



AEAMESP



## **SIP - SISTEMA INTEGRADO DE PROJETOS DE SISTEMAS E CIVIL**

Autores: Carlo Borsoi Moura, Rubens Navas Borloni e Gerson Luiz Martines



AEAMESP



21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA”, “PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Categoria: Tecnologias de implantação, operação e manutenção de sistemas de transporte

**Título do trabalho:**

SIP - SISTEMA INTEGRADO DE PROJETOS DE SISTEMAS E CIVIL



AEAMESP



## Introdução

O Metrô-SP está implantando nas áreas de concepção de Projetos Civis o processo BIM – Building Information Modeling ou Modelagem de Informações da Construção. O BIM é um eficiente processo de gestão e projeto, pois rompe paradigmas no desenvolvimento de projetos, oferecendo diversas possibilidades de integração de disciplinas, aliadas às mais modernas tecnologias computacionais, cuja aplicação pode abranger todo o ciclo de vida de um empreendimento.

Na área de concepção de Projetos de Sistemas, está sendo implementado uma base de conhecimento de requisitos, para aperfeiçoar a comunicação, colaboração e verificação de requisitos em toda sua organização e em sua cadeia de um fornecimento do Sistema. Essa solução escalável pode ajudar a gerenciar o escopo e custo do projeto e atender às metas de negócios. Esta base é armazenada e manipulada pela ferramenta de Gestão de Requisitos IBM Rational DOORS, que permite capturar, rastrear, analisar e gerenciar as mudanças nas informações e demonstrar a conformidade com os regulamentos e padrões da sua organização.

O objetivo deste trabalho é mostrar a integração de dados dos projetos civis e esquemas de engenharia (BIM) com os requisitos dos sistemas e material rodante (Requisitos).

Esta interação irá facilitar as análises de interferência entre as especificações de requisitos de sistemas e os projetos civis e também para validar os dados das especificações de requisitos com esquemas elétricos, mecânicos e outros.



AEAMESP



## 2 - Diagnóstico

### 2.1 - Sistemas e Gestão de Requisitos para Sistemas Metroferroviários

#### 2.1.1 - Conceitos de Requisitos e a necessidade de sua Gestão

Um requisito é definido como "uma condição ou uma capacidade com a qual o sistema deve estar de acordo". A existência de um requisito, exige a criação dos cenários (testes) de verificação e validação (V&V) para constatar e comprovar que o comportamento do sistema está de acordo com as exigências e regras da organização, as quais fazem parte da especificação de concepção do sistema.

Os **requisitos funcionais** especificam ações que um sistema deve ser capaz de executar, sem levar em consideração restrições físicas. Geralmente, isso é melhor descrito em um modelo de casos de uso. Os requisitos funcionais especificam, portanto, o comportamento de entrada e saída de um sistema sem considerar, às vezes, as interferências externas.

Os requisitos que não são funcionais, às vezes são chamados de **requisitos não funcionais** descrevem apenas os **atributos do sistema** ou **atributos do ambiente do sistema**.

Quanto maior e mais complexo o sistema a ser desenvolvido, como é o caso do setor metroferroviário, mais expressões ou tipos de requisitos aparecerão e maior será o volume de requisitos a serem gerenciados. Declarações de "regras de negócios" e de "visão" para um projeto levam às "necessidades do usuário", às "características" ou a outros "requisitos do produto". **Casos de uso** ou outras formas de modelagem e outras **Especificações Suplementares** conduzem os requisitos de design, que podem ser decompostos em "requisitos de software" funcionais e não funcionais representados em diagramas e modelos de análise e design.

Na Engenharia de Sistema aplica-se o conceito do ciclo V, figura 1, o qual possui um conceito básico de subdivisão das fases do projeto e a necessidade de rastreabilidade dos requisitos

ao longo de todo ciclo de vida do projeto. A esquerda do ciclo V é demonstrada a fase de decomposição dos requisitos para os vários níveis de especificação, considerando alto nível e baixo nível de detalhamento do requisito, no qual a gestão dos requisitos é fundamental para atingirmos assertividade no detalhamento do projeto. Já a direita do ciclo V, se encontram a fase de integração e a validação do projeto até a entrega do sistema, onde a rastreabilidade dos requisitos entre os dois lados do ciclo V é essencial para a garantia do pleno atendimento aos requisitos da especificação.



Figura 1 – Ciclo V - Fonte: IBM Rational, 2014

Não é só a rastreabilidade o fator preponderante para garantir uma sólida e robusta base de conhecimento de requisitos. O entendimento e a clareza do escopo do requisito também é fundamental para que todas as partes envolvidas, seja o usuário final ou uma interface com outro sistema, possa entender a mensagem escrita do requisito. Para que isto seja alcançado, deve-se definir algumas características e métricas para que os requisitos possam ser considerados bem escritos e possam satisfazer as necessidades de todas as partes envolvidas. As características e métricas necessárias para se considerar a clareza e o

entendimento do requisito deve contemplar os seguintes aspectos: 1) necessário, 2) conciso, 3) independente de implementação, 4) factível ou atingível, 5) completo, 6) consistente, 7) não ambíguo, 8) verificável.

Segundo os estudos do grupo Standish Chaos, 1995, figura 2, considerou-se uma estatística de 48% de problemas nos projetos causados pelos requisitos. As três maiores razões de sucesso de um projeto são o envolvimento do usuário final, suporte e apoio do gerente de projeto e a declaração clara dos requisitos. Existem outros parâmetros para o sucesso do projeto, porém com esses três elementos chaves existe uma grande chance de sucesso. Sem estes três elementos chaves, a chance de aumentar a falha e os riscos do projeto pode ser dramática.

Um outro exemplo clássico de insucesso de projeto foi o Navio de Guerra VASA – Sweden em 1625, no qual o rei Gustavo alterou significativamente os requisitos do projeto (tamanho, quantidade de decks com armamentos, etc) durante a sua execução, alterando de forma significativa o centro de gravidade do navio e comprometendo todo o projeto de estabilização do navio.

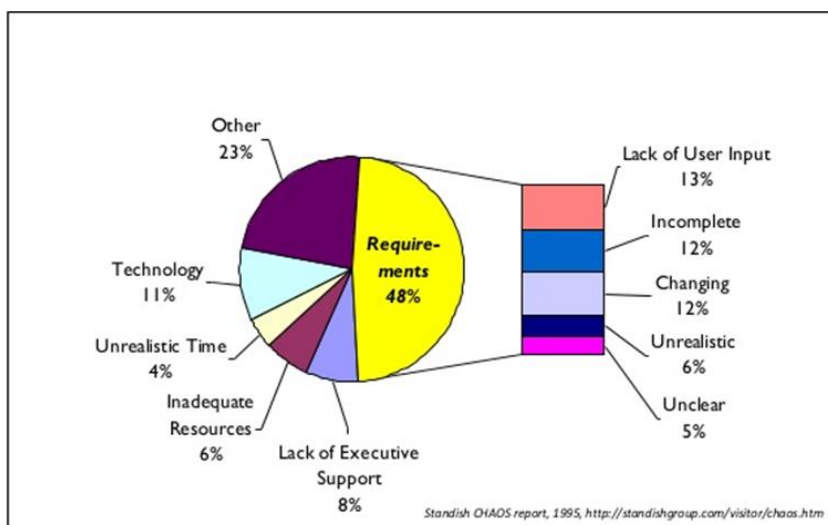


Figura 2 – Problemas nos projetos de Grande Porte - Fonte: Standish CHAOS report, 1995



AEAMESP



Diante dos estudos estatísticos mundiais do benchmark de projetos de grande porte, como o setor metroferroviário, a gestão de requisitos ao longo do ciclo de vida do projeto é fundamental para tornar clara o entendimento e o envolvimento de todas as partes interessadas no projeto.

