

PROPOSTA DE TRADUÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA COORDENAÇÃO MODULAR EM PARÂMETROS APLICÁVEIS AO BUILDING INFORMATION MODELING

Neliza Maria e Silva Romcy⁽¹⁾; Daniel Ribeiro Cardoso⁽²⁾; Alexandre Araújo Bertini⁽³⁾;
André Nogueira Paes e Paula Rodrigues⁽⁴⁾

(1) UFC, e-mail: neliza.romcy@gmail.com

(2) UFC, e-mail: danielcardoso@ufc.br

(3) UFC, e-mail: bertini@ufc.br

(4) UFC, e-mail: andrenpaes@gmail.com

Resumo

Coordenação Modular e Building Information Modeling (BIM) se apresentam como alternativas para o desenvolvimento de melhorias para a indústria AEC, considerando-se que ambos atuam na integração e otimização de informações. O presente trabalho visa investigar o potencial de associação entre BIM e Coordenação Modular, através do desenvolvimento de uma aplicação para fins demonstrativos, além do registro da sua metodologia. A pesquisa foi dividida em três etapas: Compreensão, Desenvolvimento e Validação. A Compreensão incluiu a descoberta do problema inicial e um primeiro estudo dos principais temas envolvidos. O Desenvolvimento consistiu na investigação de uma metodologia para a tradução dos princípios da Coordenação Modular em parâmetros aplicáveis ao BIM, visando à representação de um primeiro sistema construtivo (alvenaria racionalizada em blocos cerâmicos) e a programação de um plug-in com a utilização desses parâmetros. A Validação incluiu a aplicação do plug-in em uma situação real e a aplicação da metodologia desenvolvida em um segundo sistema construtivo (light steel framing). Os resultados incluíram a criação da versão inicial de um plug-in, com a função de gerar automaticamente a paginações de blocos cerâmicos para a alvenaria racionalizada; a proposição de uma metodologia para o reconhecimento de regras de construção para sistemas modulados; e a verificação de que BIM e Coordenação Modular utilizados em conjunto podem potencializar aspectos já positivos de cada uma separadamente.

Palavras-chave: *Building Information Modeling. Coordenação Modular. Customização de software.*

Abstract

Modular Coordination and Building Information Modeling (BIM) emerge as potential strategies to improve the AEC industry, considering that both enhance the integration and communication among the different professionals involved in the project. This study aims to investigate the association between BIM and Modular Coordination, through the development of an application with demonstration purposes, plus the registration of its methodology. The research was divided into three stages: Understanding, Development and Validation. The Understanding included the discovery of the initial problem and a first study about the major issues. The Development consisted in the investigation of a methodology for translating the principles of Modular Coordination in parameters for a BIM model, in order to represent a rationalized ceramic blocks masonry, and to create a plug-in using these parameters. The Validation included the application of the plug-in in a real situation and the application of the methodology developed in a different building system (light steel framing). The results include

creating an early version of a plug-in, with the function to automatically generate layouts of ceramic blocks for rationalized masonry; proposing a methodology for the recognition of rules of construction for modulated systems; and verifying that BIM and Modular Coordination used together may enhance their positive individual aspects.

Keywords: *Building Information Modeling. Modular Coordination. Software customization.*

1. INTRODUÇÃO

No atual cenário da construção civil, é possível destacar que o aumento da competitividade entre as empresas e do nível de exigência por parte do consumidor final têm gerado a busca por ações que tragam melhorias aos processos desenvolvidos pelo setor; do projeto à execução.

A etapa do projeto é destacada como elemento estratégico, porém verifica-se que seu processo frequentemente apresenta falhas, em especial pelo aumento de suas características multidisciplinares e de sua complexidade. O resultado é uma falta de comunicação entre os agentes envolvidos e em um processo de projeto com soluções sequenciais, em substituição às simultâneas e colaborativas (RUSCHEL et al., 2010).

O fluxo e a integração de informações envolvidas ao longo de toda a cadeia produtiva do empreendimento, a começar pela fase de projeto, têm sido um entrave para a aplicação de melhorias no setor da construção civil. Nesse contexto, encontram-se como estratégias o resgate dos conceitos da Coordenação Modular e a implementação do Building Information Modeling (BIM).

