

## Criação de componente de fôrma industrializada de pilar através de uma plataforma BIM

### Component creation of an industrialized formwork for columns through a BIM platform

L.B. Sales<sup>a</sup>, I.L. Salomão<sup>a†</sup>, E.C.R. Ponte<sup>a</sup>, L.A. Rodrigues<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Universidade de Fortaleza, Departamento de Engenharia Civil, Fortaleza, Brasil*

<sup>b</sup> *Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia de Transportes, Fortaleza, Brasil*

<sup>†</sup> *Autor para correspondência: italosalomao@unifor.br*

#### RESUMO

No mercado brasileiro, são poucas as construtoras que possuem um projeto bem detalhado e preciso de fôrmas, resultando em desperdícios, falta de planejamento e atrasos. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi incorporar os preceitos da Modelagem da Informação da Construção (BIM) no produto fôrma industrializada de pilar, que devido a sua complexidade, a sua representação gráfica no CAD 2D é carente de informações e requer muito tempo no seu desenvolvimento. Pode-se dizer que os benefícios mais imediatos do BIM é a maior eficiência e produtividade na documentação do projeto, que através dos parâmetros, informações do projeto são geradas de forma automática e mais precisa. O processo de modelagem priorizou o desempenho do componente em vez da sua aparência, tendo como referência alguns manuais e normas nacionais e internacionais. Antes da modelagem propriamente dita, foi realizado um planejamento da família, em seguida, utilizou-se um programa paramétrico, para que se pudesse inserir as famílias aninhadas, parâmetros, regras e vínculos no editor de famílias. O projeto em BIM se mostrou eficaz quanto a sua automatização e geração de quantitativos no projeto, porém, por ser ainda um produto novo no mercado brasileiro, carente quanto a atribuição de informações para planejamento 4D, para manutenção e para logística.

#### ABSTRACT

In the Brazilian industry, few construction companies have very detailed and accurate formwork projects, resulting in waste, lack of planning, and delays. Thereupon, the objective of this paper was to incorporate the precepts of Building Information Modeling (BIM) in the industrialized column formwork product, that, because of its complexity, the graphic representation in 2D CAD lacks information and requires a lot of time in its development. It can be said that the most immediate benefits of BIM are the greater efficiency and productivity in the project documentation, which through the parameters, project information is generated automatically and more accurately. The modeling process prioritized the component's performance over its appearance, regarding some national and international manuals and standards. Before the actual modeling, family planning was carried out, then a parametric program was used, so that the nested families, parameters, rules, and links could be inserted into the family editor. The BIM project proved to be effective in terms of its automation and generation of quantitative in the project, however, as it is still a new product in the Brazilian industry, lacking in the attribution of information for 4D planning, maintenance, and logistics.

#### Palavras-chave:

BIM; Objeto BIM;  
Cofragem de pilares  
industrializados;  
Modelagem  
paramétrica.

#### Keywords:

BIM; BIM object;  
Industrialized  
column formwork;  
Parametric  
modeling.

## 1. Introdução

A Modelagem da Informação da Construção ou Building Information Modeling (BIM) vem sendo percebida pela indústria da construção civil como um facilitador para a integração avançada dos processos de projeto e das partes interessadas, trazendo um novo patamar tecnológico e de produtividade. “Quando implementado de maneira apropriada, BIM facilita um processo de projeto e construção mais integrados, que resulta em construções de melhor qualidade, com custo e prazo de execução reduzidos” [1]. O processo básico de modelagem em aplicativos BIM é realizado através da seleção de componentes em bibliotecas (internas do aplicativo, importadas ou criadas pelo próprio usuário). Estes simulam, computacionalmente, a geometria, materiais, dimensões, características e quaisquer outros parâmetros de um objeto construído ou a construir.

O presente trabalho aborda a modelagem da informação da construção de um tipo de produto envolvido no processo construtivo de uma estrutura de concreto armado. O produto escolhido foi a forma de pilar modularizado. Já a ferramenta BIM escolhida para ser aplicada neste estudo foi o Revit, da AutoDesk, por ser o atual líder no mercado no segmento de edificações no Brasil [2].

A qualidade de um projeto em BIM depende da qualidade dos objetos BIM, porém, muitos destes são modelados apresentando erros, carência de informações e causando instabilidade na plataforma. Dessa forma, “esses objetos precisam ser de qualidade específica, e conectar com objetos genéricos e especificações técnicas associadas que ajudam no plano de trabalho digital” [3].

O uso pretendido da família no projeto determina a extensão do componente, pois, de forma geral, quanto maior a complexidade do projeto, maior o tamanho do arquivo e menor o desempenho do computador, a escolha da performance dos componentes em vez da sua aparência é um excelente critério de modelagem [4]. Diante disso, antes de iniciar a modelagem, de acordo com o manual da BIMStore [5] é preciso responder algumas perguntas em relação ao produto para evitar problemas futuros: o componente é um produto genérico ou um produto manufaturado específico? Qual o propósito e o uso da família? Que tipos de parâmetros a família precisa? A família precisa de um elemento hospedeiro? Qual o Nível de Desenvolvimento (ND) do objeto?

Logo, é preciso balancear a quantidade de detalhes e de informações de um componente com o seu objetivo e com o tipo e tamanho do projeto em que será inserido.

Clauss [6] recomenda que o tamanho ideal do arquivo do componente seja menor que 1000kbyte<sup>1</sup>. Além disso, a taxonomia<sup>2</sup> e a convenção de nomes e unidade são aspectos fundamentais para a padronização digital [4].

Neste respectivo trabalho, seguiu-se algumas recomendações da BIMStore [5] para convenção de nomes de arquivos, dentre elas:

- Criar nomes únicos e que identifique o produto no mundo real;
- Se possível, não incluir a categoria da família no nome do arquivo;
- Usar letras maiúsculas no início da palavra;
- Manter o nome do arquivo o menor possível;
- Ao acrescentar informações no nome, considerar a ordem em que as descrições são listadas;
- Usar *CamelCase*<sup>3</sup> ou caractere sublinhado ( \_ ) para separar palavras.