### **2.1.2 – Aplicabilidade e usabilidade da ferramenta DOORS na Engenharia de Projetos do Metrô de São Paulo.**

Durante o processo de desenvolvimento dos requisitos de projeto do Metrô de São Paulo, são criadas diversas classes ou categorias de requisitos: técnicos, funcionais, segurança, operacionais, desempenho, interfaces, os quais necessitam serem produzidos de uma forma sistêmica, utilizando os conceitos e as boas práticas da Engenharia de Sistemas. Durante a produção destes requisitos são criados diversos cenários referentes aos seus casos de uso nas diversas classes de requisitos. Uma informação bastante relevante para os envolvidos na produção dos requisitos é a interrelação e a correlação existente entre eles nas diversas classes dos requisitos, ou seja, se faz necessário manter continuamente uma rastreabilidade atualizada entre os requisitos produzidos nas diversas classes. Tal rastreabilidade traz vários benefícios para a qualidade, assertividade e eficiência no desenvolvimento do projeto e na gestão dos requisitos de projeto.

Segundo a IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), o termo rastreabilidade (traceability) é definido da seguinte maneira [1990 IEEE Std. Glossary]:

*“ The degree to which a relationship can be established between two or more products of the development process, especially products having a predecessor-successor or master-subordinate relationship to one another; for example, the degree to which the requirements and design of a given software component match; (2) The degree to which each element in a software development product establishes its reason for existing; for example, the degree*



AEAMESP



*to which each element in a bubble chart references the requirement that it satisfies.”*

Ou seja, rastreabilidade é o ato de se manter uma representação das associações diretas e indiretas entre os vários requisitos produzidos durante o desenvolvimento de uma Concepção de Projeto Básico. Através dessa representação podemos entender o grau de relação entre esses vários requisitos produzidos e também podemos observar qual a direção de dependência existente entre eles nas diversas classes de requisitos.

Segundo os conceitos da Engenharia de Requisitos utilizada desde a década de 70, cada perfil de stakeholder possui necessidades específicas [2006 Model Traceability], como por exemplo:

- O gerente de projeto quer saber se todos os requisitos foram satisfeitos e se cada componente satisfaz um requisito;
- O gerente de requisitos necessita entender a evolução das mudanças dos requisitos, quais os motivos das mudanças e impactos em outros requisitos relacionados;
- O desenvolvedor pode estimar melhor o tempo e custo necessário para implementação de uma mudança avaliando os seus respectivos impactos;
- O desenvolvedor pode encontrar soluções alternativas para resoluções de problemas;

A manutenção da rastreabilidade é definida e obrigatória em vários padrões de qualidade de software, tais como: MIL-STD-498, IEEE/EIA 12207 e ISO/IEC 12207. [2006 Model Traceability], o que mostra a importância do seu papel na qualidade da produção de um software.

A grande maioria das ferramentas de rastreabilidade do mercado define apenas uma relação de sucessor e predecessor de forma unilateral ou bilateral, porém a ferramenta IBM Rational



DOORS permite aos usuários criarem novos tipos de relacionamentos que se alinhem com os processos utilizados em suas organizações.

Além disso, a ferramenta IBM Rational DOORS permite a percepção automática de quebra de relacionamento durante o ambiente de produção dos requisitos, bem como permite a criação de matriz de rastreabilidade, onde é possível a construção de consultas específicas sobre um conjunto de requisitos, e descobrir, por exemplo, quais funcionalidades e requisitos do Sistema em questão foram definidos, mas ainda não foram implementados.

É possível salvar uma visão da matriz resultante da consulta, deixando claro para todos envolvidos o que ainda falta ser feito durante todo o ciclo de vida do projeto.

A ferramenta IBM Rational DOORS é um aplicativo de gerenciamento de requisitos para otimizar a comunicação, colaboração e verificação de requisitos em toda sua organização e em sua cadeia de um fornecimento do Sistema. Essa solução escalável pode ajudar a gerenciar o escopo e custo do projeto e atender às metas de negócios. A ferramenta permite capturar, rastrear, analisar e gerenciar as mudanças nas informações e demonstrar a conformidade com os regulamentos e padrões da sua organização.

A GCS – Gerência de Concepção de Sistemas do Metrô de São Paulo tem a atribuição de conceber projetos, elaborar e atualizar os Projetos Básicos de Sistemas, assim como coordenar o desenvolvimento do projeto executivo dos projetos de Sinalização, Controle Centralizado e Material Rodante. Para que possamos ser eficazes em nossas atribuições, a ferramenta de gestão de requisitos é de suma importância tanto no desenvolvimento dos projetos básicos dos Sistemas, quanto na verificação e validação (V&V) dos requisitos especificados durante o projeto executivo, a qual nos proporcionará a rastreabilidade,

métrica e feedback necessário para a gestão dos requisitos de projeto produzidos pela Engenharia de Projetos.

Um outro ponto importante que a ferramenta vem proporcionando é a identificação dos requisitos de interface entre os diversos sistemas que compõem um empreendimento de Linha de Metrô, proporcionando como um excelente “plano de comunicação” entre todas as partes interessadas, seja como usuário final (operação ou manutenção) ou como um elemento de interface entre sistemas (entre as coordenações da GCS e demais áreas do projeto civil).

O resultado do uso desta ferramenta na Engenharia de Projeto vem trazendo grandes benefícios para a gestão do projeto, o qual resultará numa base de dados única dos requisitos de projeto para o Sistema de Sinalização e Controle que será manuseada através da ferramenta de gestão de requisitos, a qual será expandida para as demais disciplinas da Engenharia de Projeto da GCS.

Algumas vantagens da utilização da ferramenta de gestão de requisitos:

- Requisitos armazenados em um único local;
- Facilidade de acesso ao histórico de requisitos;
- Estrutura hierárquica de requisitos (taxonomia);
- Facilidade no controle do reuso dos requisitos;
- Requisitos com atributos associados à qualidade, validação e gestão;
- Rastreabilidade dos requisitos ao longo do ciclo de vida do projeto;
- Ambiente colaborativo de gestão de requisitos;
- Análise de cobertura de requisitos;



AEAMESP



- Gestão de mudanças de requisitos;
- Histórico de mudanças de requisitos, provendo uma mantabilidade dos requisitos ao longo do ciclo de vida do projeto;
- Maior robustez no desenvolvimento do Projeto Básico;
- Agilidade e assertividade na gestão dos requisitos nas fases do Projeto Básico e Executivo;
- Maior robustez no Projeto Executivo, gerando um melhor acompanhamento das fases posteriores (fabricação e testes).