Considerando que a Coordenação Modular inclui princípios que permitem a compatibilização de medidas e que, no BIM, os elementos de projeto são definidos a partir de parâmetros (modelagem paramétrica), é possível deduzir a seguinte relação: transformação dos princípios da Coordenação Modular em parâmetros que possam ser aplicados ao BIM. Assim, o estudo investiga tal associação e seus possíveis benefícios, através da customização de um aplicativo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Building Information Modeling – BIM

O BIM inclui ferramentas, processos e tecnologias, baseados em documentação digital sobre uma edificação, sua eficiência, seu planejamento, sua construção e, posteriormente, sua operação, apresentando como principais características a modelagem paramétrica e a interoperabilidade (EASTMAN et al. 2008). A modelagem paramétrica consiste na representação computacional de um objeto construído com entidades, cujos atributos podem ser fixos ou variáveis. (ANDRADE; RUSCHEL, 2009a). A interoperabilidade envolve a capacidade de identificação e troca de dados e informações necessários para serem passados entre aplicativos, permitindo aos profissionais de diversas disciplinas trocarem ou agregarem informação de maneira colaborativa e ágil (RUSCHEL et al., 2010).

Kymmell (2008) resume os benefícios do BIM sob três princípios básicos: visualização, colaboração e eliminação. A visualização se refere à melhoria da compreensão pessoal do indivíduo a partir do uso do modelo. A colaboração diz respeito ao encorajamento e facilitação de uma ação cooperativa por parte de toda a equipe. Por fim, a eliminação consiste em benefícios relativos ao projeto, como redução de conflitos, de perdas e de riscos.

Apesar de suas vantagens, é possível observar que para que seja possível a utilização do BIM em toda sua potencialidade, os principais desafios a serem superados incluem: a falta de

conhecimento a respeito do tema e a necessidade de um esforço coletivo por parte de todos os agentes envolvidos para que tais medidas de integração e colaboração sejam implementadas.

2.2. Coordenação Modular

A Coordenação Modular pode ser definida como a ordenação dos espaços na construção civil. No Brasil, sua implementação foi prejudicada, a partir da década de 80, com uma interrupção abrupta da bibliografia, somada ao caos dimensional de grande parte dos componentes construtivos. (GREVEN; BALDAUF, 2007). Tal discussão foi retomada quando a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) propôs a revisão de seu conjunto de normas e aprovou a NBR 15873:2010, visando à difusão da medida. Segundo a revista Guia da Construção (2009), tal iniciativa foi fruto do amadurecimento do setor, somado aos argumentos favoráveis para o sucesso da normativa.

O sistema modular de medidas é baseado no módulo básico, que, de acordo com tal norma, consiste na menor unidade de medida linear da coordenação modular, cujo valor normalizado é de 100 mm, ou 10 cm. Assim, o módulo básico é a unidade de medida padrão da Coordenação Modular, e o sistema modular de medidas compõe seus múltiplos inteiros (multimódulos) ou frações (incremento submodular).

Em termos gerais, os benefícios pretendidos incluem o aumento da comunicação e integração entre os agentes envolvidos na cadeia produtiva; aproximação das etapas de projeto e execução; e aumento da flexibilidade de rearranjos em uma mesma edificação. Porém, Santos et al. (2007) destacam a falta de conhecimento sobre sua definição e o não reconhecimento apurado de seus benefícios como gargalos para a disseminação da Coordenação Modular.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa se caracteriza por ser qualitativa e de caráter exploratório, ou seja, visa ao aprimoramento de idéias ou à descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, flexível, possibilitando a consideração dos mais variados aspectos, relativos ao fato estudado (GIL, 2002). Salienta-se, ainda, que o desenvolvimento da pesquisa foi baseado em uma abordagem sistêmica, adotando como conceito de sistema um “agregado de elementos que são relacionados entre si ao ponto de partilhar propriedades” (VIEIRA, 2006).

Diante desse contexto, optou-se pela pesquisa construtiva (*construction research*) como referência para a estratégia de pesquisa. Sua abordagem consiste na produção de um “construção inovadora”, artefato humano com o intuito de resolver problemas enfrentados no mundo real e contribuir para a teoria da disciplina em que é aplicado (LUKKA, 2003).