O controle de qualidade é um dos aspectos mais importantes do desenvolvimento dos componentes BIM, que, por se tratarem de uma representação digital de um produto real, devem ser completos e consistentes, respeitando as tolerâncias de uma construção, além de garantirem o desempenho da plataforma quando inseridos no modelo.

---

<sup>1</sup> Byte: Unidade de informação digital equivalente a oito bits.

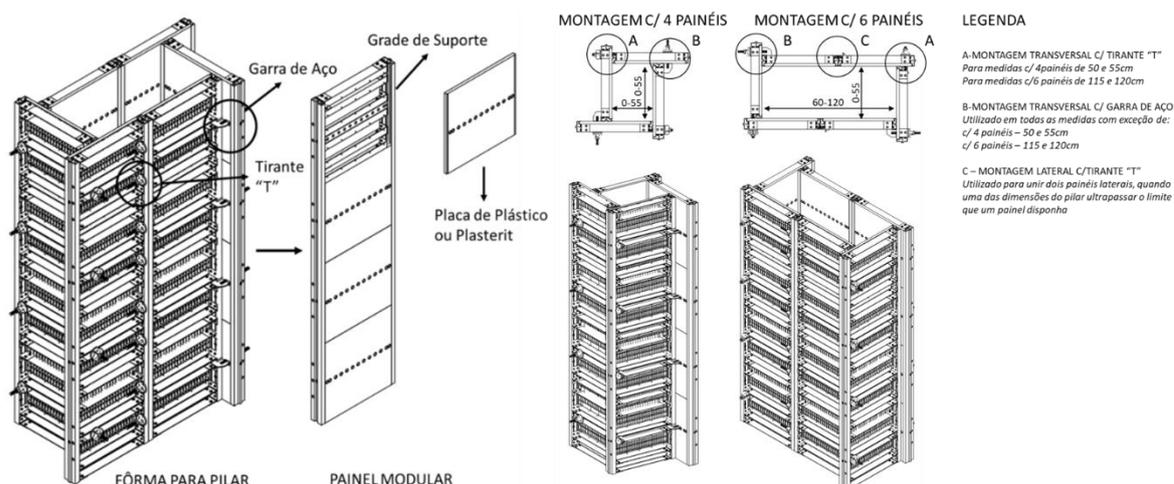
<sup>2</sup> Taxonomia: Estudo científica responsável por determinar a classificação sistemática de diferentes coisas em categorias.

<sup>3</sup> CamelCase: Prática de escrever palavras compostas ou frases, onde cada palavra é iniciada com maiúsculas e unidas sem espaços.

- Qualidade do Gráfico: Dimensões, pontos de inserção, relações com outros objetos BIM e as representações gráficas;
- Qualidade da Informação: Informações, relações paramétricas e vínculos ou regras comportamentais do componente;
- Qualidade na Montagem Final: Os diferentes tipos da família e o desempenho da plataforma BIM;
- Qualidade da Implementação: Testar o componente BIM em um projeto, reavaliando a aparência, suas limitações e desempenho, e a sua capacidade de ser implementada em projetos futuros.

Desenvolvida em 2017, a fôrma de pilar do respectivo trabalho consiste em painéis modulares de alumínio e plástico que conectam entre si por meio de tirantes “T” ou garras de aço, tanto lateralmente como transversalmente, possibilitando a montagem de inúmeras dimensões, de forma a atender a demanda de pilares retangulares em projetos estruturais, Figura 1.

A estruturação dos painéis, que compõem a fôrma consiste em uma grade de suporte de alumínio de 65 x 244 cm, composta de Perfis “L”, Perfil “Macho” e Perfil “Fêmea” conectados por meio de parafusos, que recebem quatro placas, conhecidas como plasterits.



**Figura 1 - Fôrma para Pilar Industrializada**

Cada plasterit possui furos centrais espaçados a cada 5 cm que servem de passagem aos tirantes “T” ou garras de aço, que conectam outro painel transversalmente, formando as medidas do pilar, ou para aumentar a estabilidade do sistema montado, transpassando uma barra de ancoragem ao outro painel paralelo. Quando uma das dimensões da peça estrutural de concreto ultrapassar o limite que um painel disponha, será realizado o encaixe lateral entre os perfis “Macho” e “Fêmea”, juntamente com o auxílio de um tirante “T”, que transpassa os dois perfis. Ambos tipos de encaixe são apertados por uma porca metálica.

## 2. Metodologia

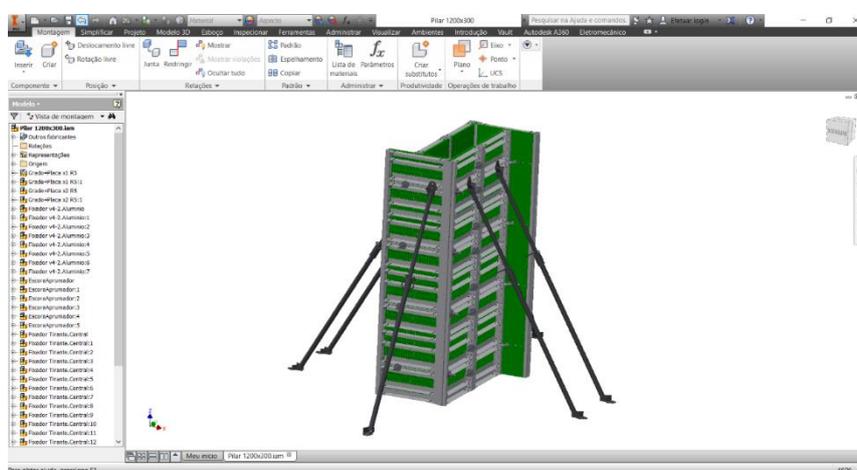
A fôrma utilizada no presente trabalho é um produto manufaturado, constituído de painéis modulares de alumínio e plástico de dimensões fixas, conseqüentemente, sua modelagem não necessita de parâmetros editáveis de dimensão, e sim de parâmetros Booleanos (sim/não) para ativar ou desativar propriedades gráficas dos componentes de acordo com a dimensão do pilar, e parâmetros compartilhados de número combinadas com fórmulas, que controlam os parâmetros Booleanos e retornam dados utilizados nos quantitativos.

