, que é bastante abrangente e tolerante, permitindo diferentes interpretações semânticas dependendo do software BIM utilizado.

A **padronização** garante de que todos os *players* estão falando a mesma linguagem.

No desenvolvimento do RODOBIM concluímos ser fundamental **seguir um padrão de modelagem BIM** que cobrisse todos os aspectos de uma obra rodoviária. Procuramos informações sobre o estado da arte do BIM rodoviário no Brasil e no mundo e verificamos que o BIM, no setor rodoviário, começou forte pelas Obras de Arte Especiais, cuja disciplina é a que mais se assemelha a uma Construção Civil, berço da tecnologia BIM. Não conseguimos encontrar nenhuma informação **consolidada** sobre o restante das disciplinas que envolvem uma obra rodoviária como terraplenagem, drenagem viária ou pavimentação, apesar do padrão IFC já dar suporte a todas essas áreas.

Na falta de um padrão consolidado, estudamos a possibilidade de desenvolver um que atendesse as normas brasileiras e fosse eficiente em uma obra rodoviária.

A tarefa de desenvolver um modelo IFC rodoviário completo é extremamente ambiciosa, pois o modelo deve suportar diferentes Níveis de Desenvolvimento (LOD).

No caso específico de rodovias (e ferrovias), o modelo deve nascer no Estudo de Viabilidade (LOD 100), crescer com um Plano Funcional ou Anteprojeto (LOD 200), amadurecer no Projeto Básico (LOD 300), consolidar no Projeto Executivo (LOD 400) para então ser utilizado na obra e depois, através do As Built (LOD 500), continuar a ser utilizado na operação da rodovia. São diversos Níveis de Desenvolvimento envolvendo diferentes aplicações BIM neste processo.

Não temos a pretensão, neste momento, de desenvolver todo esse trabalho, mas sim de **construir um padrão de modelagem IFC para o segmento rodoviário brasileiro** focado na obra e no As Built (LOD 500), a partir das entregas do projeto executivo (LOD 400) e seguindo o padrão [IFC 4.3.2](#) e os conceitos consolidados nos principais manuais de projeto e de custos rodoviários utilizados no Brasil.

Acreditamos na importância da **padronização** e neste documento propomos uma convenção no uso das novas entidades apresentadas no [IFC 4.3.2](#) em uma obra rodoviária.

ESCOPO DESTA MVD

Iremos contemplar nesse documento as seguintes disciplinas de uma obra rodoviária e que já podem ser modeladas no padrão IFC 4.3.2:

- [Terreno e Subsolo;](#)
- [Alinhamentos \(Projeto Geométrico\);](#)

- **Terraplenagem;**
- **Drenagem** (OAC, Superficial e Profunda);
- **Pavimentação;**
- **Sinalização;**
- **Desapropriações;**
- **Interferências;**
- **Iluminação;**
- **Paisagismo**

Não contemplaremos nesse momento:

- **Meio Ambiente** (merece uma MVD específica, pois os assuntos são muito diversos e ligados a organismos ambientais como IBAMA e ICMBIO, assuntos variam entre passivos ambientais, medidas compensatórias, APAs e áreas onde habitam espécies protegidas);
- **Túneis** (a entidade *IfcTunnel* está prevista para ser incluída no IFC 4.4);
- **Obras de Arte Especiais;**
- **Obras Complementares;**
- **Contenções**

O padrão IFC é descrito na linguagem [EXPRESS](#) que é fácil de entender, mas difícil de codificar. Normalmente ninguém escreve diretamente em EXPRESS, mas em alguma das linguagens com suporte a IFC como C++, Python ou JavaScript. Todas permitem criar o arquivo IFC na linguagem EXPRESS.

Optamos por escrever esse documento na forma de manual técnico, porque provavelmente será utilizado por engenheiros e desenvolvedores cujo principal intuito será a construção de um modelo IFC Rodoviário para o seu projeto.

Em cada disciplina, iremos demonstrar a sua modelagem também com um trecho de código em EXPRESS para exemplificação.

O produto final da modelagem, proposta nesse documento, será um arquivo para ser utilizado em aplicativos que suportam o padrão IFC/openBIM, como BlenderBIM (Bonsai®), usBIM®, RodoBIM®, NavisWorks®, Revit® e muitos outros.

CONCEITOS BÁSICOS

Iniciaremos com o nivelamento de alguns conceitos que devem ser compreendidos para a modelagem correta de uma obra rodoviária usando IFC. É importante entender que num único arquivo IFC está contido todo o projeto com as suas quantidades e especificações, toda a geometria espacial, todos os serviços a serem executados e a sua ordenação (cronograma) e também todos os custos envolvidos. Muita informação que deve ser codificada corretamente para que os aplicativos BIM possam

interpretar.

Também é importante compreender que cada elemento a ser construído na obra possuirá uma identificação única e uma classificação semântica no modelo que também guarda todas as suas propriedades.

Os elementos ficam inseridos em duas estruturas hierárquicas distintas, uma semântica e outra espacial, mas ambas armazenam "o que construir". Os elementos também possuem uma representação geométrica independente para ser exibida em aplicativos BIM. A informação de "como construir" fica armazenada através do relacionamento entre os serviços e as entidades a serem construídas. A informação "quando construir" e "quanto custa" (BIM 4D e BIM 5D) fica armazenada, segundo nossa sugestão, dentro dos serviços previstos. Cada serviço terá ligação com todos os elementos da obra que sejam afetados por ele. O modelo, da forma como propomos, estará otimizado para o acompanhamento de obra rodoviária, permitindo a criação de índices de desempenho e otimização de processos.