Considerando o objetivo de desenvolver uma metodologia que transforme os princípios da Coordenação Modular em parâmetros que alimentem o BIM, foi definida como “construção” a criação de uma nova função para um determinado *software*, através de um *plug-in*. *Plug-ins* são aplicações criadas para complementar a funcionalidade ou a interface de um aplicativo.

Para o delineamento da pesquisa, foram considerados os passos característicos do processo da pesquisa construtiva, agrupados didaticamente em 3 etapas: **compreensão**; **desenvolvimento**; e **validação**.

A **compreensão** inclui a descoberta do problema inicial, considerando sua relevância prática e teórica; e o estudo inicial dos principais temas envolvidos. O **desenvolvimento** consiste no processo de criação da construção proposta. Inclui o desenvolvimento da metodologia para a tradução de parâmetros da Coordenação Modular, aplicada a um primeiro sistema construtivo (alvenaria racionalizada em blocos cerâmicos); a simulação da aplicação em linguagem *script*,

menos complexa; e, por fim, a programação do *plug-in* a partir dos parâmetros levantados. Essa etapa se caracteriza pela participação de uma equipe interdisciplinar composta por dois arquitetos, um engenheiro civil e um bacharel em ciência da computação. A **validação** compreende a utilização do *plug-in* em uma situação real e a aplicação da metodologia desenvolvida em um segundo sistema construtivo de vedação (*light steel framing*), concluindo um processo de validação externo e interno, consecutivamente.

Os critérios de seleção dos sistemas construtivos incluíram: 1. as possibilidades de adequação de ambos aos princípios da Coordenação Modular; 2. o nível de interface com os outros subsistemas do edifício; 3. sua importância para a racionalização da obra como um todo.

Já para a seleção do *software* BIM, foram considerados: 1. a disponibilidade de acesso gratuito para fins acadêmicos (versão educacional); 2. As possibilidades de customização, observadas a partir de pesquisas anteriores (MONTEIRO, 2011; AYRES, 2009); 3. o conhecimento técnico da equipe envolvida na presente pesquisa. Assim, foi selecionado o *software* ArchiCAD da empresa Graphisoft.

4. A PESQUISA

4.1. Compreensão

A partir do objetivo de transformar os princípios da Coordenação Modular em parâmetros aplicáveis ao BIM, percebeu-se como desafio a necessidade de compreensão e representação de um mesmo objeto, coordenado modularmente, em diferentes instâncias. No caso, o objeto compreende um sistema construtivo de vedação vertical e as três instâncias são: a edificação real; sua representação virtual; e o código em linguagem computacional. Trata-se, portanto, de um desafio de comunicação, onde a investigação de uma solução passa pela compreensão do objeto como um **sistema** e pela questão da **linguagem**. Tais parâmetros foram destacados como base para a decomposição do objeto de estudo, facilitando sua reconstrução entre as diferentes instâncias.

A estratégia de programação adotada buscou a associação de duas opções de acesso e comunicação com o aplicativo BIM a ser customizado: *script*, para a programação e customização dos objetos paramétricos, e *plug-in*, para o estabelecimento das relações entre os objetos paramétricos e o aplicativo BIM original. O esquema da proposta de investigação apresentada pode ser observado na figura 1.



4.2. Desenvolvimento

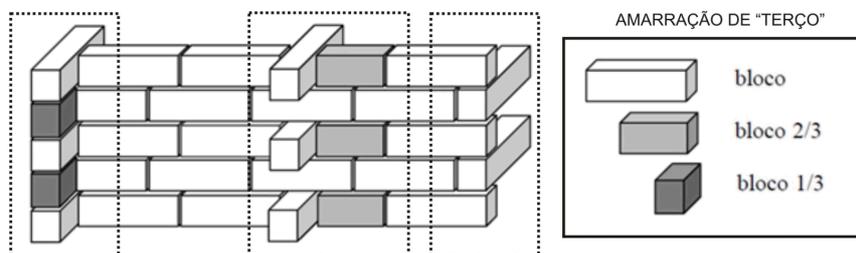
Para dar início ao estudo, foi necessária a decomposição de como se dispõe uma alvenaria racionalizada em blocos cerâmicos, transformando o processo em parâmetros para sua posterior reconstrução em linguagem computacional. Para tanto, foram selecionadas as seguintes características: 1. **componentes**, incluindo sua diversidade e sua quantidade; 2.

relações, ou seja, a capacidade dos componentes em se conectar; 3. **estrutura**, ou seja, as conexões estabelecidas no sistema para um determinado momento e sua construção passo-a-passo.