Como o Revit não possui a categoria de fôrma e esta, quando modelada, será alocada em um pilar de estrutura ou de arquitetura, o template<sup>4</sup> escolhido será o de modelo genérico, não dependendo de hospedeiro específico e sendo inserido em qualquer lugar do projeto.

O desenho da fôrma de pilar, Figura 2, foi modelado com ND 400 no software Inventor da AutoDesk [7], possuindo características de propriedades intelectual da empresa e detalhes de fabricação, sendo preciso fazer algumas modificações antes da exportação para o Revit, de forma que suas propriedades e geometrias sejam reconhecidas.

A dimensão do pilar é formada através das diferentes possibilidades de montagens dos painéis com aprumadores, sendo estes os objetos a serem simplificados e adaptados para o Revit. Em seguida, parâmetros, regras e vínculos serão acrescentados para formar um objeto 3D adaptativo que simule as diversas combinações para formar as medidas dos pilares.

Os tirantes “T”, garras de aço, porcas e barras de ancoragem, por serem elementos de pequena dimensão, não serão modelados para montagem da fôrma de pilar, pois podem sobrecarregar a família. Além disso, apenas a quantificação desses elementos são informações relevantes para o projeto, obtida por meio de parâmetros compartilhados de número e fórmulas.



**Figura 2** - Montagem de 120x30cm da fôrma de pilar modelada no Inventor

O desenho do painel e do aprumador são formados pela montagem de outros elementos, perfis “L”, plasterits, flauta, etc, constituindo arquivos de montagem de extensão IAM (Inventor Assembly File) precisando ser convertidos em arquivo IPT (Inventor Part File), representação do desenho por apenas um componente, pois essa extensão, a partir do Inventor 2014, possui uma ferramenta de exportação em RVT (extensão do Revit).

O nível de detalhe do painel e do aprumador, ND 400, possui alguns elementos como parafusos, chanfros, filetes, pequenas peças, detalhes e furos que são informações de propriedade intelectual e irrelevantes para o projeto de fôrmas, devendo ser ocultados ou simplificados. Para isso, criou-se um novo nível detalhe, ND 350, selecionando-se os elementos necessários que serão vinculados a este, e que serão convertidos em arquivo IPT, através do comando “Criar peça simplificada”.

Com os desenhos do painel e do aprumador convertidos em IPT é preciso verificar se todos os sólidos serão reconhecidos no Revit utilizando o comando “Verificar operações no Revit”. Percebeu-se que nenhum elemento será compatível, pois esta ferramenta não suporta chanfros, filetes e geometrias complexas, Figura 3. Em contrapartida, o relatório emitido sugere utilizar a ferramenta “Reconhecer operações do Revit”, que remodela o desenho com geometrias compatíveis, retirando todos os vazios, furos, nervuras das placas plásticas.

<sup>4</sup> Templates: Arquivo com configurações pré-definidas para um novo projeto.

## Resumo

Sucesso	Aviso	Falha
0	0	1

## Detalhes

+/-	Nome	Tipo	Status
[-]	Grade+Placa x1 R5.iam	Não suportado	Falha

Gravidade	Mensagem
Falha	O tipo de recurso não é compatível com arquivos da família Revit. Dicas:É possível inserir o ambiente Reconhecimento de operações BIM para representar o modelo com as operações reconhecidas pelo Revit

Figura 3 - Relatório de verificações das operações do Revit

Após a verificação de compatibilidade, utilizou-se o comando “Exportar componentes de construção”, possibilitando exportar as propriedades geométricas, vistas 2D, conectores, parâmetros e outras propriedades do desenho em arquivo RVT, ADSK ou IFC, preencher propriedades do modelo, definir orientação do desenho e especificar a categoria OmniClass [8], entretanto, somente a categoria produtos do sistema OmniClass é classificada no Revit, enquanto a fôrma de pilar, por ser uma estrutura temporária que é utilizada para os processos que ocorrem durante o ciclo de vida de um empreendimento se enquadraria na categoria de ferramentas, diante disso, o desenho foi exportado como modelo genérico, sem classificação OmniClass.

O manual da BIMStore [6] recomenda que sejam criadas subcategorias para os diferentes tipos de geometrias ou sólidos de uma família, para atribuir as diferentes espessuras de linhas, cores e materiais do desenho no projeto.

O ideal é atribuir subcategorias para cada peça do painel da forma, placa plástica e grade de alumínio, porém, a importação de um desenho do Inventor possui o problema de ser representado como um elemento único, não sendo possível caracterizar diferentes subcategorias para os diferentes sólidos. Conseqüentemente, o painel e o apurador no Revit serão tratados como um único sólido, de mesma subcategoria, propriedade e material. Diante disso, criou-se uma subcategoria denominada “FormaPilar\_Painel” que representa todo o painel modelado, figura 4, e “FormaPilar\_Apurador” para o apurador.