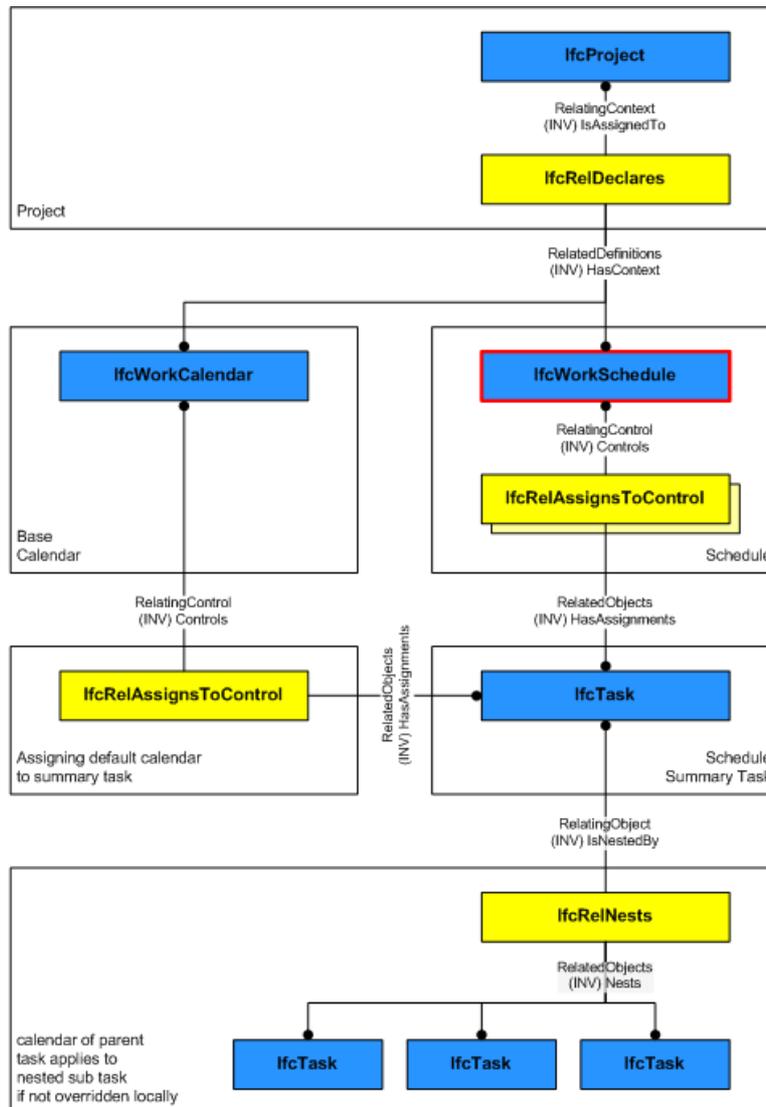
Existem diversas entidades propostas no IFC.

Algumas representam objetos físicos como rodovias (*IfcRoad*), cortes (*IfcEarthworksCut*) ou pavimentos (*IfcPavement*), outras representam objetos não visíveis como alinhamentos (*IfcAlignment*) ou conjunto de propriedades de objetos (*IfcPropertySet*) e tem outras que representam os **relacionamentos** entre os objetos criados. Estes relacionamentos podem ser de diferentes tipos, onde destacamos:

- Estruturalmente hierárquico (*IfcRelAggregates*);
- Pertinência Espacial (*IfcRelContainedInSpatialStructure*);
- Pertinência Semântica entre uma entidade e uma lista ordenada de entidades (*IfcRelNests*);
- Referência Associativa (*IfcRelAssociates*)

As entidades relacionadas ao orçamento e cronograma de execução da obra são importantes e devem estar compreendidas para serem aplicadas corretamente. São as entidades de tempo e custo (BIM 4D e 5D), que são:

- *IfcQuantityTime* – armazena o tempo de duração de um serviço (previsto e realizado);
- *IfcCostItem* – item orçamentário (normalmente um serviço, mas pode ser um material numa composição de custos);
- *IfcCostValue* – valor associado (unitário e total);
- *IfcWorkSchedule* – ordem de serviço → relaciona um *IfcTask* com o *IfcWorkCalendar* da obra conforme o diagrama abaixo:



Existem outros tipos de relacionamentos e entidades com outros significados, mas não iremos escrever aqui um curso de modelagem IFC e assumimos que o leitor esteja familiarizado com esses conceitos básicos.

Existem várias fontes e cursos, em português, de modelagem IFC na Internet, como o curso do [Prof. Carlos Dias](#).

Com esses conceitos básicos assimilados podemos seguir com a modelagem digital da obra rodoviária.

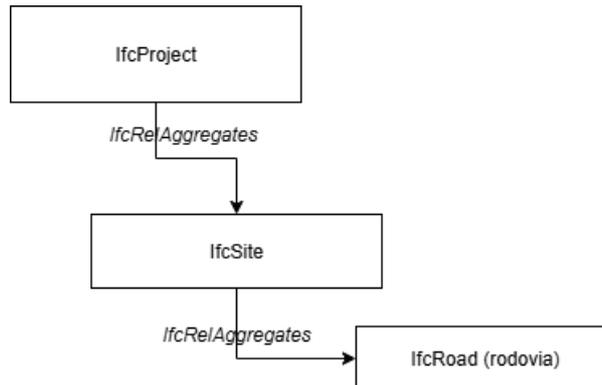
MVD PARA O SEGMENTO RODOVIÁRIO

Na nossa proposta o modelo começa com a criação de 3 entidades que se relacionam hierarquicamente:

- **IfcProject** - Conterá Nome, Descrição e Ficha Técnica com todas as propriedades comuns da obra como a velocidade diretriz, tipo de obra (Implantação, Melhoria ou Recuperação), tabela de encargos (SICRO, DER-PR, DER-SP, GOINFRA, ...), Datum utilizados e outros parâmetros de

projeto. Será a base hierárquica para todas as entidades não edificáveis da obra;

- *IfcSite* - Localização física da obra. Conterá a unidade da federação, rodovia, trecho, subtrecho, estaca inicial e final. Será a base hierárquica de todas as entidades edificáveis compreendidas em seu trecho como Terraplenagem ou Pavimentação. Um *IfcProject* pode conter vários *IfcSite*;
- *IfcRoad*- Entidade que representa uma rodovia que será construída, melhorada ou restaurada. Um *IfcSite* pode conter diversas entidades *IfcRoad*.



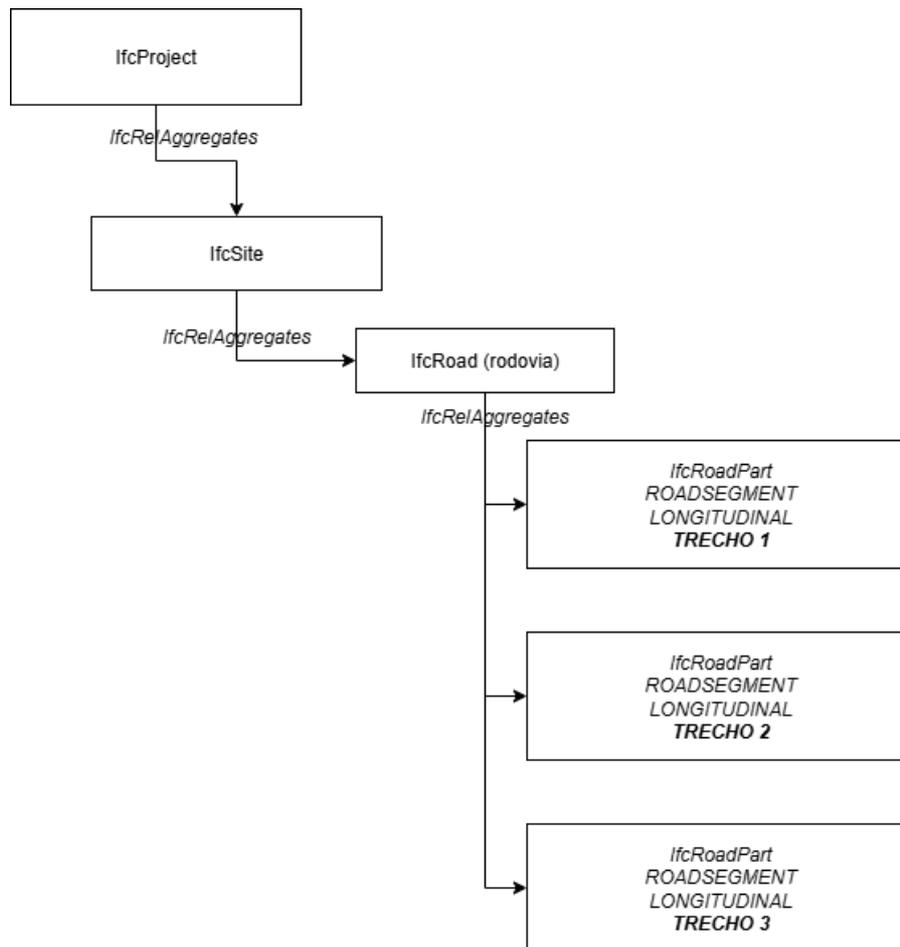
DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE COORDENADAS