Os requisitos definidos para o Sistema de Sinalização da Linha 15 Prata foi eleito para ser o projeto piloto incorporado na ferramenta de gestão de requisitos IBM Rational DOORS, a qual vem nos proporcionando de uma forma transparente o desenvolvimento do ciclo de vida do projeto com foco nos requisitos, bem como permite ao Metrô, verificar e validar (V&V), os itens de testes do sistema em conformidade com os requisitos do projeto.

A ferramenta IBM Rational Doors poderá proporcionando ao Metrô-SP ter uma integração com as bases de dados de requisitos dos fornecedores de Sistemas, proporcionando uma maior agilidade no processo de análise e verificação dos requisitos do fornecedor versus os requisitos do Metrô (compliance process).

Além das vantagens no nível técnico, a ferramenta possui recursos que poderá aprimorar as práticas gerenciais atuais proporcionando melhorias nos processos internos, na alocação de recursos e maior objetividade no atingimento de suas principais metas.



AEAMESP



## **2.2 - Modelagem BIM em projetos de Obra Civil e Sistemas**

### **2.2.1 - Definição**

BIM (Building Information Model ou Building Information Modeling) que significa tanto Modelo de Informação da Construção quanto Modelagem de informação da Construção é um conjunto de informações geradas e mantidas durante todo o ciclo de vida de uma construção civil.

O BIM abrange geometria, relações espaciais, informações geográficas, as quantidades e as propriedades construtivas de componentes (por exemplo, detalhes dos fabricantes).

Numa típica aplicação BIM a concepção da construção é feita através da agregação dos elementos construtivos tanto em 2D como em 3D. Para cada elemento construtivo, por exemplo, uma parede, é possível especificar não só os parâmetros geométricos como a espessura, o comprimento e a altura, como também outros parâmetros como o material da parede, as tramas de superfície, propriedades térmicas e acústicas, custos de material e custos de construção, entre outros, permitindo inclusive ao utilizador a introdução de parâmetros ao seu critério.

O BIM pressupõe que quando o projetista modela o edifício virtual, utilizando ferramentas tridimensionais, toda a informação necessária à representação gráfica (desenhos rigorosos), à análise construtiva, à quantificação de trabalhos e tempos de mão-de-obra, desde a fase inicial do empreendimento até a sua conclusão, ou até mesmo ao processo de desmontagem ao fim do ciclo de vida útil, se encontra no modelo.

### **2.2.2 - Benefícios do BIM**

A metodologia BIM já está trazendo resultados e mostrando os impactos positivos onde está sendo usada. Pelo trabalho apresentado por Lucy Guerin – The Benefits of BIM no McBloggin Lister podemos citar:

- Visualização 3D, proporcionando uma visualização precisa e antecipada de detalhes do projeto. Onde os participantes podem andar dentro do projeto.
- Gerenciamento de Interferências (clash detection), com a facilidade de visualização e a coordenação dos vários agentes dentro do projeto (através do software), e possível verificar os conflitos ou omissões de sistemas complementares no modelo produzido.
- Troca de informação e melhor comunicação no projeto, a pratica hoje utilizada com 2D, e muito desarticulada. Cada parte é responsável apenas por seus elementos no projeto, e cada mudança no projeto requer várias revisões em muitos documentos, checados e aprovados um a um. Este processo e muito lento e trabalhoso. Com o BIM, todas as disciplinas são discutidas juntas todos tem conhecimento de como uma disciplina pode impactar na outra. Conforme figura abaixo:

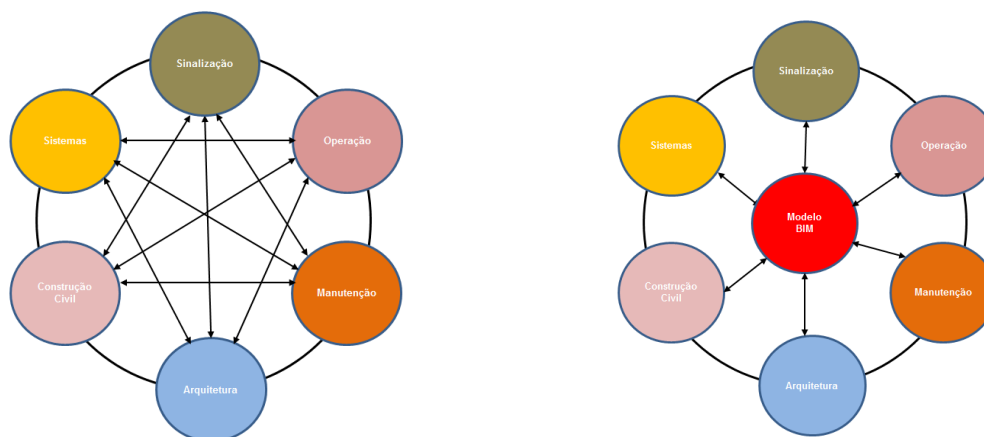


Figura 3 – Fonte: Autor

- Geração automática e padronizada dos documentos e folhas de projeto;
- Possibilidade de realização de diversos tipos de simulações.



AEAMESP



### **2.2.3 - Utilização no Metrô-SP**

Em setembro/2011 foi criado na GCI-Gerência de Concepção de Projetos Civis um grupo técnico para estudar e propor a implantação do BIM na Companhia do Metrô-SP. Este grupo constitui hoje o Núcleo de Implantação BIM da GCI e GCS – Gerência de Concepção e Projetos de Sistemas, cujos objetivos estão focados em viabilizar a utilização dos processos em BIM nos contratos de projetos.

Em setembro/2013 foi implantado o MAN 10 – 213 Diretrizes para o Desenvolvimento de Projetos BIM, cuja finalidade é estabelecer diretrizes para o desenvolvimento de projetos em Building Information Modeling (BIM), nas especialidades de Geotécnica, Estruturas, Via Permanente, Sistema Viário, Drenagem Superficial, Túneis, Arquitetura e Impermeabilização.

Em 2014 foi contratado o Projeto Básico Civil da Estação Ponte Grande (extensão da Linha 2) em BIM, neste ano também a GCS treinou uma equipe de técnicos no software homologado pelo Metrô-SP para uso no BIM, Autodesk - Revit MEP (Mechanical, electrical e plumbing). Durante a elaboração do Projeto Básico Civil da Estação Ponte Grande foram feitas várias reuniões de interface entre as áreas de Civil, Sistemas e Operação para revisão do projeto. Houve uma interação maior devido à mudança no processo com a utilização do BIM. Como piloto foi projetado uma parte do Sistema de Telecomunicações (câmeras e sonofletores) na estação Ponte Grande.

Em 2015 está sendo alterado o MAN 10-213 para atender as necessidades do Desenvolvimento de Projetos BIM para Sistemas.

### 3 - Análise dos resultados

O estudo de caso desenvolvido propõe a investigação da integração entre um projeto de engenharia civil contendo uma sala técnica e uma porta e um projeto de sistemas de sinalização e controle contendo a descrição dos requisitos da sala técnica

O objetivo desta integração é relacionar uma modificação no projeto civil que tenha um potencial impacto no projeto de sistema de sinalização e controle, de tal forma a manter a integridade dos projetos antes de sua construção e instalação. Isto permitirá a resolução de problemas na fase de projeto, evitando problemas que possam causar retrabalhos e custos potencialmente contornáveis.

