

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-024>

**Célia Regina Moretti Meirelles**

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4477-3895>**Silvio S. Sant'Anna**

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

**Vanessa Carolina de Souza**

Mestre

Universidade Presbiteriana Mackenzie

**Flávio Marcondes**

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

**Lucas Fehr**

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

**Jair Antonio de Oliveira Junior**

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

**Guilherme Antonio Michelin**

Mestre

Universidade Presbiteriana Mackenzie

**Gilda Collet Bruna**

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

**Fabio Raia**

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

**RESUMO**

No Brasil a construção civil apresenta uma fatia representativa do PIB comparado a outros países,

contudo, esta produção ainda está ainda têm base em processos tradicionais e será preciso um grande esforço para torná-la semelhante à produção industrial dos automóveis. Nas últimas décadas ocorreu uma rápida evolução na comunicação por satélite GPS (Global Positioning System) fato que permite o georreferenciamento dos edifícios. Outro aspecto é a facilidade de comunicação por meio rede da internet facilita colaborações a distância. Neste sentido, o BIM (Building information modelling), aceita a realização dos diferentes projetos e especialidades a partir de um único modelo paramétrico. Este suporta um trabalho colaborativo que pode ser acessado pelos projetistas em tempo real. Nas últimas atualizações incluiu estudos de viabilidade e desempenho dos diversos componentes como, informações técnicas, custos e elementos do estudo do ciclo de vida. A implantação do sistema BIM depende de uma série de plataformas tecnológicas interoperáveis, devendo integrar a diferentes fornecedores e softwares, bem como dos sistemas de comunicação. A presente pesquisa tem por objetivo discutir pontes tecnologias que tornam a gestão das obras pré-fabricadas mais eficientes. Portanto, discute duas tecnologias GPS-RTK, RFID (Radio Frequency), integradas com o sistema BIM. A mudança de paradigma é muito grande, pois o sistema BIM facilita a coordenação deste processo de construção, onde os componentes podem ser produzidos sob demanda, chamando de obra enxuta, e no local da obra deve estar assistido por computador, Wi-Fi, um sistema RFID completo com antenas de radiofrequência. Este permitirá que as tarefas sejam automatizadas e até mesmo a automação de toda a construção, pois o RFID define uma grande precisão.

**Palavras-chave:** Gestão da construção, BIM, RFID, GPS-RTK.

**1 INTRODUÇÃO**

O setor da construção civil no Brasil, representa uma significativa parcela do PIB, contudo está produção ainda é artesanal com falta de qualidade construtiva, e será preciso um grande investimento para torná-la semelhante aos outros setores. Bruna (2002) destacou que a produção industrial automobilística ao longo do tempo se tornou “mais eficiente, rápida, eliminando irregularidades

produtivas, erros de montagem, aproveitando as matérias-primas de modo racional”. Ele observa que a precisão dimensional permite o desenho que os carros possuem, fugindo da ortogonalidade, devido aos investimentos em sistema com controle numérico.

Já o setor da construção civil aplica processos construtivos atrasados tecnologicamente, contrapondo-se ao automobilístico, no qual projeto é produzido com exatidão, e com um mínimo desperdício de material. O autor observa que as principais dificuldades de implantação de uma automação na construção civil ainda ocorrem devido a uma mão de obra de baixo custo. Outros aspectos que se somam a estes são, a relação entre o edifício e o terreno, a tipologia, o programa e a intenção arquitetônica, variáveis difíceis de padronizar.

Nas últimas décadas ocorreu uma evolução nos sistemas de comunicação em rede, bem como nos softwares aplicáveis ao projeto. Neste sentido, o sistema de comunicação por satélite GPS (*Global Positioning System*) permite o georreferenciamento da obra. A outra ponta é a rede de internet Wi-Fi que permite a comunicação e gestão da obra em diferentes locais do mundo e a realização dos diferentes projetos a partir de um único modelo paramétrico com o BIM (*Building Information Modelling*). Este permite coordenar os diferentes projetos executivos da obra, e os dados podem ser atualizados em tempo real pelos projetistas, portanto permite integrar, os custos e os orçamentos, o planejamento das etapas da obra, até o acompanhamento do ciclo de vida do edifício com a gestão de manutenção.