A definição do sistema de coordenadas é uma livre escolha do projetista e normalmente fica entre LTM, UTM e Geográfica. Independente do sistema adotado é importante que o modelo contenha essa informação para que a geometria seja desenhada no local apropriado. Se o sistema de coordenadas for UTM, necessitará relacionar duas entidades com o *IfcProject* para atender aos aplicativos BIM:

- *IfcProjectedCRS* - Define o Datum utilizado (EPSG: 4326, WGS 84, ...)
- *IfcMapConversion* - Transforma coordenadas de UTM para GEO

```

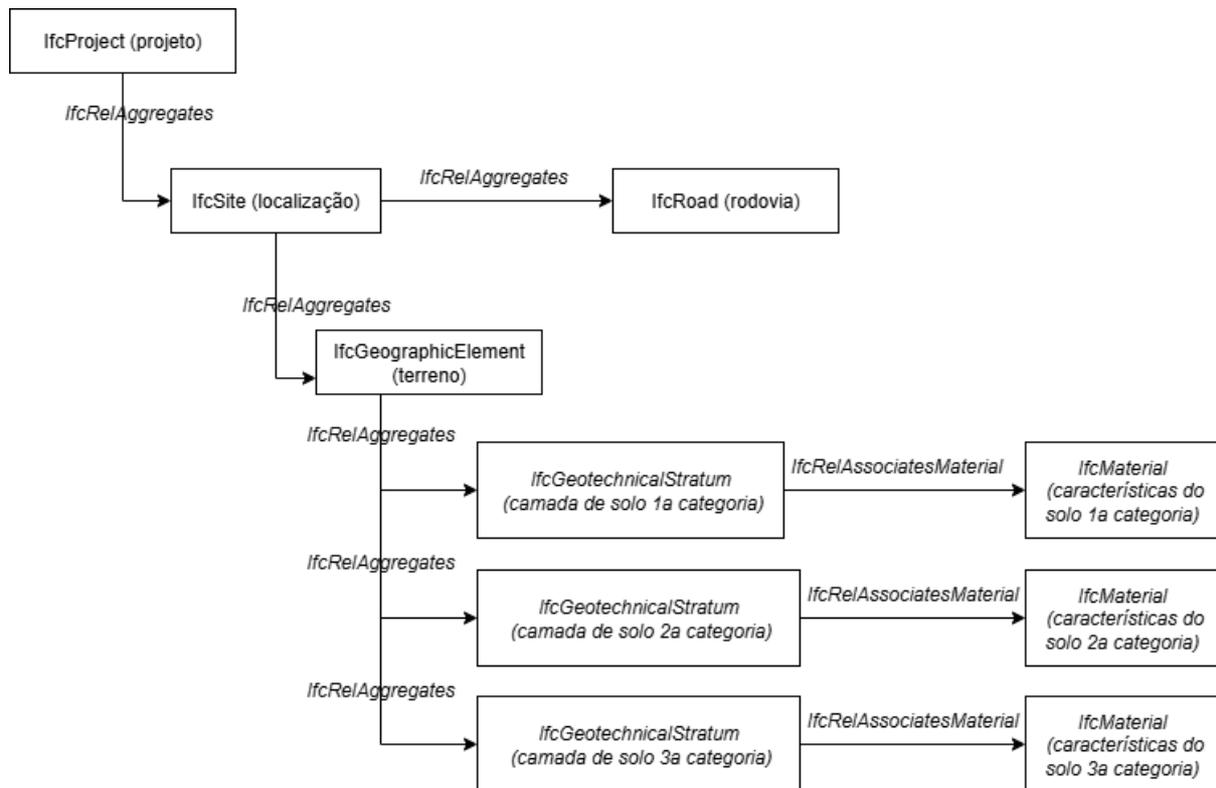
ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION(('ViewDefinition [CoordinationView]', 2;1);
FILE_NAME('2025-07-14T11:34:08', (''), (''), 'IfcOpenShell 0.8.0', 'IfcOpenShell 0.8.0', '');
FILE_SCHEMA(('IFC4X3_ADD2'));
ENDSEC;
DATA;
#1=IFCPROJECT('2bQrYqm2z0cRNOakWx2bfW', $, 'Proposta para uma MVD de Rodovias', $, $, $, $, (#5), $);
#2=IFCCARTESIANPOINT((0.,0.,0.));
#3=IFCAXIS2PLACEMENT3D(#2, $, $);
#4=IFCDIRECTION((0.,1.));
#5=IFCGEOMETRICREPRESENTATIONCONTEXT('Plan', 'Model', 3, 1.E-05, #3, #4);
#6=IFCGEOMETRICREPRESENTATIONSUBCONTEXT('Body', 'Model', *, *, *, #5, 1., ..MODEL_VIEW., $);
#7=IFCSITE('2cFWpD5Uv6_Q1NZT6xPlbq', $, 'Aqui se descreve o local da Obra', $, $, $, $, $, $, $, $);
#8=IFCROAD('03acRANUF389E0CnNr4bk9', $, 'BR-101', $, $, $, $, $, $);
#9=IFCPROJECTDCRS('EPSG:31982', 'SIRGAS 2000 / UTM zone 22S', 'EPSG:31982', $, $, $);
#10=IFCMAPCONVERSION(#5, #9, 500000., 7200000., 0., 1., 0., 1.);
#11=IFCRELAGGREGATES('1VK8eKdcl48fGQQ7JCLGy', $, $, $, #1, (#7));
#12=IFCRELAGGREGATES('3BASd6pyjDGB_YmXLJawHK', $, $, $, #7, (#8));
ENDSEC;
END-ISO-10303-21;
  
```

Terreno e Subsolo - *IfcGeographicElement* e *IfcGeotechnicalStratum*

O terreno e as suas camadas devem fazer parte do Modelo da Construção para compor a geometria 3D, pois sem ela, a obra seria um corredor no meio de um vazio. As camadas do subsolo são importantes para orientar a execução da terraplenagem.