#### 3.1 - Arquitetura

Neste estudo de caso, foi desenvolvida uma arquitetura de integração entre uma base de dados de obra civil modelada em BIM na ferramenta Autodesk REVIT 2015 e uma base de conhecimento de requisitos modeladas na ferramenta IBM Doors Next Generation 5.1, conforme figura 1.

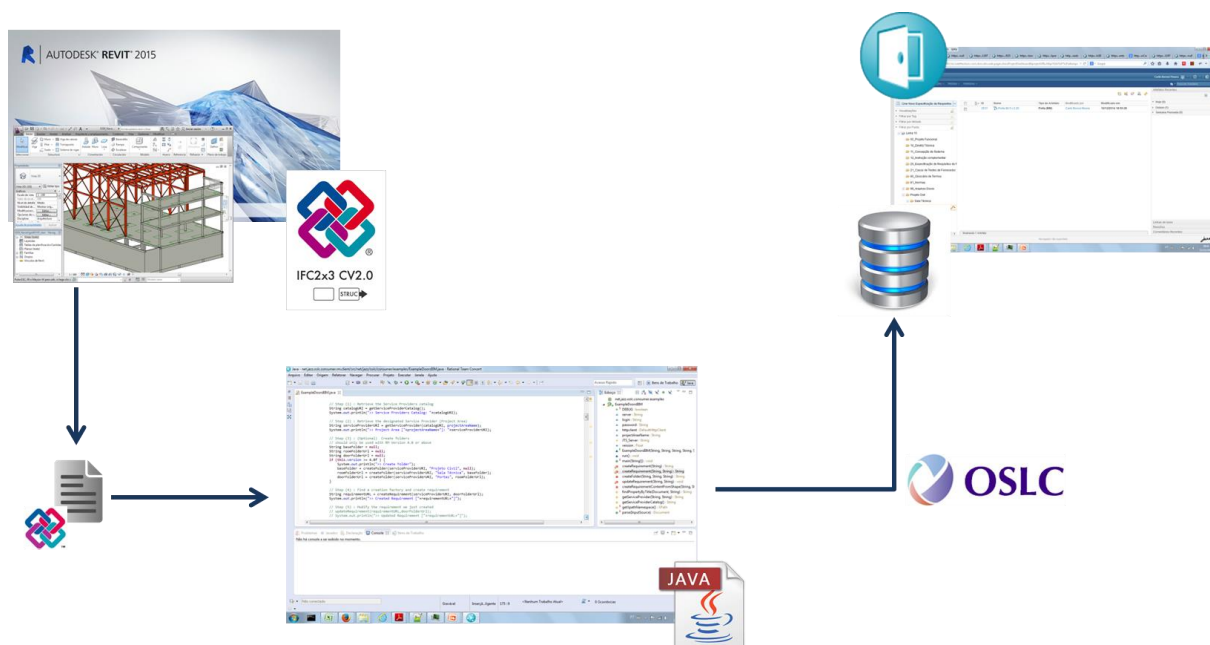


Figura 4 – Fonte: Autor



AEAMESP



Para a comunicação e integração das bases, foi desenvolvida um integrador, originalmente programado em JAVA, com conexão via OSLC com a os requisitos do IBM DoorsNG e conexão IFC com o Autodesk REVIT.

O IFC (Industry Foundation Classes) é um modelo de dados que descreve informações de um projeto civil, proporcionando metadados dos desenhos em um padrão que proporciona a interoperabilidade em diferentes bases de dados e consequentemente diferentes sistemas de software. O IFC provê informações semânticas de objectos de construção como a geometria, propriedades associadas e relacionamentos [BENTLEY, 2007].

Do lado do repositório de requisitos de sistema, utiliza-se o padrão OSCL (Open Services for Lifecycle Collaboration) baseado no W3C Linked Data que provê uma forma comum de integração das informações dos requisitos, seus atributos e relacionamentos.

### **3.2 – Informações de projeto civil**

Foi utilizado um desenho técnico de uma sala, como exemplo, onde estão definidos os dados dimensionais de várias partes do projeto.