O sistema BIM permite que o arquiteto conduza a gestão e coordenação de todo o processo de construção, desde a produção das peças até a obra final e inclui parâmetros de pós-uso. Para a estrutura pré-fabricada os componentes são produzidos sob demanda, e cortados pelo sistema CAD/CAM (*Computer Aided Design*).

A relevância deste tema está em avaliar pontes tecnológicas para gestão e controle das obras, analisando e tecnologias inovadoras de comunicação integradas a sistemas de gestão como o BIM. E este permite atribuir ao gestor do projeto a função de elemento conformador de serviços da obra construída. Esta forma de construir pode contar com uma precisão ainda não atingida na construção civil no Brasil, ao associar a função à forma sem as limitações da produção artesanal. Os processos colaborativos serão mais eficientes e rápidos de modo a viabilizar-se, gerando um retorno do investimento, e a redução de acidentes. Burrattino (2001) já observava a importância da gestão e controle das obras na construção civil.

A automação da obra ou controle vem sendo facilitados pelas integrações do BIM com o GPS-RTK, assistido por um sistema de Radiofrequência chamado de RFID, que permite a leitura do posicionamento da peça na posição correta, na gestão do pós-obra, entre outras centenas de funções.

No Brasil a implantação do sistema BIM ainda está em sua fase de implementação, pois ainda falta integrar os fornecedores de materiais, as normas e legislações governamentais. Somente em maio de 2018 foi instituído um decreto federal, com o nº 9.377 "Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling "(BRASIL,2018).

A presente pesquisa tem por objetivo discutir pontes tecnologias que tornam a gestão das obras pré-fabricadas mais eficientes e analisa duas tecnologias que tornam a gestão das mais eficientes, como o GPS-RTK, RFID (*Radio Frequency*), e o BIM.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A arquitetura e a engenharia são ofícios que se apoiaram no desenho geométrico para desenvolvimento dos projetos, desde a fase de estudo até a execução da obra. Na etapa do desenvolvimento criativo, o arquiteto muitas vezes aplica o desenho à mão, correlacionando as definições e exigências do programa com conceitos como eixos condutores do partido arquitetônico. Esta visão começou a ser alterada após o desenvolvimento dos “sistemas CAD-*Computer Aided Design*”, este determinou um certo grau de automatização à tarefa de desenhar a mão” sobretudo na execução dos desenhos técnicos” (SIMÕES, 2013).

Rosso (2011, p.1) destaca que os softwares conhecidos como

“3D existem desde o começo dos anos de 1990 [...]. No entanto, as geometrias produzidas nestes programas não possuíam nenhum tipo de informação [...]. Já na plataforma BIM é possível incorporar informações dentro do projeto e extrair dos desenhos os dados inerentes ao modelo”

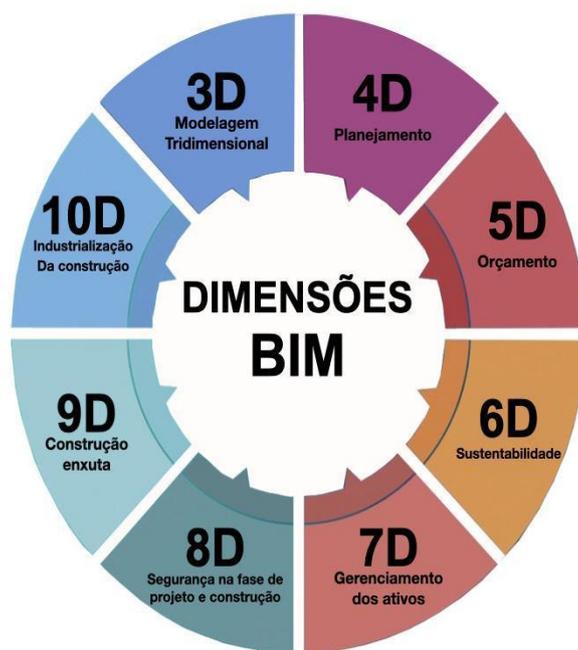
Segundo Simões (2013) o projeto deixa de ter base somente em modelos geométricos e “passa a ser um modelo paramétrico, possuindo a informações para além da forma”. O autor destaca que cada componente paramétrico são “famílias que devem conter diversos tipos de informação” como as características dos materiais, dimensões, fornecedores, energia embutida gasta para sua produção, periodicidade de manutenção etc.