Os blocos cerâmicos foram determinados como os componentes básicos da alvenaria, enquanto as relações consistem nos tipos de amarração. A estrutura é variável, pois compreende os diferentes arranjos entre blocos e amarrações, a depender do projeto. Como exemplo, foram utilizados dois projetos reais, previamente selecionados em função do universo de estudo, principalmente a possibilidade de adequação à Coordenação Modular.

Para o tipo de amarração, adotou-se alternar um bloco de cada painel a cada fiada, sem o uso de ligações com reforços metálicos ou semelhantes. Nesse procedimento, destacam-se a amarração de “meio bloco” e de “terço”, tendo sido selecionada a de “terço” por possibilitar uma maior variedade de tipos de encontro: em “L” em “T” e em “X” (Figura 2).

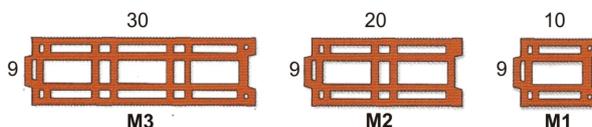
Figura 2 – Amarração “de terço” e as disposições dos encontros em “T”, “X” e “L”, respectivamente.



Fonte: (Adaptado de Vilató e Franco, 2000)

Devido à carência de componentes no mercado que correspondessem às necessidades desse tipo de amarração, foi selecionada uma família de blocos cerâmicos desenvolvida em pesquisa pela UFC (Figura 3). Trata-se de uma família coordenada modularmente, utilizando-se a malha decimétrica como referência espacial. O bloco principal foi pensado pela composição de um módulo triplo, podendo-se trabalhar com os três tipos de componentes: bloco M1 (10cm x 10cm), bloco M2 (10cm x 20cm) e bloco M3 (10cm x 30cm). Ressalta-se, ainda, um sistema de encaixe lateral que dispensa a junta vertical e permite um alinhamento horizontal mais preciso. Quando em junções, o encaixe pode ser retirado (MEHIS, 2010).

Figura 3 – Família de blocos utilizada na pesquisa, com destaque para as dimensões de cada tipo.



Fonte: (MEHIS, 2010)

O estudo da alvenaria foi dividido em dois momentos: 1. utilização de desenho 2D e outras estratégias de representação; 2. programação em *script* (linguagem GDL).

Inicialmente, a alvenaria foi abordada como um objeto único e isolado, a ser decomposto em seus componentes básicos: blocos M1, M2 e M3. Foram consideradas como suas propriedades dimensionais: **altura**, **espessura** e **comprimento**. O comprimento foi percebido como dimensão problema, devido à sua maior complexidade, pois depende do número e da disposição de blocos cerâmicos de cada tipo (10 cm, 20 cm, 30 cm).

Em resumo, os critérios para o estabelecimento das regras para a alvenaria isolada, utilizados como referência para todo o estudo foram:

- Utilização do sistema decimétrico de medidas, em função da Coordenação Modular;
- Reboco de 1 cm, contabilizando 10 cm quando somado à espessura de fabricação do bloco;
- Ausência de junta vertical, devido ao sistema de encaixes da família de blocos selecionada;
- Bloco principal (30 cm) com prioridade de aplicação. Os blocos complementares (20 cm e 10 cm) são utilizados quando há “resto” na divisão do comprimento total da alvenaria pelo comprimento do bloco principal;
- Localização dos blocos complementares nas extremidades de cada pano, facilitando o isolamento de variáveis e concentrando um padrão de blocos principais no “núcleo” da alvenaria. A identificação de padrões e o isolamento das variáveis otimizam informação e facilitam a geração dos parâmetros, sem prejuízos ao processo de execução;
- Por razões construtivas, o tipo de amarração selecionado não permite junta a prumo.