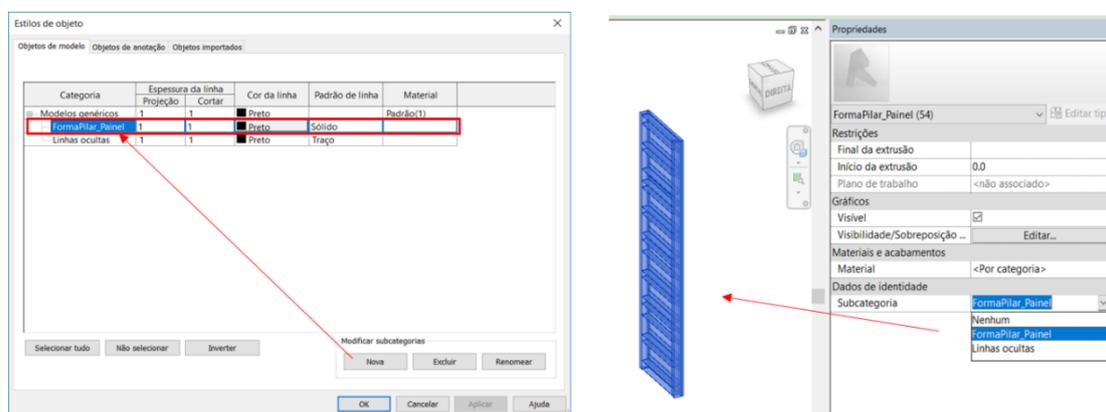
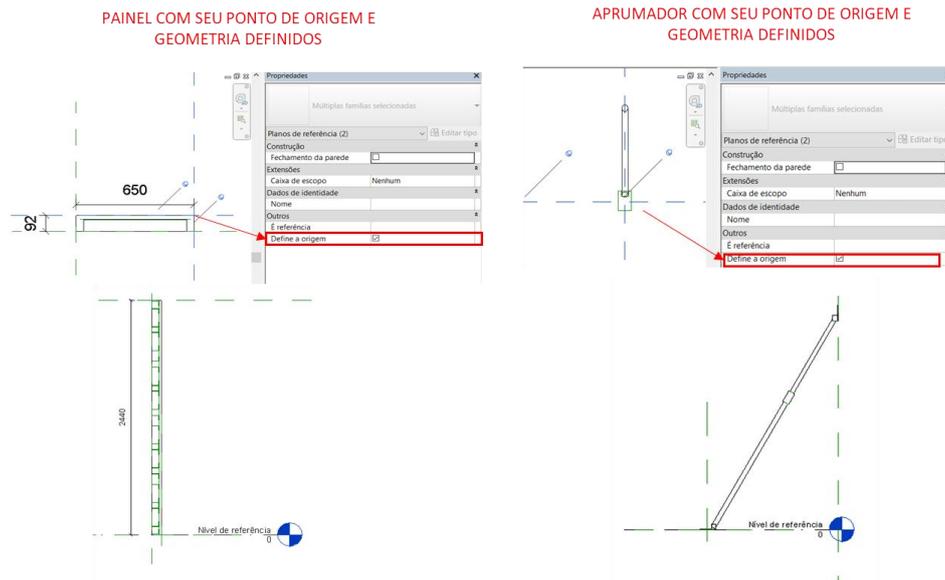


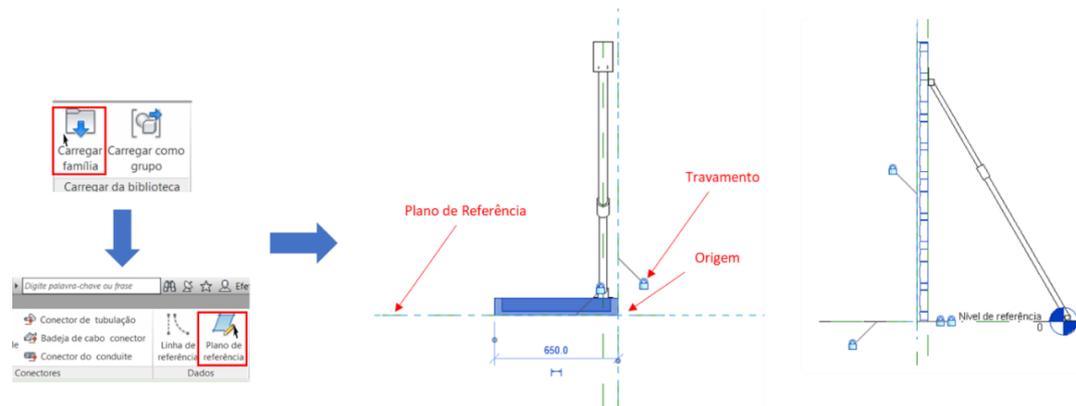
Figura 4 - Criação de subcategoria para o painel

Além disso, o material e a aparência dos desenhos não foram extraídos. Tendo em vista que as propriedades físicas dos materiais para a criação do objeto BIM deste trabalho são irrelevantes, e que um material pode ser aplicado através de um parâmetro ou de uma categoria e subcategoria no Revit, mas que o painel e o apurador importados são representados como um único sólido, de mesma categoria e subcategoria, decidiu-se utilizar o comando “Pintura” para deixar os desenhos parecidos com o produto real.

Devido ao painel e ao apurador não precisarem de parâmetros que alterem as suas propriedades geométricas, foi redefinido apenas o ponto de origem, planos de referências e cotas que definem suas geometrias, Figuras 5, para a criação da família fôrma de pilar.