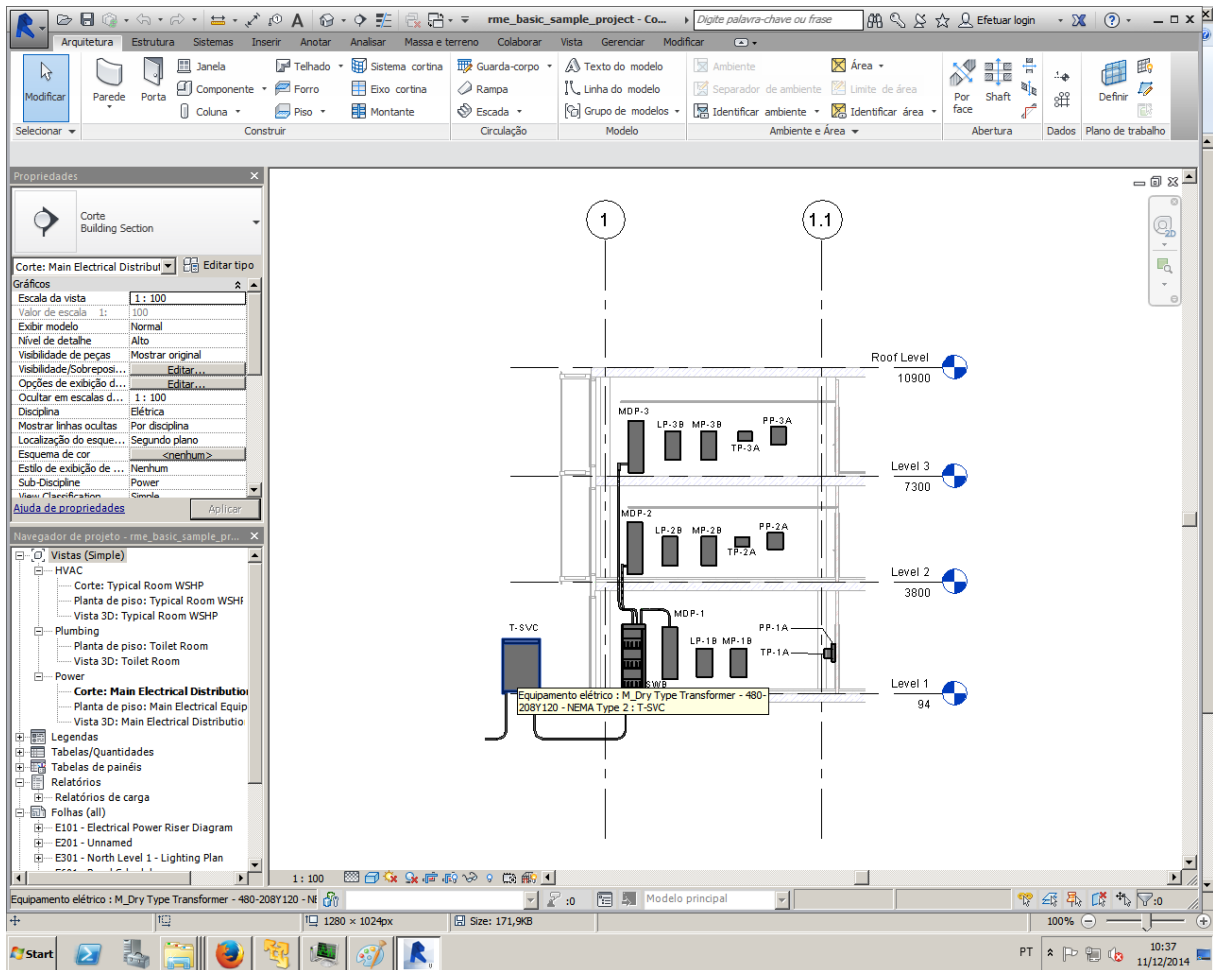


Figura 5 – Fonte: Autor

Para este exemplo, foi tomada uma porta como exemplo de integração. Esta porta possui nos seus dados no BIM, as suas dimensões, conforme ilustrado pela figura 6.

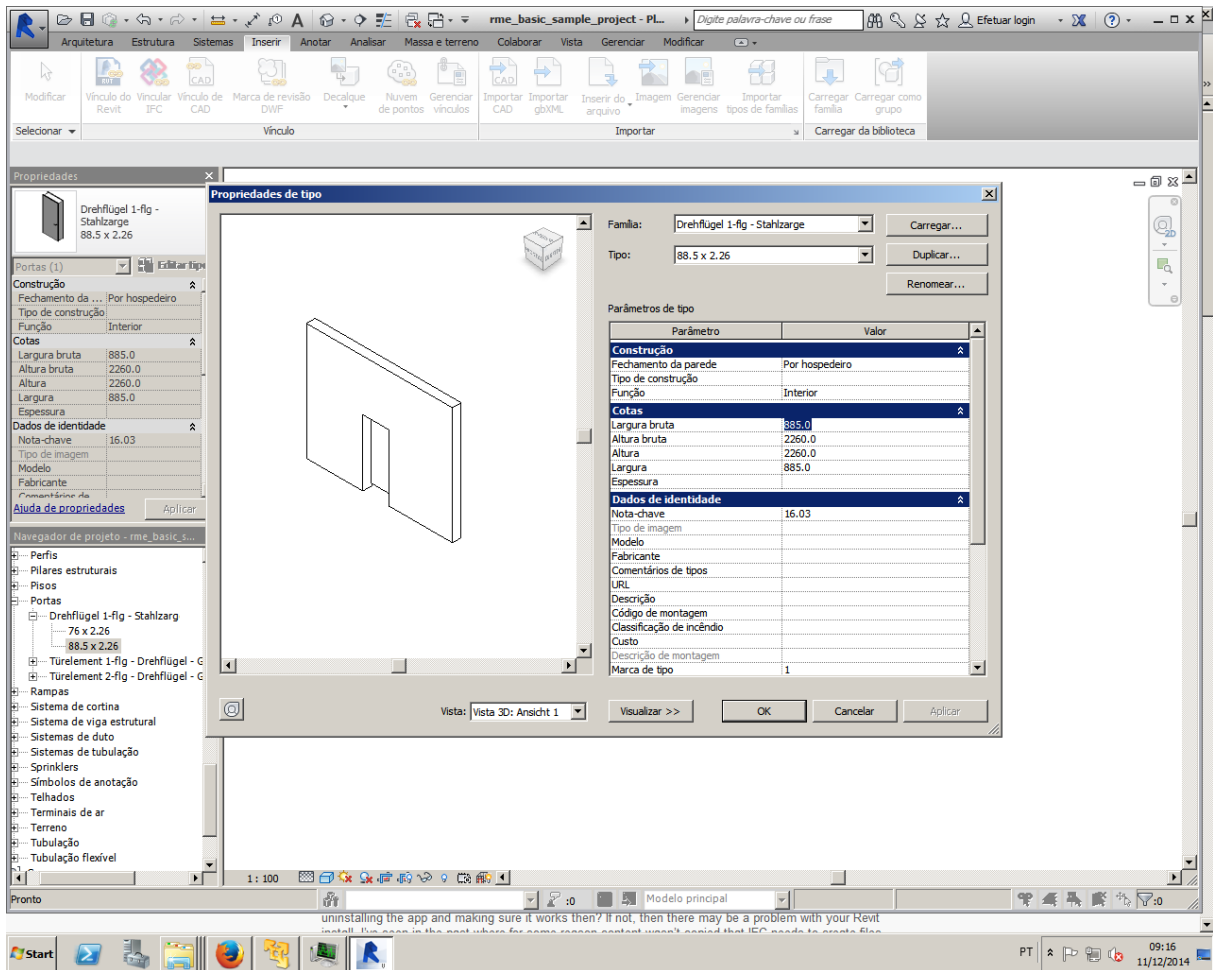


Figura 6 – Fonte: Autor

Os dados da porta foram portados para a base do IBM Doors NG, definido por um tipo de objeto denominado Porta (BIM), que poderá receber dados reais dos projetos civis.