Foram percebidos três padrões de disposições de blocos em função da dimensão problema comprimento que, dividida por 30 cm (bloco principal), pode apresentar as seguintes situações. O tipo R1 e R2, de resto 10 cm e 20 cm, respectivamente, terão o comprimento composto por um número inteiro N de blocos principais, somado a um bloco complementar em uma das extremidades, que se alternam para evitar a junta a prumo. O tipo R3, múltiplo de 30 cm, terá o comprimento composto apenas por um número inteiro N de blocos principais. Nesse caso, para evitar fiadas idênticas, foi necessário trazer uma nova configuração para uma das fiadas, substituindo um dos blocos principais por um bloco de 10 cm e de 20 cm.

O estudo dos encontros em L, T e X partiu de tais regras, assim, buscou-se deduzi-los como uma evolução da alvenaria isolada para cada tipo de resto. Cada encontro foi caracterizado construtivamente e, respeitadas suas peculiaridades, adequado à classificação R1, R2 e R3. Destaca-se que houve necessidade de classificar as paredes do encontro L em dois tipos: L contínuo (Lc) e L interrompido (Li), devido à sua configuração característica.

Com os parâmetros pré-definidos, foi realizada sua aplicação em desenho 2D (AutoCAD) para dois projetos A e B, previamente selecionados. Os parâmetros e o procedimento de aplicação mostraram-se insuficientes para suprir as características particulares dos encontros vislumbrados. Destaca-se, ainda, a dificuldade de visualização dos problemas e de possíveis soluções, devido ao uso exclusivo de desenho 2D. Assim, deu-se prosseguimento ao momento seguinte da pesquisa, com o uso do *script*, em uma primeira simulação no ambiente BIM.

Primeiramente foi necessária a criação dos objetos paramétricos que representariam os blocos cerâmicos. Um objeto GDL, linguagem própria do *software* ArchiCAD, caracteriza-se como um conjunto de *scripts* 2D e 3D, que trabalha com variáveis e operações pré-estabelecidas. Vale salientar que, nessa fase, os processos de distribuição dos blocos não são automatizados.

Com a utilização dos objetos paramétricos em GDL, foi realizado um primeiro estudo genérico: o estabelecimento das configurações possíveis para um conjunto paredes, organizadas em uma disposição com baixa complexidade, que previsse encontros dos tipos Li, Lc e T. Tal estudo mapeou 27 combinações diferentes para tais encontros, a partir das dimensões R1, R2 e R3, onde foram encontradas configurações semelhantes, mesmo para situações diferentes. O encontro em X foi estudado em separado, devido à sua maior complexidade.

O mapeamento prévio dessas configurações é justificável para a verificação de recorrências e garantia de que não seja aberto precedente para a geração de soluções que tragam problemas

de projeto e execução. Posteriormente, essas configurações foram revisadas e as recorrências foram agrupadas, facilitando sua organização para posterior identificação.

Como resultado foi gerada uma tabela de configurações, relacionando em pares todos os encontros levantados (Li, Lc, T, X e extremidade livre), para as dimensões R1, R2 e R3. As configurações foram organizadas em 5 grupos, de acordo com as recorrências. Na figura 4, é apresentado como exemplo o grupo G02, onde são pareados os encontros T-Lc e Li-Lc.

Figura 4 – Trecho da tabela de configurações, onde dão pareados os encontros T-Lc e Li-Lc, para cada vão R1, R2 e R3. É possível perceber a recorrência para o posicionamento dos blocos complementares, coloridos a fim de se facilitar sua identificação.