**Figura 5 -** Definição do ponto de origem e geometria do painel e do aprumador a partir dos planos de referência

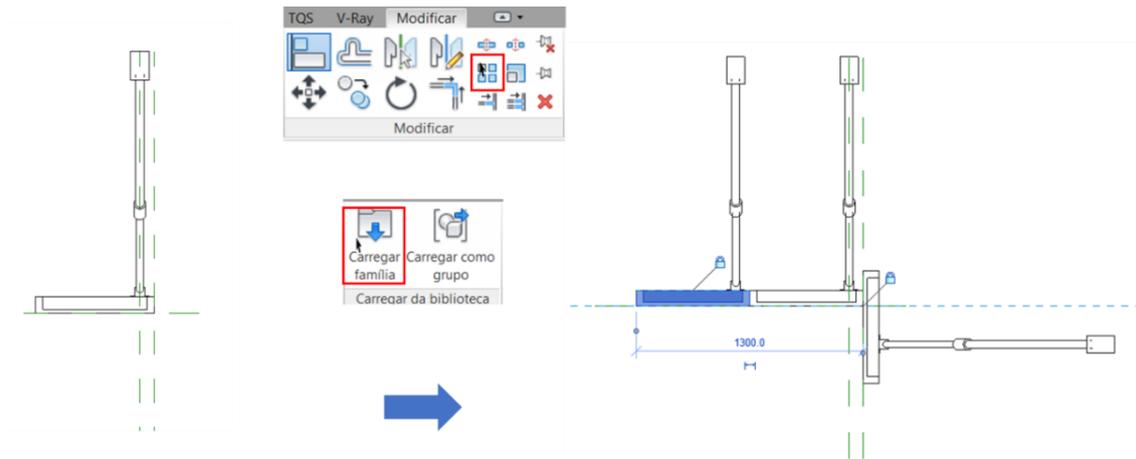


**Figura 6 -** Definição dos planos de referência e travamentos do painel e aprumador

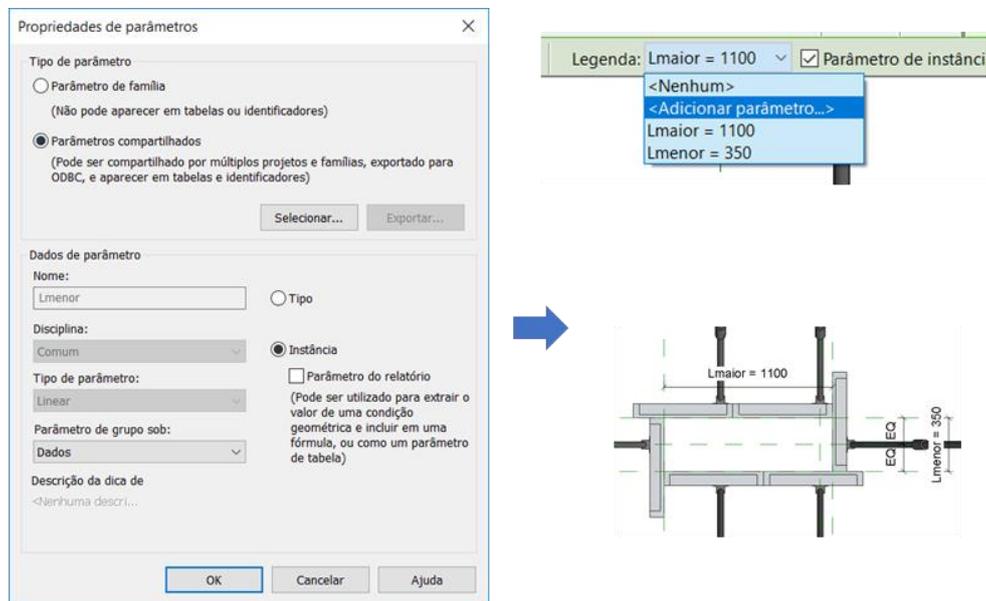
Tendo em vista que a montagem da fôrma de pilar se deve através das combinações dos painéis, executou-se o comando “Matriz” do painel e do aprumador inseridos inicialmente, para simular o encaixe lateral dos painéis, e para a menor dimensão, foi inserido um novo painel e aprumador transversalmente, definindo, em seguida, novos planos de referência e travamentos, quando necessários, conforme ilustrado na Figura 7.

Em seguida, repetiu-se a inserção de novos painéis e aprumadores, a execução do comando “Matriz”, a criação de novos planos de referência e dos travamentos para fazer o fechamento da fôrma de pilar.

Após a inserção de todos os planos de referências e das famílias que fazem parte da montagem da fôrma de pilar, foram colocadas cotas para criar as relações paramétricas. Para a família fôrma de pilar deste trabalho, por ser um objeto BIM que será utilizado em diversos projetos e por necessitar que suas propriedades sejam registradas para quantificação, foram criados parâmetros compartilhados que serão salvos em um arquivo de texto externo. Nas cotas, foram atribuídos parâmetros compartilhados de instância, Figura 8, fazendo com que as dimensões dos pilares sejam listadas nas tabelas de quantificação e, por ser de instância, o objeto BIM pode ser inserido com diferentes dimensões no projeto.



**Figura 7** - Criação da maior dimensão e menor dimensão da fôrma de pilar



**Figura 8** - Atribuição de parâmetros nas legendas das cotas

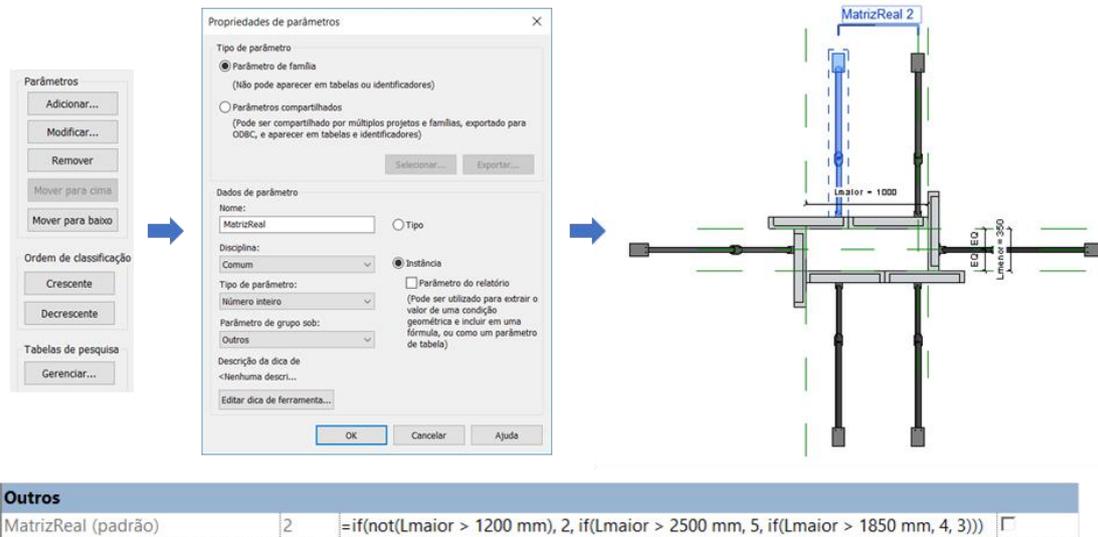
Após a inserção dos parâmetros referentes às dimensões do pilar, foram criados parâmetros de família, que não serão listados em tabelas, para as matrizes criadas para a maior dimensão do pilar, Figura 9.