Este é um elemento visual do IFC e necessitará de um descendente de *IfcGeometricRepresentationItem* para ser visualizado em um aplicativo BIM. A forma mais usual de representar uma superfície em IFC é com o *IfcTriangulatedFaceSet* que exibe uma malha espacial triangular.



Alinhamentos (Projeto Geométrico) - *IfcAlignment*

O *IfcAlignment* foi provavelmente a principal entidade introduzida no IFC 4.x que permitiu a modelagem de rodovias. Ela representa o projeto geométrico de uma rodovia, ou seja, sua espinha dorsal. Qualquer alteração na sua forma gera reflexos diretos na terraplenagem, drenagem e pavimentação. No modelo IFC de uma rodovia, alinhamentos são referência para diversas outras entidades que serão construídas ao longo do eixo principal. Alinhamentos armazenam tanto o projeto horizontal (*IfcAlignmentHorizontal*) como o projeto vertical (*IfcAlignmentVertical*) e são utilizados no modelo **somente como referência** para posicionar outros objetos linearmente, uma vez que o eixo geométrico não é um objeto edificável da obra.

Por esse motivo os alinhamentos do projeto devem estar ligados hierarquicamente ao *IfcProject* e não ao *IfcRoad*.

O padrão IFC permite a modelagem do alinhamento da maneira tradicional, ou seja, projeto horizontal em 2D e projeto vertical em 2D, duas vistas planas do mesmo objeto tridimensional.

Tanto o alinhamento horizontal quanto o vertical são compostos por uma lista ordenada de retas e curvas. Sendo que as curvas são uma combinação de circulares e espirais no projeto horizontal e normalmente parabólicas no projeto vertical.

O projeto horizontal pode conter curvas complexas, mas que quase sempre podem ser decompostas em segmentos circulares ou espirais com parâmetros conhecidos. Os tipos de curva pré-definidos aceitos no padrão IFC que interessam ao setor rodoviário são *LINE*, *CIRCULARARC*, *CLOTHOID* e

CUBIC.

Para os segmentos verticais o IFC suporta os seguintes tipos LINE, ARC, PARABOLICARC e CLOTHOID. Definidos em *IfcAlignmentVerticalSegmentTypeEnum*

Um projeto pode conter diversos alinhamentos (*IfcAlignment*).

Na prática, para cada segmento horizontal num alinhamento devemos:

- Criar uma instância de *IfcAlignmentHorizontalSegment* (reta ou curva);
- Associar o *IfcAlignmentHorizontalSegment* a um *IfcAlignmentSegmente* montar uma lista ordenada.

Com a lista criada, devemos instanciar *IfcAlignmentHorizontal* e associar a lista usando *IfcRelNests*.

Devemos repetir o procedimento para o projeto vertical.

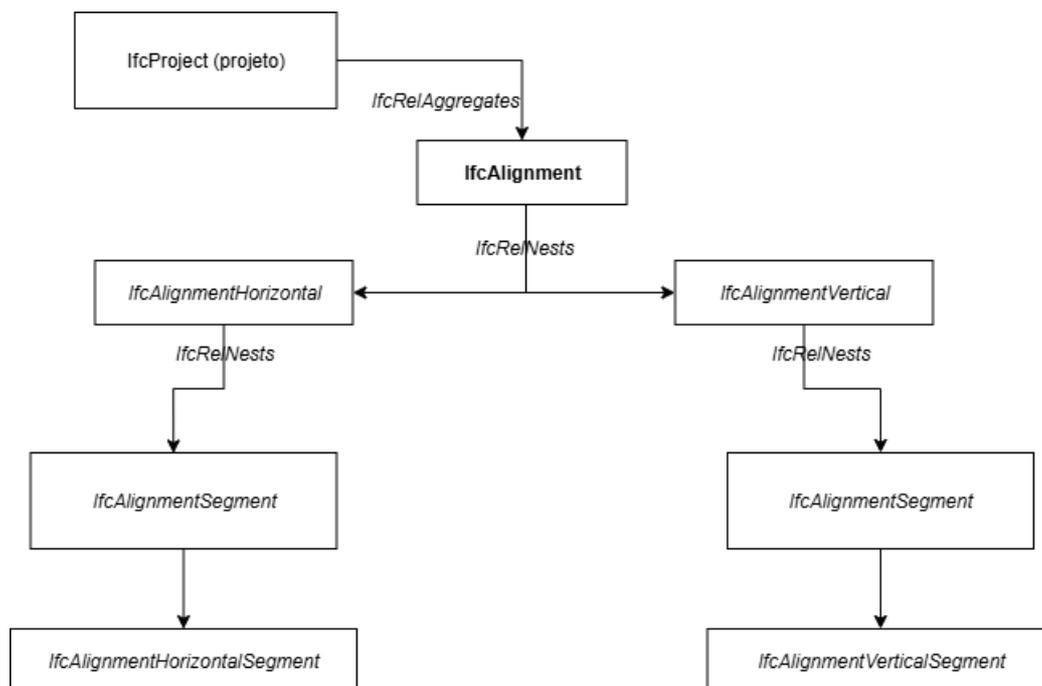
Para cada segmento vertical num alinhamento devemos:

- Criar uma instância de *IfcAlignmentVerticalSegment* (reta ou curva);
- Associar o *IfcAlignmentVerticalSegment* a um *IfcAlignmentSegmente* montar uma lista ordenada.

Com a lista criada, devemos instanciar *IfcAlignmentVertical* e o associar a lista usando *IfcRelNests*.

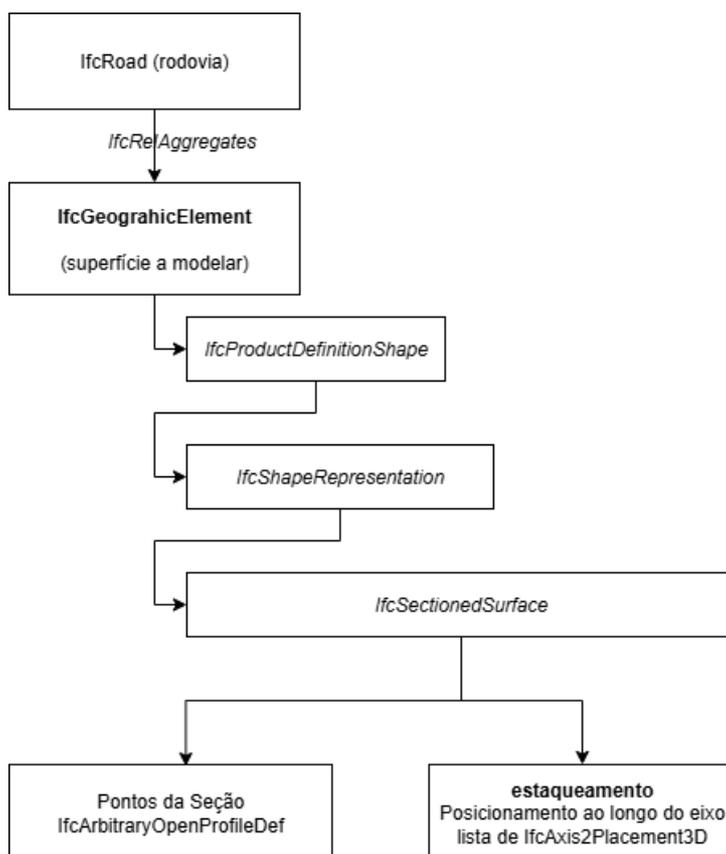
Por último devemos criar uma instância de *IfcAlignment* que se relacionará com as instâncias criadas de *IfcAlignmentHorizontal* e *IfcAlignmentVertical* também por um *IfcRelNests*.