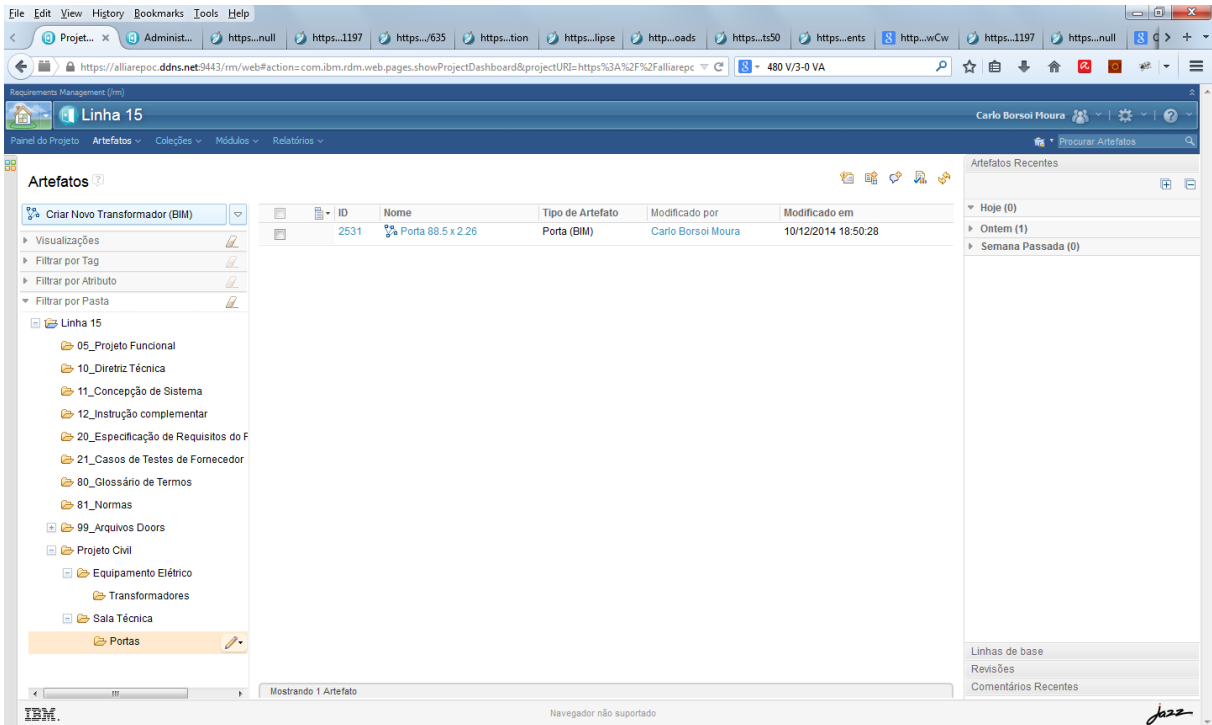


Figura 7 – Fonte: Autor

Neste estudo de caso, o projeto recebeu os dados do desenho da figura 7 e incorporou os dados com potencial significância para o contexto dos sistemas de sinalização, neste caso as suas dimensões, como atributo do objeto Porta (BIM).

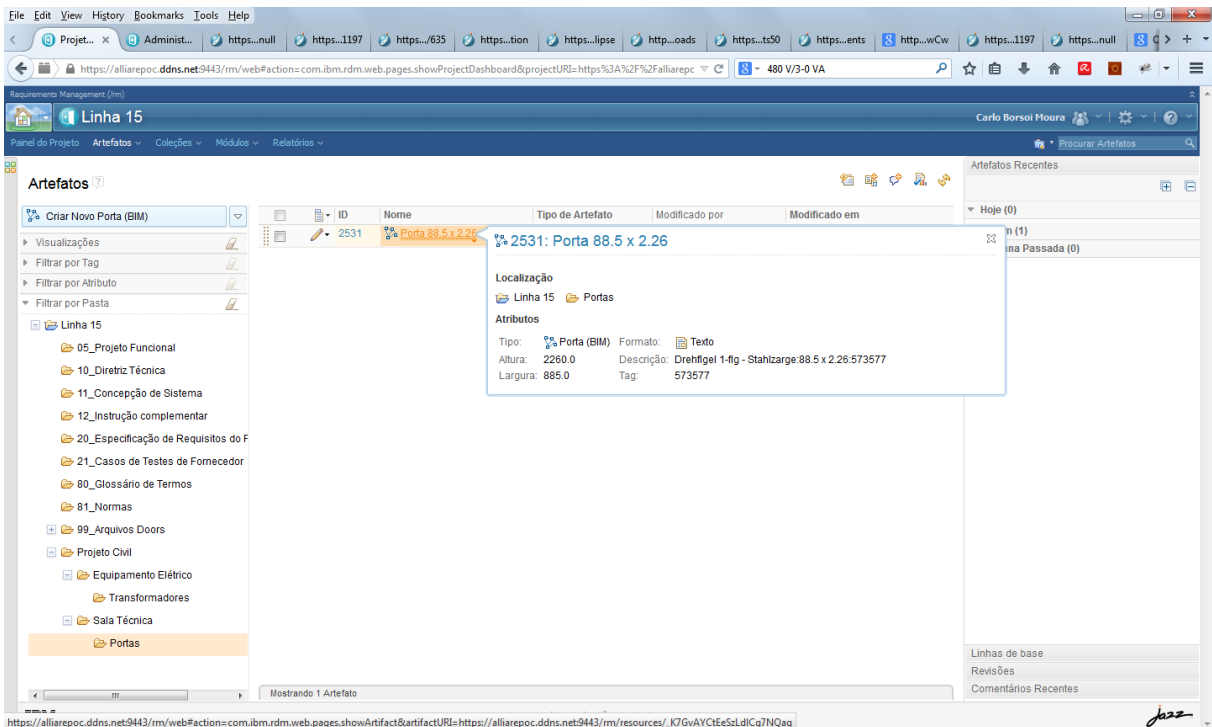


Figura 8 – Fonte: Autor

### 3.3 – Informações de requisitos de projeto de sinalização

O projeto de sinalização provê uma descrição detalhada dos sistemas metroviários. Neste exemplo, foi considerado as descrições de sistemas de hardware que serão instalados em salas técnicas com requisitos específicos para sua operação dentro dos padrões exigidos.

Neste exemplo, foi utilizado uma descrição geral dos gabinetes, painéis, quadros e invólucros que potencialmente poderiam ser afetados pela dimensão de uma porta. Por exemplo, uma porta poderia não possuir uma dimensão adequada para a passagem de um equipamento.

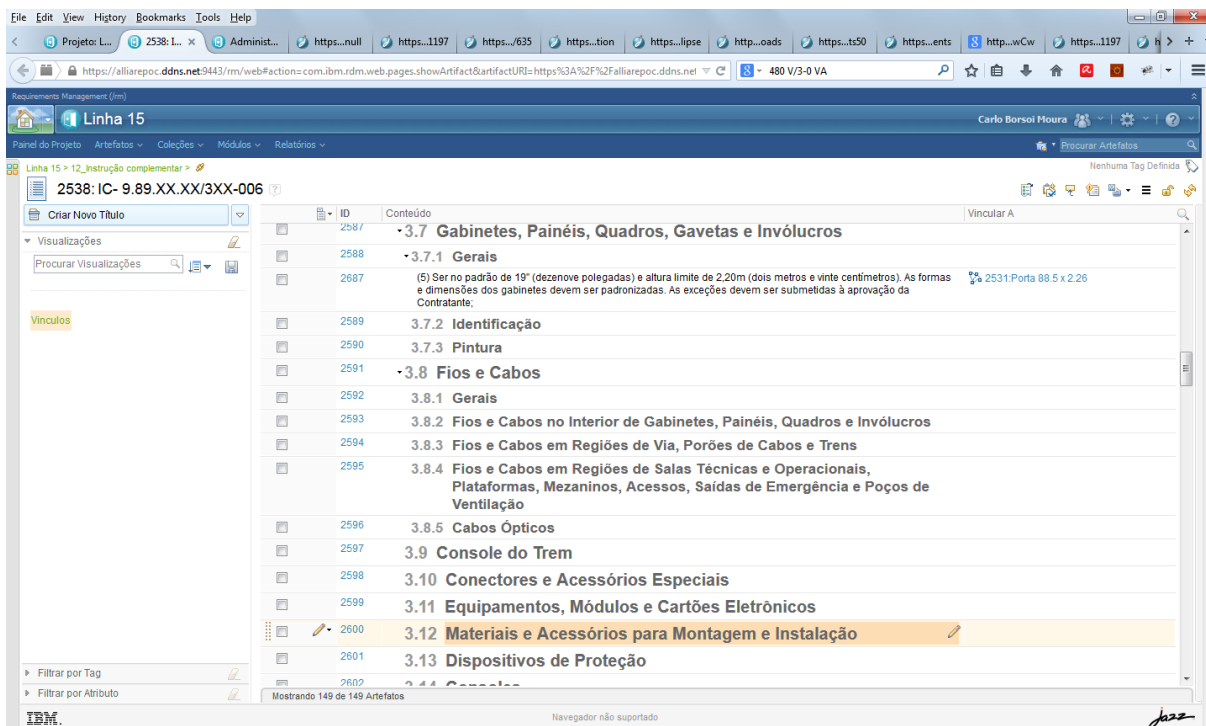


Figura9 – Fonte: Autor

Ainda no sistema IBM Doors NG, foi realizada a ligação de rastreabilidade entre o requisito 2687 da dimensão do gabinete e o objeto Porta BIM. Pode-se identificar esta ligação no requisito, conforme figura 5 ou no objeto da Porta (BIM) conforme a figura 10.