Pelo fato do painel ter um tamanho limitado, podendo atender até 55 centímetros, foram criados parâmetros de instância com fórmulas que ativam o comando “Matriz” de acordo com a dimensão do pilar. Caso a maior dimensão ultrapasse 55 centímetros, o parâmetro ativa outro painel lateral com aprumador, fazendo com que atenda à dimensão solicitada.

Porém, levando em conta que a maior dimensão do pilar não pode exceder a cinco vezes a menor dimensão, de acordo com a NBR6118:2014 [9], senão é considerado pilar-parede, e que a menor dimensão do pilar será constituída por apenas um painel que atende 55 centímetros, a maior dimensão do pilar não poderá ultrapassar 275 centímetros. Diante disso, a fórmula que das matrizes dos painéis e aprumadores ativará até cinco painéis, que atende até o comprimento de 315cm.

Entretanto, o comando “Matriz” só pode ter um valor inteiro de dois ou superior, assim, criou-se fórmulas condicionais que mantenham um parâmetro de matriz de no mínimo dois, mesmo que o valor calculado seja um ou zero. Ou seja, mesmo se o pilar tiver um comprimento menor que 55 centímetros, aparecerão dois painéis. Devido a essa limitação do Revit, é preciso

atribuir parâmetros booleanos de instância com formulações condicionais às matrizes criadas para tornar o conjunto visível somente quando a maior dimensão do pilar for maior que 55 centímetros. Em seguida, é preciso inserir novos componentes dos painéis e aprumadores na maior dimensão do pilar, sobrepondo os componentes das matrizes, travando a geometria e inserindo novos planos de referência, quando necessário, com parâmetros booleanos de instância com formulações condicionais para tornar os novos componentes inseridos visíveis somente quando a dimensão do pilar for menor que 55 centímetros.



**Figura 9** - Parâmetro de instância para as matrizes

Além disso, na construção de um empreendimento, muitos pilares são de canto ou de borda, e dependendo do tipo de aprumador a ser utilizado, por decisão do engenheiro, executam-se as fôrmas de pilar com aprumadores somente em algumas faces da fôrma a ser concretada. Diante disso, é preciso criar parâmetros de instância booleanos nos aprumadores da família fôrma de pilar que podem ser ativados ou desativados de acordo com o projeto, por meio de parâmetros de número e formulações condicionais para que seja possível a criação de parâmetros e fórmulas que quantifiquem esse material, conforme ilustrado na Figura 10.

A fôrma de pilar em estudo consegue fazer qualquer tipo de pilar quadrilátero com medidas múltiplas de 5cm. Porém, aqui não foi possível implementar alguma condicional que impeça que a família faça medidas não atendidas pela fôrma de pilar. Em contrapartida, criou-se uma família de anotação, com suas propriedades gráficas ativadas ou desativadas por meio de parâmetro booleano de instância, que mostra as medidas de instância da família fôrma de pilar no projeto, permitindo que o projetista identifique rapidamente se o pilar do projeto pode ser construído com a fôrma de pilar ou não, Figura 11.

Para concluir a modelagem da fôrma de pilar, falta atribuir os parâmetros compartilhados de número com formulações para a quantificação dos componentes. Há a possibilidade de quantificar os painéis e os aprumadores sem criar fórmulas ou parâmetros de número, bastando ativar o parâmetro “compartilhado” da família, porém, esse método apenas indica a quantidade total do elemento no projeto e não lista as porcas, garras de aço, tirantes “T” e barras de ancoragem que também devem ser quantificados, pelo fato de não terem sido modelados.

Para facilitar a seleção dos parâmetros que serão listados nas tabelas de quantificação, nos parâmetros compartilhados de quantificação foram colocados prefixos “Imp”, que representam a sigla da empresa fornecedora da fôrma de pilar, figura 12.

**Tipos de famílias**

Nome: \_\_\_\_\_

Parâmetro	Valor	Fórmula
<b>Gráficos</b>		
1 (padrão)	<input type="checkbox"/>	=not(Lmaior > 550 mm)
Aprumador01 (padrão)	<input checked="" type="checkbox"/>	= [Aprumador01 (S=1/ N=0)] = 1
Aprumador02 (padrão)	<input checked="" type="checkbox"/>	= [Aprumador02 (S=1/ N=0)] = 1
Aprumador03 (padrão)	<input type="checkbox"/>	= and(not(Lmaior > 550 mm), [Aprumador03 (S=1/ N=0)] = 1)
Aprumador04 (padrão)	<input type="checkbox"/>	= and(not(Lmaior > 550 mm), [Aprumador04 (S=1/ N=0)] = 1)
MatrizAprumador03 (padrão)	<input checked="" type="checkbox"/>	= and(Lmaior > 550 mm, [Aprumador03 (S=1/ N=0)] = 1)
MatrizAprumador04 (padrão)	<input checked="" type="checkbox"/>	= and(Lmaior > 550 mm, [Aprumador04 (S=1/ N=0)] = 1)
Matriz (padrão)	<input checked="" type="checkbox"/>	= Lmaior > 550 mm
<b>Dados</b>		
Lmaior (padrão)	1000.0	=
Lmenor (padrão)	350.0	=
<b>Visibilidade</b>		
Aprumador01 (S=1/ N=0) (padrão)	1	=
Aprumador02 (S=1/ N=0) (padrão)	1	=
Aprumador03 (S=1/ N=0) (padrão)	1	=
Aprumador04 (S=1/ N=0) (padrão)	1	=
<b>Outros</b>		
MatrizReal (padrão)	2	= if(not(Lmaior > 1200 mm), 2, if(Lmaior > 2500 mm, 5, if(Lmaio
<b>Dados de identidade</b>		

Parâmetros booleanos para ativar ou desativar propriedades gráficas dos aprumadores pelas fórmulas condicionantes

Parâmetros de instância editáveis  
 1: Ativa a propriedade gráfica  
 2: Desativa a propriedade gráfica