Esse procedimento deve ser repetido para cada alinhamento existente no projeto.



Um conceito importante derivado direto do alinhamento é o “**corredor de projeto**” e deve ser

incluído no modelo de construção em entidades *IfcGeographicElement* hierarquicamente ligados ao *IfcSite*. A geração ou amostragem dos dados normalmente é feita em seções transversais ao alinhamento, por isso devemos utilizar como representação geométrica a entidade *IfcSectionedSurface* para cada uma das superfícies que se deseja modelar, com destaque para as superfícies do terreno, das camadas do subsolo, da terraplenagem e das camadas individuais de pavimentação (sub-base, base e revestimento).



Apesar de não ser absolutamente necessário, acreditamos ser uma boa prática **materializar o eixo geométrico de cada alinhamento no modelo 3D com todas as estacas criadas no projeto**, incluindo pontos notáveis e dispositivos de drenagem. Essas estacas devem ficar na elevação do terreno. Sugerimos utilizar entidades *IfcReferent* em conjunto com a dupla *IfcLinearPositioningElement* e *IfcLinearPlacement* para o posicionamento e como elemento visual, um hexaedro de 0,20 x 0,20 m de base com 1,0 metro de altura.

Terraplenagem - *IfcEarthworksElement*

A terraplenagem será a primeira disciplina a ser incluída no modelo que terá quantidades, serviços, cronograma e orçamento.

Devemos começar criando uma instância de *IfcEarthworksElement* ligada hierarquicamente a localização da obra (*IfcSite*) com o intuito de agrupar toda a informação da terraplenagem neste objeto. Cada elemento (corte ou aterro) da terraplenagem deverá ser ligado hierarquicamente a este

IfcEarthworksElement que, por sua vez, fará referência a um alinhamento (*IfcAlignment*) para o correto posicionamento dos elementos da terraplenagem, que podem ser:

- *IfcEarthworksCut* (Cortes)
- *IfcEarthworksFill* (Aterros)

Precisaremos modelar todo o projeto de terraplenagem, compreendendo:

- **Identificação, classificação e características dos materiais (1ª, 2ª e 3ª categorias);**

Para identificar os materiais devemos usar uma instância de *IfcMaterial* para cada material existente na obra

IfcMaterial, Name="Solo - 1ª Categoria",

- *IfcPropertySingleValue* (Name="Empolamento", NominalValue=1.15),
- *IfcPropertySingleValue* (Name="Grau de Compactação", NominalValue=0.87)
- *IfcPropertySingleValue* (Name="CBR95", NominalValue=10)

IfcMaterial, Name="Solo - 2ª Categoria"

IfcMaterial, Name="Solo - 3ª Categoria"

Todas as características geotécnicas conhecidas dos materiais estudados devem ser inseridas no modelo.

- **Identificação e Localização de todos os Cortes e Aterros e os seus volumes e materiais;**

Cada corte deve ser identificado com uma instância de *IfcEarthworksCut* com a propriedade Name única e uma *IfcPropertySet* associada com as propriedades:

- *IfcPropertyReferenceValue*, Name="estaca_inicio", PropertyReference=referent_inicio;
- *IfcPropertyReferenceValue*, Name="estaca_fim", PropertyReference=referent_fim;
- *IfcQuantityVolume*, Name = "volume", VolumeValue = volume total a ser escavado em m³;
- *IfcPropertyReferenceValue*, Name="material", PropertyReference = ifcMaterial;
- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'executado', NominalValue =percentual do serviço já executado (REAL)

Cada aterro deve ser modelado de forma análoga, contudo utilizando a entidade *IfcEarthworksFill*.

Os cortes e aterros devem estar ligado hierarquicamente ao *IfcEarthworksElement* da obra com *IfcRelAggregates* e contidos espacialmente no *IfcSite* usando *IfcRelContainedInSpatialStructure*.

A Representação Geométrica dos volumes de corte e aterro no modelo 3D devem ser poliedros formados pela diferença das superfícies de projeto e da topografia.

- **Identificação e Localização das Caixas de Empréstimo, Jazidas e Bota-Fora;**

Caixas de Empréstimo e Jazidas devem ser tratadas como sendo um Corte usando o *IfcEarthworksCut* com as mesmas propriedades e lembrando que o nome deve ser único para cada Corte, Caixa ou Jazida.

Bota-Fora é uma área geográfica (*IfcGeographicElement*) para descarte de material durante a obra para posterior tratamento de passivo ambiental. Para cada bota-fora deve ser instanciado um

IfcGeographicElement com nome “Bota-Fora xx” ou algo semelhante que o descreva e nele associado a quantidade de material esperado. Cada Bota-Fora deve estar ligado hierarquicamente ao *IfcEarthworksElement* da obra com *IfcRelAggregates* e contido espacialmente no *IfcSite* global da obra com *IfcRelContainedInSpatialStructure*.

Os principais serviços de terraplenagem associados são:

- Limpeza do terreno;
- Movimentações de Terra - Escavação, Carga e Transporte de Material;
- Compactação de Aterros
- Recomposição de Aterros (passivos ambientais)

Limpeza do Terreno

O serviço de Limpeza do Terreno compreende normalmente a remoção da camada vegetal dividida entre árvores com diâmetro maior ou menor que 15cm ou 20cm e a carga e o transporte do entulho. A remoção é medida em m² (área), a carga é medida em m³ (volume) e o transporte é medido em m³ x km (volume transportado). Para modelar este serviço iremos criar uma instância de *IfcTask* para cada um dos serviços relacionados com Limpeza do Terreno e associar um *IfcPropertySet* com as propriedades:

- *IfcPropertySingleValue*, Name = ‘quantidade_servico’, NominalValue = valor a ser multiplicado pelo preço unitário (REAL);
- *IfcPropertySingleValue*, Name = ‘codigo_servico’, NominalValue = código na tabela de encargos (INTEGER);
- *IfcQuantityTime*, Name="duracao_previsa", TimeValue = duração prevista para a execução do serviço;
- *IfcQuantityTime*, Name="duracao_real", TimeValue = duração real;
- *IfcPropertySingleValue*, Name = ‘executado’, NominalValue =percentual do serviço já executado (REAL)