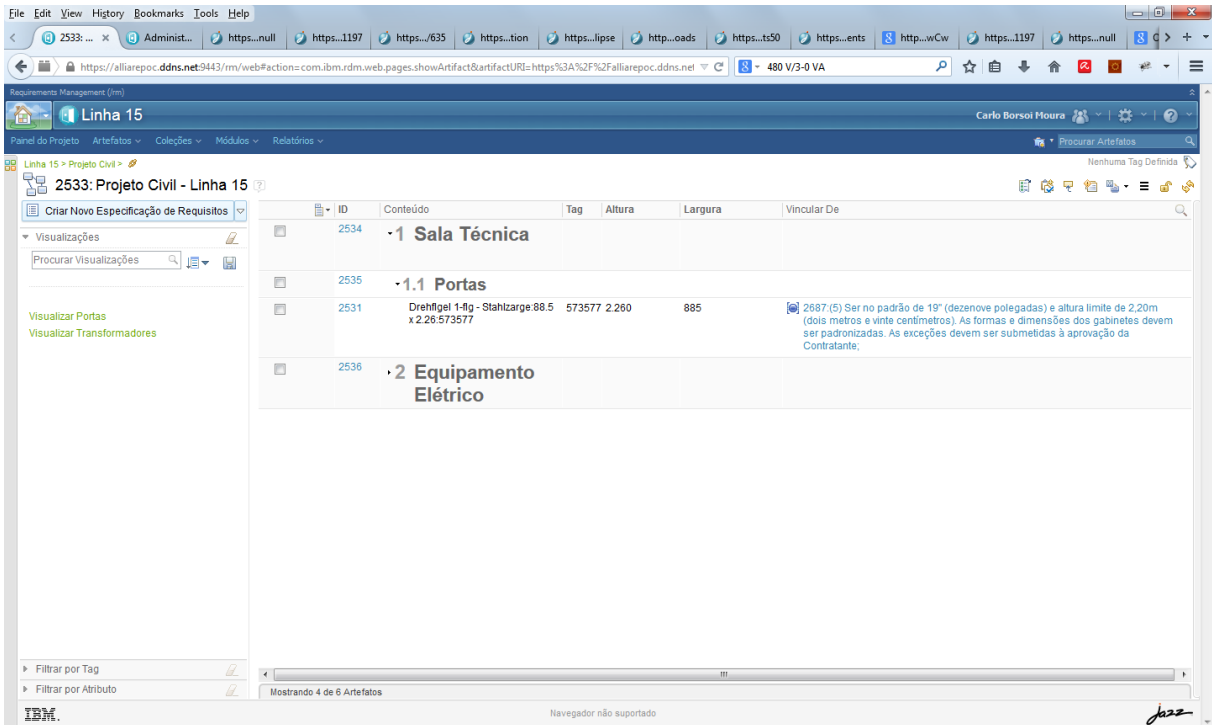


Figura 10 – Fonte: Autor

### 3.4 – Alterando dados e mantendo a integridade das informações

Neste estudo, realizou-se uma alteração na dimensão da porta dentro do projeto civil, passando a sua largura de 885mm para 760mm. Esta alteração, provocou uma mudança no objeto da porta, conforme figura 11.

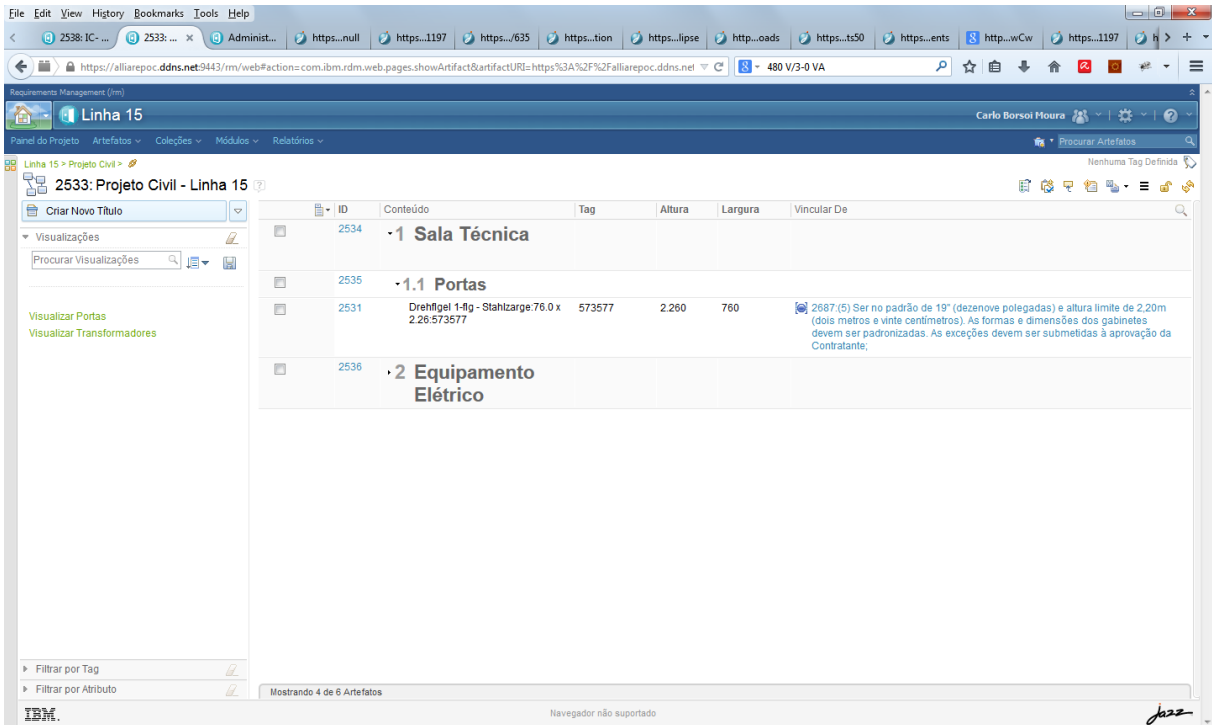


Figura 11 – Fonte: Autor

Uma vez que o objeto Porta (BIM) foi alterado, todos os outros objetos ligados ao mesmo serão avisados que houve um modificação e necessidade de análise de impacto. Neste caso, o requisito de dimensão do gabinete recebe um indicativo de alteração (Figura 12).