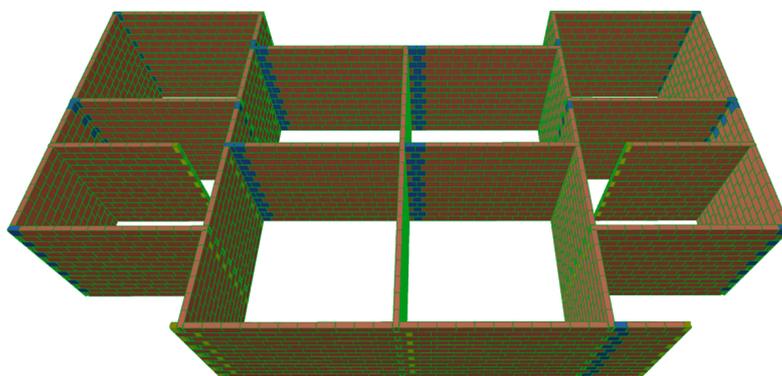
G02	Lc		
	R1	R2	R3
T			
Li			

Foi realizada uma nova aplicação nos projetos A e B para conferência das alterações. Em resumo, a classificação de cada alvenaria se dá em função dos encontros em suas extremidades e da dimensão do vão gerado entre os blocos de extremidade (R1, R2, R3), tendo a primeira fiada como referência. A partir dessa classificação, a configuração dos blocos cerâmicos para as fiadas pares e ímpares pode ser verificada na tabela pré-estabelecida. O resultado foi satisfatório, visto que as paginações das alvenarias de ambos os projetos A e B foram representadas corretamente, permitindo, assim, o início da programação do *plug-in*.

A programação do *plug-in* consistiu na customização do aplicativo original (ArchiCAD) através da incorporação dos parâmetros estabelecidos na etapa anterior. Para tanto, foi utilizada sua biblioteca de funções, denominada API (*Application Programming Interface*), que compreende um ambiente disponibilizado pelo próprio fabricante para que os programadores possam gerar novas ferramentas, aumentando a funcionalidade do aplicativo.

A função desenvolvida consistiu na adição de uma nova aba, denominada “Alvenaria”, contendo o comando “Gerar Fiadas”. Sempre que selecionado o comando e clicado um determinado objeto parede, sua paginação é gerada automaticamente através da distribuição dos blocos cerâmicos em formato GDL.

Figura 5 – Perspectiva do modelo BIM para o projeto B, gerado a partir do *plug-in*.



Para a averiguação de seu correto funcionamento, a ferramenta foi testada nos projetos A e B. O *plug-in* foi concluído satisfatoriamente com o cumprimento da sua função de distribuir automaticamente os blocos cerâmicos em fiadas, segundo os parâmetros pré-estabelecidos, em modelo BIM (figura 5). Soma-se ainda, a possibilitar da extração dos desenhos 2D, a partir do gerenciamento de layers (camadas), e a geração automática de tabelas com os quantitativos dos blocos cerâmicos, discriminados por tipo (30 cm, 20 cm, 10 cm).

4.3. Validação

Com a conclusão do *plug-in*, foi realizada sua demonstração juntos aos projetistas dos projetos A e B para a obtenção de *feedback* externo. Esse momento foi de extrema importância para a reflexão sobre a aplicabilidade e importância da presente pesquisa, com a contribuição de profissionais da área que não tiveram envolvimento direto com o trabalho.

Para o projeto A, contou-se com a presença de uma arquiteta e um engenheiro civil, enquanto para o projeto B foram dois arquitetos. As demonstrações foram feitas em separado para cada equipe e englobaram a apresentação da pesquisa, a demonstração do uso do *plug-in*, para o respectivo projeto, e a abertura para discussão, com a solicitação de dúvidas, sugestões e opiniões sobre a importância do trabalho.

Os projetistas demonstraram interesse em utilizar a ferramenta, visto sua capacidade de automatizar funções antes realizadas de forma manual. Foi destacado que a automatização de atividades que não agregam valor, como a distribuição dos blocos cerâmicos em paginações e a extração dos quantitativos, disponibiliza mais tempo para atividades que realmente envolvam o trabalho intelectual dos projetistas.