Alguns serviços de Limpeza esperados são:

IfcTask, Name="Remoção de árvores com diâmetro menor que 15 cm"

IfcTask, Name="Remoção de árvores com diâmetro maior que 15 cm"

IfcTask, Name="Carga de Entulhos"

IfcTask, Name="Transporte de Entulhos"

Movimentações de Terra - Escavação, Carga e Transporte de Material

O padrão IFC permite modelar os serviços de Escavação, Carga e Transporte individualmente, mas todos esses serviços, no Brasil, são executados sequencialmente pelo empreiteiro e cobrados em um único item do orçamento, portanto iremos modelar os três serviços como se fosse um único (*IfcTask*) e associar um *IfcPropertySet* com as propriedades:

- *IfcPropertyReferenceValue*, Name="origem", PropertyReference=corte ou caixa de empréstimo;
- *IfcPropertyReferenceValue*, Name="destino", PropertyReference=aterro ou bota-fora;
- *IfcPropertyReferenceValue*, Name="material", PropertyReference=ifc_material_transportado;
- *IfcQuantityVolume*, Name = “volume” (Volume total que foi escavado, carregado e transportado);
- *IfcQuantityTime*, Name="duracao_previsa" (Duração prevista para a operação completa);
- *IfcQuantityTime*, Name="duracao_real" (Duração real);

- *IfcQuantityLength*, Name = "DMT" (Distância Média de Transporte em metros);
- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'codigo_servico' → INT - código do serviço na tabela de encargos;
- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'executado' → REAL - percentual do serviço já executado

Compactação de Aterros

Para modelar o serviço de compactação de aterros iremos criar uma instância de *IfcTask* para cada aterro a ser compactado e associar um *IfcPropertySet* com as propriedades:

- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'quantidade_servico', NominalValue = valor a ser multiplicado pelo preço unitário (REAL);
- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'codigo_servico', NominalValue = código na tabela de encargos (INTEGER);
- *IfcQuantityTime*, Name="duracao_prevista", TimeValue = duração prevista para a execução do serviço;
- *IfcQuantityTime*, Name="duracao_real", TimeValue = duração real;
- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'executado', NominalValue = percentual do serviço já executado (REAL)

Para cada *IfcTask* criado na terraplenagem:

- Utilize *IfcRelDefinesByProperties* para relacionar com o seu *IfcPropertySet* específico.
- Utilize *IfcRelAggregates* para relacionar hierarquicamente com o *IfcSite*, pois, em algum momento, no aplicativo BIM, os *IfcTask* serão ordenados com *IfcRelNests* para compor o cronograma.

Ao final, avalie a estabilidade do modelo verificando se a soma de toda a movimentação de terra confere com a quantidade de empréstimos, cortes, aterros e bota-foras.

Recomposição de Aterros

O serviço de recomposição de aterros é normalmente medido em área (m²). Para modelar este serviço instanciaremos um *IfcTask*, com a propriedade Name = "Recomposição do Aterro XX" ou "Recomposição do Bota-Fora XX" e um *IfcPropertySet* igual ao de Compactação de Aterros.

- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'quantidade_servico', NominalValue = valor a ser multiplicado pelo preço unitário (REAL);
- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'codigo_servico', NominalValue = código na tabela de encargos (INTEGER);
- *IfcQuantityTime*, Name="duracao_prevista", TimeValue = duração prevista para a execução do serviço;
- *IfcQuantityTime*, Name="duracao_real", TimeValue = duração real;
- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'executado', NominalValue = percentual do serviço já executado (REAL)

Drenagem (OAC, Superficial e Profunda) - *IfcSystem*

Para modelar corretamente a drenagem de uma obra devemos usar as entidades criadas no IFC para cada um dos elementos existentes no projeto. Abaixo relacionamos os dispositivos de drenagem mais comuns encontrados em rodovias e as suas entidades correlatas no padrão IFC.

- Meio-Fio - *IfcKerb*
- Berço para assentamento de bueiros - *IfcFooting*
- Sarjetas, Canaletas e DCD - *IfcPipeSegment* (*PredefinedType* → *GUTTER*)
- DLP e Bueiros - *IfcPipeSegment* (*PredefinedType* → *CULVERT*)

- Caixas Coletoras e Poços de Visita - *IfcDistributionChamberElement*
- Entradas para Descidas D'água - *IfcDistributionFlowElement*
- Bocas de Saída de Bueiro - *IfcDistributionFlowElement*
- Dissipadores - *IfcSlab*

Existem elementos de drenagem pontuais como caixas coletoras ou entradas e saídas d'água que tem a sua posição referenciada ao eixo da rodovia.

Existem elementos lineares como meio-fios, canaletas e sarjetas que são longitudinais ao eixo e, portanto, tem a sua posição inicial e final referenciadas ao eixo.

Independente se o elemento for pontual ou linear, ele estará sempre referenciado ao eixo da rodovia e no seu posicionamento devemos utilizar a dupla *IfcLinearPositioningElement* e *IfcLinearPlacement*

Os bueiros são elementos lineares e quase sempre cruzam o eixo da rodovia. O seu posicionamento acontece na estaca onde o bueiro intercepta o eixo geométrico e a sua geometria é definida a partir do diâmetro, da esconsidade e comprimento a montante e a jusante como estipulado no projeto. Em cada extremidade, uma boca de saída padrão será construída conforme especificação de projeto.

Sugerimos iniciar a modelagem da drenagem criando um elemento *IfcSystem* com o nome "Sistema de Drenagem". Analogamente ao que foi feito na Terraplenagem, esse objeto deverá ser ligado ao *IfcSite* usando *IfcRelAggregates* e será o ancestral de todos os dispositivos de drenagem que serão construídos na obra.

Cada dispositivo de drenagem do projeto (*IfcKerb*, *IfcPipeSegment*, ...), com as suas quantidades e parâmetros de desenho deverá ser instanciado e ligado hierarquicamente ao *IfcSystem* criado.