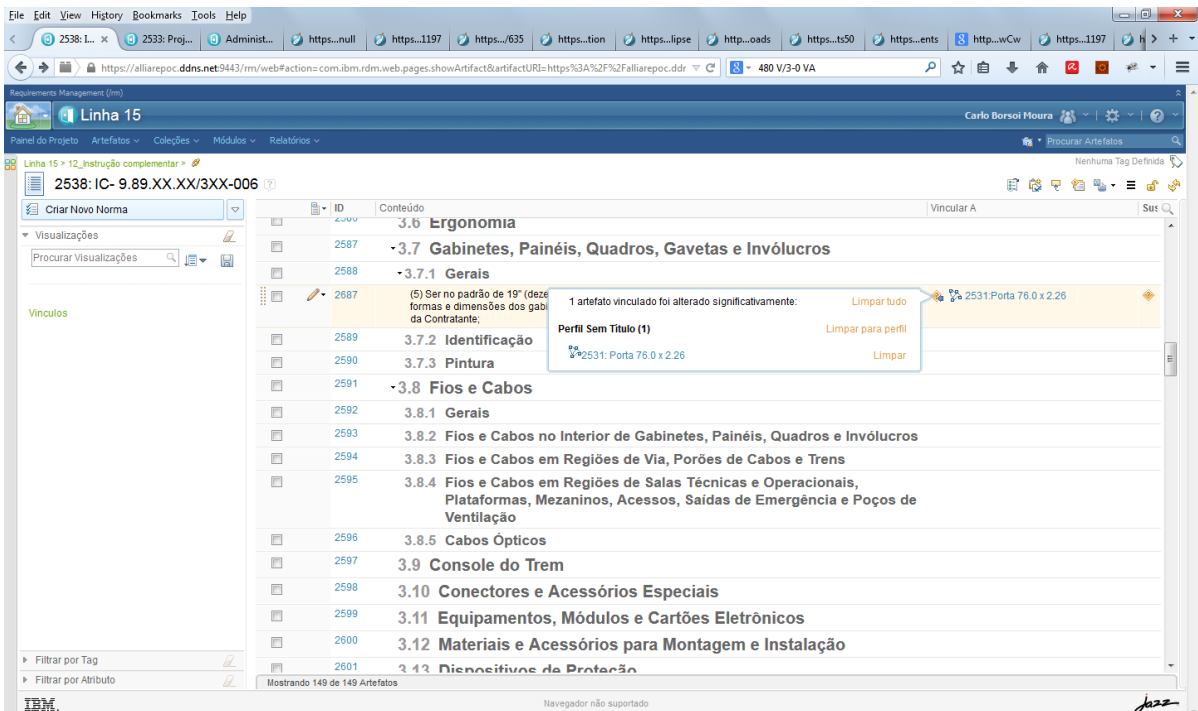


Figura 12 – Fonte: Autor



AEAMESP



Este aviso provoca uma identificação clara em um potencial problema de integridade nos projetos, sem a necessidade de uma análise completa de informações fora do contexto.

Neste caso, cabe ao analista de requisitos identificar o impacto na mudança do projeto civil dentro dos requisitos de sistema e tratar caso haja algum tipo de potencial problema na construção dos sistemas e obras civis.



AEAMESP



## Conclusão

O aumento da complexidade das informações e demandas cada vez mais exigentes em projetos metroviários obrigam a utilização de ferramentas para o maior ganho de eficiência e desenvolvimento de projetos robustos e consistentes.

O uso de ferramentas de modelagem em obras civis e base de conhecimento de requisitos, se tornam necessários, possibilitando a integração das informações no nível semântico. Esta possibilidade permite a análise mais apurada dos impactos dos projetos civis nos requisitos de sistema.

Neste estudo de caso, foi modelado a integração semântica das informações de dimensão de uma porta da sala técnica com a descrição e dimensionamento dos gabinetes para os sistemas de sinalização e controle. Foi identificado que, mediante a modificação das dimensões da porta, um analista de requisitos de sistema foi avisado, proporcionando a possibilidade de uma análise exatamente no ponto de potencial problema. Isto produz um projeto mais robusto e íntegro, do ponto de vista mais geral, que envolve o projeto civil e sistemas de sinalização e controle.

A integração dos modelos BIM (Civil) e requisitos de Sistema (Base armazenado na ferramenta IBM Doors) proporciona o compartilhamento de informações técnicas entre os modelos de conhecimento, gerando uma base de conhecimento comum entre o Sistema e a Civil, na qual será possível armazenar todas as lições aprendidas e boas práticas de um projeto.

As bases de conhecimento integradas permitirão uma rápida identificação dos gaps presentes na interface entre o Sistema e a Civil, os quais deverão ser tratados na fase inicial





AEAMESP



de um projeto para mitigar os riscos do negócio que podem afetar os prazos e os custos do empreendimento.



AEAMESP



## Referências bibliográficas

[BENTLEY, 2007] *IFC Position paper*. Bentley Systems.

[Dr Edward J Hoffman, 1995] NASA Systems Engineering Handbook - June 1995

DOORS – A Tool to manage requirements – artigo

[HORS, Arnaud Le e SPEICHER, Steve, 2012] Case Study: Open Services Lifecycle Collaboration framework based on Linked Data

[HOWARD e BJORK, 2007] BUILDING INFORMATION MODELS – EXPERTS’ VIEWS ON BIM/IFC DEVELOPMENTS

[KAUPPINEN, M.; VARTIAINEN, M.; KONTIO, J.; KUJALA, S.; SUPONEN, R. 2004] Implementing requirements engineering processes throughout organizations: success factors and challenges, Information and Software Technology

[Klaus Pohl 2010] Requirements Engineering: Fundamentals, Principles, and Techniques

[IEEE, 2004 ] SWEBOK – Guide to the Software Engineering Body of Knowledge.

[IEEE, 2011 ] ISO/IEC/IEEE 29148 Systems and software engineering — Life cycle processes — Requirements engineering

[IEEE Std 1220-1994 and IEEE Std 12207] IEEE Trial-Use Standard for application and Management of the Systems Engineering Process

[ISO 2008] ISO/IEC 12207 Systems and software engineering — Software life cycle processes.

[Olivier BERGER, Sabri LABBENE, Madhumita DHAR, Christian BAC ] Introducing OSLC, an open standard for interoperability of open source development tools

[PRESSMAN, R. S. 2009] Software engineering: a practitioner's approach, 7ª edição



AEAMESP



Requirements Quality Analyzer for system engineering projects

<http://www.reusecompany.com/requirements-quality-analyzer-for-doors>

[SOMMERVILLE, I.; SAWYER, P. 1998] Requirements Engineering – A Good Practice Guide, New York: John Wiley & Sons

[SOMMERVILLE, I. 2010] Engenharia de Software, Nona edição. São Paulo: Addison Wesley  
Standish Chaos Report, 1995

[TRACY Hall, Sarah BEECHAM, e Austen RAINER. 2002] Requirements Problems in Twelve Software Companies: An Empirical Analysis.

[Lucy GUERIN, 2012] The Benefits of BIM.

[Ivo MAINARDI e Daniel Mozarte SACCOMANO, 2013] BIM aplicado ao Metrô: porque o metrô investe neste novo processo.

Visão Geral do Rational DOORS – Apresentação IBM para o Metrô SP.

20ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA - Sistema de Gestão de Base de Conhecimento de Requisitos para Sinalização e Controle