Visibilidade	
Aprumador01 (S=1/ N=0)	0
Aprumador02 (S=1/ N=0)	1
Aprumador03 (S=1/ N=0)	1
Aprumador04 (S=1/ N=0)	1

Visibilidade	
Aprumador01 (S=1/ N=0)	0
Aprumador02 (S=1/ N=0)	0
Aprumador03 (S=1/ N=0)	1
Aprumador04 (S=1/ N=0)	1

Visibilidade	
Aprumador01 (S=1/ N=0)	0
Aprumador02 (S=1/ N=0)	0
Aprumador03 (S=1/ N=0)	0
Aprumador04 (S=1/ N=0)	1

Visibilidade	
Aprumador01 (S=1/ N=0)	0
Aprumador02 (S=1/ N=0)	0
Aprumador03 (S=1/ N=0)	0
Aprumador04 (S=1/ N=0)	0

**Figura 10** - Parâmetros booleanos e fórmulas condicionais para desativar ou ativar propriedades gráficas dos aprumadores

Visibilidade	
Aprumador01 (S=1/ N=0)	0
Aprumador02 (S=1/ N=0)	0
Aprumador03 (S=1/ N=0)	0
Aprumador04 (S=1/ N=0)	0
LegendaDimensão	<input checked="" type="checkbox"/>

Múltiplos de 5cm

Visibilidade	
Aprumador01 (S=1/ N=0)	0
Aprumador02 (S=1/ N=0)	0
Aprumador03 (S=1/ N=0)	0
Aprumador04 (S=1/ N=0)	0
LegendaDimensão	<input type="checkbox"/>

Parâmetro de visibilidade da anotação desativada

Medida não atendida pela fôrma de pilar

**Figura 11** - Anotação na família fôrma de pilar e parâmetro booleano que ativa ou desativa sua propriedade gráfica

Parâmetros numéricos com fórmulas condicionais para quantificação dos elementos

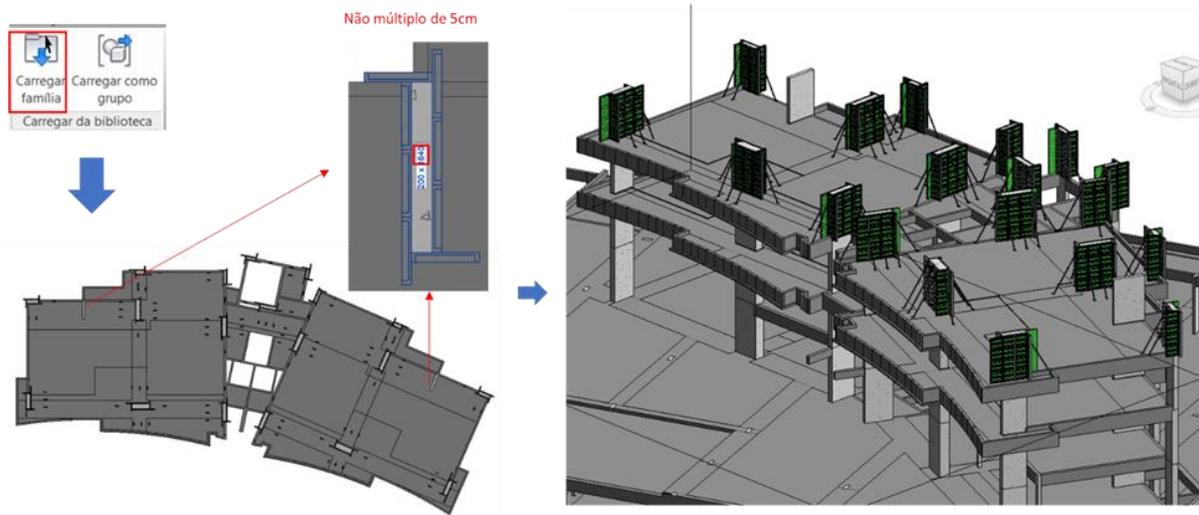
Dados		
Lmenor (padrão)	350.0	=
Lmaior (padrão)	1000.0	=
Imp_Painel (padrão)	6	=if(not(Lmaior > 2500 mm), if(Lmaior > 1850 mm, 10, if(Lmaior > 1200 mm, 8, if(not(Lmaior > 550 mm), 4, 6))), 12)
Imp_GarraDeAço (padrão)	16	=16 - Imp_TiranteT + if(Lmaior > 2500 mm, 32, if(Lmaior > 1850 mm, 24, if(Lmaior > 1200 mm, 16, if(Lmaior > 550 mm, 8, 0))))
Imp_TiranteT (padrão)	8	=if(Lmaior > 2500 mm, 32, if(Lmaior > 1850 mm, 24, if(Lmaior > 1200 mm, 16, if(Lmaior > 550 mm, 8, 0)))) + if(or(Lmenor = 500 mm, Lmaior > 2500 mm), 16, 0)
Imp_BarraDeAncoragem (padrão)	8	=if(Lmaior > 2500 mm, 20, if(Lmaior > 1850 mm, 16, if(Lmaior > 1200 mm, 12, if(Lmaior > 550 mm, 8, 0))))
Imp_Porca (padrão)	32	=Imp_GarraDeAço + Imp_TiranteT + Imp_BarraDeAncoragem
Imp_Aprumador (padrão)	6	=if([Aprumador01 (S=1/ N=0)] = 1, 1, 0) + if([Aprumador02 (S=1/ N=0)] = 1, 1, 0) + if([Aprumador03 (S=1/ N=0)] = 1, if(Lmaior >

**Figura 12 -** Parâmetros compartilhado de instância para quantificação dos elementos da fôrma de pilar

### 3. Resultados e Discussão

Tendo em vista que o objeto BIM deve possuir todas as informações importantes para um projeto e ao mesmo tempo, garantir o desempenho da plataforma BIM, verificou-se os quatro aspectos de qualidade listados por Weygant [4] em um projeto de estrutura exportado do TQS (Sistema computacional gráfico destinado à elaboração de projetos de estruturas de concreto armado, protendido e em alvenaria estrutural) de um edifício que utilizará as fôrmas do respectivo trabalho para a sua execução.