Quando todos os elementos de drenagem estiverem semanticamente definidos na árvore de elementos da obra e as suas representações geométricas associadas, deve-se instanciar *IfcTask* para todos os serviços demandados na construção de cada elemento de drenagem e o associar ao conhecido *IfcPropertySet*

- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'quantidade_servico', NominalValue = valor a ser multiplicado pelo preço unitário (REAL);
- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'codigo_servico', NominalValue = código na tabela de encargos (INTEGER);
- *IfcQuantityTime*, Name="duracao_prevista", TimeValue = duração prevista para a execução do serviço;
- *IfcQuantityTime*, Name="duracao_real", TimeValue = duração real;
- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'executado', NominalValue =percentual do serviço já executado (REAL)

Pavimentação - *IfcPavement*

O projeto de pavimentação entrega informações importantes para a execução da obra, entre elas:

- Definição do tipo de pavimento, normalmente rígido ou flexível;
- Identificação dos materiais a serem utilizados para sub-base e base;
- Localização de jazidas;
- Definição dos segmentos homogêneos (onde o pavimento possui as mesmas características);
- Nota de Serviço de Pavimentação;
- Quantidades em m³ dos materiais utilizados;
- Definição dos serviços necessários para a execução do Projeto de Pavimentação. (No SICRO

existem mais de 400 serviços associados a pavimentação rodoviária).

A modelagem da pavimentação rodoviária deve se iniciar com a discretização da rodovia em segmentos homogêneos. Para isso devemos instanciar um *IfcRoadPart* por segmento homogêneo, com *PredefinedType* = ROADSEGMENT e *UsageType* = LONGITUDINAL.

Depois instancie um *IfcPavement* com *PredefinedType*: FLEXIBLE/RIGID, que representa a área pavimentada daquele segmento e relacione os dois com *IfcRelContainedInSpatialStructure*.

Instancie um *IfcCourse* para cada camada de pavimento (sub-base, base, revestimento) que deve ter o seu atributo *Name* definido de forma clara como, por exemplo, "Camada de Base". Cada camada deverá se relacionar com o *IfcPavement* correspondente usando *IfcRelAggregates*.

No caso de repetição de padrões em segmentos homogêneos distintos, um *IfcPavementType* pode ser criado para ser reutilizado em segmentos homogêneos distintos através da relação *IfcRelDefinesByType*.

Cada material utilizado no pavimento (subbase, base e revestimento) deve estar definido com uma instância de *IfcMaterial* com todos os parâmetros de projeto (CBR, granulometria, ...) associados em uma *IfcPropertySet*.

As **Jazidas** de pavimentação podem ser modeladas como *IfcGeographicElement* relacionado com *IfcSite* usando *IfcRelAggregates*. A jazida deve se relacionar com a camada de pavimento (*IfcCourse*) onde será utilizada usando *IfcRelAssociatesMaterial*. Devem ter o seu atributo *Name* caracterizando a jazida de forma clara e uma *IfcPropertySet* associada com as propriedades:

- *IfcPropertyReferenceValue*, *Name*="estaca_inicio", *PropertyReference*=referent_inicio;
- *IfcPropertyReferenceValue*, *Name*="estaca_fim", *PropertyReference*=referent_fim;
- *IfcQuantityVolume*, *Name* = "volume", *VolumeValue* = volume total a ser escavado em m³;
- *IfcPropertyReferenceValue*, *Name*="material", *PropertyReference* = ifcMaterial;
- *IfcPropertySingleValue*, *Name* = 'executado', *NominalValue* =percentual do jazida já utilizada (REAL)

Em cada segmento homogêneo (*IfcRoadPart*) deve ser associado um *IfcPropertySet* com propriedades que definam a sua localização (estaca inicial e final). Também serão necessários modelar todos os serviços de pavimentação definidos no projeto. Para isso deve ser instanciado um *IfcTask* para cada serviço demandado e o associar ao *IfcPropertySet*

- *IfcPropertySingleValue*, *Name* = 'quantidade_servico', *NominalValue* = valor a ser multiplicado pelo preço unitário (REAL);
- *IfcPropertySingleValue*, *Name* = 'codigo_servico', *NominalValue* = código na tabela de encargos (INTEGER);
- *IfcQuantityTime*, *Name*="duracao_prevista", *TimeValue* = duração prevista para a execução do serviço;
- *IfcQuantityTime*, *Name*="duracao_real", *TimeValue* = duração real;
- *IfcPropertySingleValue*, *Name* = 'executado', *NominalValue* =percentual do serviço já executado (REAL)

Sinalização - *IfcSign*

Para modelar a sinalização rodoviária devemos seguir o mesmo ritual utilizado nas disciplinas anteriores.

Para cada elemento da sinalização vertical deve ser instanciado uma entidade *IfcSign* para o painel da

placa com o atributo *Name* contendo o código da placa (ex.: R-1, A-4, etc.)

- *PredefinedType* → *PICTORAL* (placa com pictograma/texto);
- *PredefinedType* → *MARKER* (marcos quilométricos ou balizadores).

Estruturas de suporte (poste ou pórtico) devem ser modeladas como *IfcElementAssembly* (*PredefinedType* → *SIGNALASSEMBLY*) agregando *IfcMember* (poste), *IfcBeam/IfcColumn* (pórtico), *IfcFooting* (fundação) e *IfcSign* para cada painel de placa.

Para cada elemento da Sinalização horizontal (pinturas e símbolos) devemos criar uma instância de *IfcSurfaceFeature* com *PredefinedType* específico:

- *LINEMARKING* (eixos/faixas);
- *SYMBOLMARKING* (setas, "DEVAGAR", "PARE");
- *HATCHMARKING* (zebrados/ilhas);
- *RUMBLESTRIP* (sonorizadores)

Aplique *Pset_RoadMarkingCommon* (cor, espessura, material, método de aplicação). Relacione ao pavimento com *IfcRelAdheresToElement*.

Para posicionar os elementos da sinalização que são pontuais devemos usar a dupla *IfcLinearPositioningElement* e *IfcLinearPlacement* e para as faixas horizontais devemos definir estaca inicial (*IfcReferent*) e estaca final (*IfcReferent*) em cada elemento.

Todos os elementos da sinalização rodoviária seja vertical (*IfcSign*) ou horizontal (*IfcSurfaceFeature*) deverão estar ligados ao *IfcSite* usando *IfcRelAggregates*.

Desapropriações - *IfcSpatialZone* (*PredefinedType* → *OCCUPANCY*)

Cada propriedade a ser desapropriada na construção da rodovia deve ser modelada como um *IfcSpatialZone* com *PredefinedType* → *OCCUPANCY* e hierarquicamente ligado ao *IfcSite* principal do projeto usando *IfcRelAggregates*.

Anexe o *Pset_LandRegistration* ao *IfcSpatialZone* da parcela para guardar a Matrícula/Transcrição/RGI/Rural (*LandTitleID*), Matrícula cadastral (*LandID*) e se ela é definitiva (*IsPermanentID*).

Quantifique a área da parcela com *Qto_SiteBaseQuantities.GrossArea* (e perímetro com *GrossPerimeter*).

Para a representação geométrica, crie um polígono 2D para a área sobrepondo as parcelas e o transforme num sólido usando a entidade *IfcExtrudedAreaSolid* com o atributo *Depth* → 3.0 metros

Contenha a área no *IfcSite* do projeto com *IfcRelContainedInSpatialStructure*.