Após a validação externa da pesquisa, realizou-se a validação interna com a revisão da metodologia visando à sua generalização e posterior aplicação em outros sistemas construtivos. O passo-a-passo da metodologia proposta inclui:

- Identificar os componentes básicos do sistema construtivo em questão;
- Identificar as relações que o objeto é capaz de estabelecer entre semelhantes;
- Decompor as principais dimensões do objeto e identificar as dimensões “problema”, cuja complexidade é maior;
- Estabelecer para cada dimensão problema o “divisor” no qual ela será decomposta e os “restos” que deverão ser previstos. Esses valores devem sempre ser decimétricos.
- Mapear as dimensões recorrentes em função do divisor e dos restos previstos, estabelecendo uma primeira classificação (no exemplo da alvenaria: R1, R2, R3);
- Mapear as configurações que o objeto estabelece em função das diferentes relações que ele pode realizar. Levantar recorrências e estabelecer uma segunda classificação (no exemplo da alvenaria: encontros Li, Lc, T, X e extremidade livre);
- Estabelecer um gráfico que organize como todas as configurações classificadas anteriormente podem ser combinadas entre si, facilitando identificação e visualização.

A metodologia resumida foi aplicada em um segundo sistema construtivo: o *light steel framing*, com resultado positivo. Ao final do processo, os parâmetros retirados consistiram em três configurações básicas de vão (R2, R3 e R4) que podem ser associados a três configurações básicas de encontros (L, T e X). Tal associação se trata de simples sobreposições, sem necessidade de alterações na disposição dos componentes, previamente estabelecida para cada tipo de configuração em separado (vãos e encontros).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As contribuições da presente pesquisa incluem, assim: 1. a customização de um aplicativo BIM, referência para trabalhos futuros de intuito semelhante; 2. o desenvolvimento de uma metodologia para a tradução de sistemas modulados em parâmetros, visando à alimentação de aplicativos BIM; 3. a reflexão teórica sobre os benefícios trazidos pela associação entre BIM e Coordenação Modular, embasada pela investigação desenvolvida.

A referência dimensional única da Coordenação Modular facilita a compreensão dos objetos como sistema, sua decomposição e o levantamento de recorrências. Essas características facilitam o processo de criação de parâmetros para a alimentação do sistema BIM, possibilitando a geração de novas funções. Por outro lado, o BIM disponibiliza ferramentas associadas ao conceito de desenho paramétrico e interoperabilidade que permitem um ambiente virtual integrado, onde os conceitos da Coordenação Modular podem ser aplicados e compreendidos, através de uma visualização mais clara e uma automatização de funções.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. **BIM**: Conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: SBQP 2009: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009a.
- AYRES, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15873**: Coordenação Modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R; LISTON, K. **BIM Handbook**: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, 2008.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª edição. Editora Atlas. 2002.
- GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. **Introdução à coordenação modular da construção do Brasil**: uma abordagem atualizada. Coleção Habitare. Porto Alegre, 2007.
- GUIA DA CONSTRUÇÃO. **BIM e coordenação modular serão normatizados**. São Paulo: PINI. Ed. 97. Agosto, 2009.
- KYMMELL, W. **Building Information Modeling**: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations. McGraw-Hill, 2008. ISBN: 978-0-07-149453-3.
- LUKKA, K. **The constructive research approach**. In: Ojala, L. & Hilmola, O-P. (eds.) Case study research in logistics. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, Series B1: 2003.
- MEHIS – Habitações Sustentáveis com Melhoria dos Processos Tradicionais. **Desenvolvimento e difusão de tecnologias construtivas para habitação social no Ceará**. Rede Habitare/Finep. Fortaleza, 2010.
- MONTEIRO, A. **Projeto para produção de vedações verticais em alvenaria em uma ferramenta CAD-BIM**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Paulo, 2011.
- RUSCHEL, R. C. et al. **Building Information Modeling para projetistas**. In: FABRÍCIO, M. M. e ORNSTEIN, S. W. (org.) Qualidade no projeto de edifícios. São Carlos: RiMa Editoria, ANTAC, 2010.
- SANTOS, A. et al. **Gargalos para a Disseminação da Coordenação Modular**. In: Colóquios de Pesquisa em Habitação – Coordenação Modular e Mutabilidade. Escola de Arquitetura UFMG. Minas Gerais, 2007.
- VIEIRA, J. A. **Teoria do conhecimento e arte**: formas de conhecimento. Arte e ciência, uma visão a partir da complexidade. Fortaleza: Expressão gráfica e editora, 2006.
- VILATÓ, R. R., FRANCO, L. S. **Racionalização do projeto de edifícios em alvenaria estrutural**. (Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil; PCC-2515 Alvenaria Estrutural). São Paulo, 2000.