Para a avaliação da família fôrma de pilar, testou-se o objeto BIM em um pavimento tipo do projeto de estrutura exportado. Para isso, inseriu a família fôrma de pilar nos pilares múltiplos de 5cm do pavimento teste, verificando o ponto de inserção, relação com outros elementos do projeto, suas representações gráficas, suas relações paramétricas e o seu desempenho na plataforma BIM, Figura 13. Também foi gerado uma tabela de quantitativos com os parâmetros compartilhados criados para verificar a consistência dos dados.



**Figura 13 -** Família fôrma de pilar inserido no pavimento tipo de teste

### 4. Considerações finais

O trabalho aqui desenvolvido, tendo em vista que o BIM vem provocando uma profunda reorganização no setor da construção em todo o mundo e que no setor de fôrmas, há o aumento da exigência do mercado em desenvolver soluções de fôrmas modulares, teve como objetivo desenvolver um componente BIM da fôrma de pilar industrializada no Revit, seguindo algumas normas nacionais e internacionais, e manuais elaborados por incentivos governamentais e por organizações não governamentais.

Antes da modelagem propriamente dita, foi realizado um planejamento da família no Revit a ser modelada, levantando algumas informações como, seu propósito, uso, parâmetros necessários, nível de detalhe e como se relacionará com os outros elementos do projeto.

A fôrma de pilar do respectivo trabalho já tinha sido modelado em um outro software CAD (Computer Aided Design), o Inventor, utilizado para prototipagem de projetos mecânicos, que por ser também da AutoDesk, possui uma boa interoperabilidade com o Revit, com um elevado nível de detalhamento, ND 400, possuindo muitas características de propriedade intelectual da empresa e detalhes irrelevantes para os projetos fornecidos aos clientes da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), assim, antes da sua exportação para a plataforma BIM, foi preciso simplificar do desenho, retirando as características de propriedade intelectual, pequenos detalhes, vazios, e verificar a compatibilidade das geometrias e propriedades do desenho com o Revit.

Após a sua importação, modelou-se a família fôrma de pilar a partir do aninhamento das famílias que compõem a montagem da fôrma de pilar, os painéis e os aprumadores, definindo planos de referências, travamentos e parâmetros com formulações condicionais que ativam ou desativam propriedades gráficas, que quantificam os elementos da família e que definem as suas dimensões de montagem.

O processo de modelagem foi desenvolvido de forma gradual, na tentativa e no erro, testando e tomando as devidas ações corretivas, verificando todas as relações paramétricas, pontos de inserção, vistas, gráficos do modelo, formulações e informações de quantificação, e procurando deixar componente BIM com o tamanho de arquivo menor que 1000kbyte, para garantir o desempenho da plataforma BIM quando inserido no modelo.

Testou-se o objeto BIM finalizado em um projeto exportado do TQS de um edifício que utilizará as fôrmas industrializadas em estudo para a sua execução, sendo possível identificar algumas limitações e pontos que poderiam ser melhorados.

Pelo fato da família fôrma de pilar possuir famílias que foram importados de outro software CAD e que as fôrmas para concreto armado não são categorizadas por padrão no Revit, não foi possível atribuir subcategorias de todos os elementos pertencentes ao objeto BIM e nem a categoria correta para a fôrma de pilar; sem uso de programação ou de algum API (Application Programming Interface), não foi possível atribuir restrições comportamentais na família fôrma de pilar para ser inserido somente quando o pilar possuir medidas múltiplas de 5cm e para evitar conflitos com outros elementos do modelo; pelo fato de o BIM ainda está em processo de estudo na empresa, não há informações suficientes para atribuir parâmetros na família para o planejamento 4D, para logística de material e de manutenção.

Porém, essas limitações identificadas estão relacionadas com fatores internos da empresa, que só serão solucionados após a implementação do BIM nos processos da firma, e pela limitação do software utilizado, que necessita de programação ou API para algumas operações mais avançadas. Diante disso, a família fôrma de pilar modelada conseguiu atender o objetivo esperado do trabalho, mostrando-se eficaz quanto a sua automatização e flexibilidade de montagem no projeto, a geração automática de quantitativos e o desempenho da família na plataforma BIM, mesmo possuindo muitos parâmetros, formulações condicionais, famílias aninhadas e geometrias complexas.

## Referências

- [1] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston, Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores, Bookman, Porto Alegre, 2014.
- [2] Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Vol. 5, Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras, 2016.
- [3] NBS National BIM Library. NBS BIM Object Standard. 1.3 [s.i]: Riba Enterprises, 2014.
- [4] R. S. Weygant, BIM Content Development: Standard, Strategies and Best Practices, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2011.

- [5] BIMSTORE (UK). Bimstore bible: Revit family creation standars. 2017. <https://storage.googleapis.com/bimstore-uploads/uk/uploads/software/bimstore-bible-v15.pdf> (acessado 04 agosto 2017).
- [6] J. Clauss, Providing Manufacturer-Specific BIM Content for Revit from Inventor. Instructional Demo PD20638, 2016. Las Vegas, 2016.
- [7] AUTODESK. Revit Model Content Style Guide. 2009. [http://www.angularis.com/files/Revit Model Content Style Guide.pdf](http://www.angularis.com/files/Revit%20Model%20Content%20Style%20Guide.pdf) (acessado 04 agosto 2017).
- [8] OMNICLASS. OmniClass: Construction Classification System. <http://www.omniclass.org/> (acessado 14 agosto 2017).
- [9] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6118:2014, Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, 2014.

## ORCID

L.B. Sales 0000-0002-1927-2917 (<https://orcid.org/0000-0002-1927-2917>)  
I.L. Salomão 0000-0002-3320-577X (<https://orcid.org/0000-0002-3320-577X>)  
E.C.R. Ponte 0000-0001-8296-3019 (<https://orcid.org/0000-0001-8296-3019>)  
L.A. Rodrigues 0000-0001-6026-8461 (<https://orcid.org/0000-0001-6026-8461>)