Atores, documentos, aprovações e custos

Proprietários e poder público → crie *IfcActor* (pessoa física e jurídica) e associe a parcela via *IfcRelAssignsToActor* com o papel *OWNER* (proprietário) e *ACQUIRER* (adquirente).

Documentos legais (Declaração de Utilidade Pública, laudos, termo de imissão, registros cartorários)

Instancie *IfcDocumentReference/IfcDocumentInformation* ligados à parcela e/ou zona por *IfcRelAssociatesDocument*.

Indenização/valoração

Crie um *IfcCostItem* com os valores (base de avaliação, data, correções) e ligue à parcela/zona via *IfcRelAssignsToControl*

Interferências - *IfcSpatialZone* (*PredefinedType* → *INTERFERENCE*)

É comum que, num projeto rodoviário, a sua diretriz cruze, em algum momento, uma adutora de água, uma tubulação de óleo/gás ou outro desafio que a desapropriação não pode resolver. Quando estas situações acontecem, os engenheiros utilizam ferramentas de geometria espacial para projetar uma solução que pode ser desde um simples *ByPass* até uma OAE. Seja qual for a interferência, o importante é modelar a área onde ela ocorre e a solução (conjunto de serviços) que foi adotada para lidar com ela. Softwares BIM de acompanhamento de obra sempre vão alertar, com antecedência, os locais aonde existem interferências, para que os serviços adequados possam ser ativados e evitar com que uma máquina pesada provoque um acidente numa tubulação.

Modelagem das interferências

Para cada área onde ocorrer uma interferência no projeto devemos instanciar uma entidade *IfcSpatialZone* com o *PredefinedType* → *INTERFERENÇA* que estará ligada hierarquicamente ao *IfcSite* usando *IfcRelAggregates*. Utilize a dupla *IfcLinearPositioningElement* e *IfcLinearPlacement* para o posicionamento e para a representação geométrica, crie um polígono 2D englobando toda a área afetada pela interferência e o transforme num sólido transparente de cor vermelha (para destacar no modelo) usando a entidade *IfcExtrudedAreaSolid* com o atributo *Depth* → 3.0 metros

Para cada serviço ligado a interferência, devemos instanciar um *IfcTask* e associar o *IfcPropertySet*:

- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'quantidade_servico', NominalValue = valor a ser multiplicado pelo preço unitário (REAL);
- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'codigo_servico', NominalValue = código na tabela de encargos (INTEGER);
- *IfcQuantityTime*, Name="duracao_prevista", TimeValue = duração prevista para a execução do serviço;
- *IfcQuantityTime*, Name="duracao_real", TimeValue = duração real;
- *IfcPropertySingleValue*, Name = 'executado', NominalValue = percentual do serviço já executado (REAL)

Dessa forma os aplicativos BIM saberão localizar corretamente essas áreas e alertar antes que as máquinas possam atingir uma interferência.

Iluminação - *IfcDistributionSystem* (*PredefinedType* → *ELECTRICAL*)

A modelagem do projeto de Iluminação de uma rodovia começa com a criação de uma entidade *IfcDistributionSystem* (*PredefinedType* → *ELECTRICAL*) que estará ligada a *IfcSite* usando *IfcRelAggregates* e

será o ancestral de todos os elementos de iluminação do projeto, que podem ser:

- **Luminária:** *IfcLightFixture* e preencher *Pset_LightFixtureTypeCommon* (fluxo luminoso, potência, CCT, CRI etc.).
- **Poste e braço:** geralmente como conjunto *IfcElementAssembly* com componentes:
 - fuste como *IfcMember* (ou *IfcColumn*);
 - braço como *IfcMember*;
 - base/chapa/console como *IfcPlate* e fundação como *IfcFooting*.
 - Os itens são agregados ao *assembly* via *IfcRelAggregates*.
- **Sistema de iluminação:** agrupe todos os elementos num *IfcDistributionSystem* com *PredefinedType* → *LIGHTING*. Isso representa o subsistema “Iluminação Pública/Viária” (útil para medições e manutenção).
- **Alimentação e circuitos:**
 - quadro / painel: *IfcDistributionBoard*;
 - cabos: *IfcCableSegment* (+ *IfcCableSegmentType* para padronizar família);
 - conectividade: *IfcDistributionPort* nos componentes (fonte/sumidouro) para conectar rede e terminais.

Posicionamento dos elementos (estaqueamento e offset)

Para cada poste/armário/luminária, use *IfcLinearPlacement* referenciando a curva do eixo (idealmente u m *IfcAlignment*). Defina *DistanceAlong* (km/estaca), *OffsetLateral* (ex.: 7,50 m) e *OffsetVertical* (coroamento/soleira).

O ponto é descrito por *IfcPointByDistanceExpression*.

Paisagismo - *IfcGeographicElement* (*PredefinedType* → *VEGETATION*)

Para cada área de paisagismo a ser modelada deve ser criada uma instância de *IfcGeographicElement* com *PredefinedType* → *VEGETATION*, que deverá estar ligada hierarquicamente ao *IfcSite* do projeto usando *IfcRelAggregates*.

- **Tipo (catálogo):** crie um *IfcGeographicElementType* por espécie/variedade (ex.: *Handroanthus chrysotrichus* = ipê-amarelo) e tipifique as ocorrências.
- **Propriedades:** aplique *Pset_VegetationCommon*. Tem campos como *BotanicalName* e *LocalName*.
- **Geometria:**
 - **Árvore e arbusto isolado:** sólido simples ou cilindro/cone estilizado (LOD baixo) para manter o arquivo leve; para repetição em massa, **use geometria mapeada** (*IfcRepresentationMap* / *IfcMappedItem*) no tipo e instancie nas ocorrências;
 - **Maciço, gramado ou canteiro:** represente como **superfície** (*IfcFacetedBrep* ou *IfcTriangulatedFaceSet*) cobrindo a área implantada;
 - **Posicionamento ao longo do eixo (estaqueamento):** para fileiras de árvores, jardins lineares etc., **use *IfcLinearPlacement*** referenciando o alinhamento (*IfcAlignment*), evitando coordenadas cartesianas.

- **Quantitativos:** agregue um *IfcElementQuantity*:
 - *IfcQuantityCount* para número de mudas,
 - *IfcQuantityArea* para área de plantio,
 - *IfcQuantityLength* para comprimento de faixa plantada.

Aqui encerramos a nossa sugestão de padronização do uso das entidades existentes no esquema IFC 4+ no âmbito do segmento rodoviário brasileiro, ou simplesmente, **Guia de Modelagem de Obras Rodoviárias no Padrão IFC 4.3.2**. A cada atualização do esquema IFC, este documento será revisto e publicada uma atualização, se necessário. Qualquer crítica construtiva ou sugestão de alternativa de modelagem será sempre bem-vinda através do e-mail do autor na primeira página. Esperamos que as sugestões propostas neste documento possam contribuir, de alguma forma, para o avanço do uso do BIM no setor rodoviário do nosso país.