Uma das características mais citadas na plataforma BIM, é a possibilidade de diferentes equipes realizarem o projeto executivo ao mesmo tempo, a partir de um só modelo. Partindo das condicionantes do projeto de arquitetura, este será desenvolvido com base na modelagem paramétrica. Após a definição do projeto de estrutura começam a ser produzidos paralelamente os projetos, hidráulicos, elétricos, iluminação, esgoto, segurança etc. Como já destacado, os sistemas integrados permitem a gestão circular e qualquer interferência que necessite a modificação pode ser avaliada, no modelo único. Portanto, os conflitos existentes entre os projetos se tornam mínimos e evitam que os erros ocorram durante a obra (CASTRO, 2011).

Neste sistema existirá uma maior precisão entre os desenhos gerados a partir deste modelo paramétrico que em um escritório convencional onde os projetistas geralmente têm um desenho a mão ou com apoio nos programas digitais que incorporam somente o conceito geométrico (CECCATO,2011).

Charles Eastman formado em arquitetura e professor universitário, foi um dos precursores no projeto auxiliado por computador, em meados de 70 definiu a expressão “*Building Description System* – BDS “para representar os sistemas componentes dos edifícios, mas o termo *Building Information Modelling* foi criado em 1986, entretanto sua aplicação em escala ocorreu no início de 2000 (DNIT,2021). As versões do sistema BIM foram sendo atualizadas e hoje inclui desde a "modelagem tridimensional" chamada de 3D, o planejamento das etapas da obra chamada de 4D, os orçamentos e custos 5D, 6D admite os parâmetros de sustentabilidade da obra como energia embutida e desempenho, 7D gestão e manutenção, o 8D está associada a segurança da Obra, o 9D é os parâmetros associados à "construção enxuta", e o 10 D integra parâmetros de "construção industrializada” mais rápida e segura na montagem. A figura 1 mostra um croqui das dimensões (BIBLUZ, 2018) (ERSHADI *et al.*,2021).

Figura 1: As dez dimensões do BIM



Fonte: adaptado de PRONTOENG,2019

O setor industrial para a construção civil, no Brasil, precisa ter interesse comercial de divulgar os seus materiais, portanto devem criar modelos paramétricos no BIM, para que os arquitetos recomendem estes produtos na fase de projeto, permitindo que estes sejam adquiridos na fase de

execução da obra. Para participar deste mercado, os fabricantes devem criar uma base de dados dos documentos e materiais, incluindo informações com características técnicas relevantes, e disponibilizá-lo para download público.

Na América do Norte foi criada a base dados *MasterFormat* para os materiais da construção civil (SPENCE; KULTERMANN, 2016). Esta base ampliou as informações dos produtos para atender aos parâmetros do sistema BIM e a sua viabilidade. Ceccato(2011) destacou a importância da transição dos escritórios para bases tecnológicas integradas digitalmente.

No Brasil a indústria da construção civil é representativa frente a diversos países europeus, contudo ainda existe um grande esforço para ampliar a aplicação do BIM na cadeia produtiva e nos escritórios. A implantação do sistema BIM depende de uma série de plataformas tecnológicas interoperáveis, devendo integrar a diferentes fornecedores e softwares, bem como dos sistemas de comunicação (KASSEM; LEUSIN, 2015).

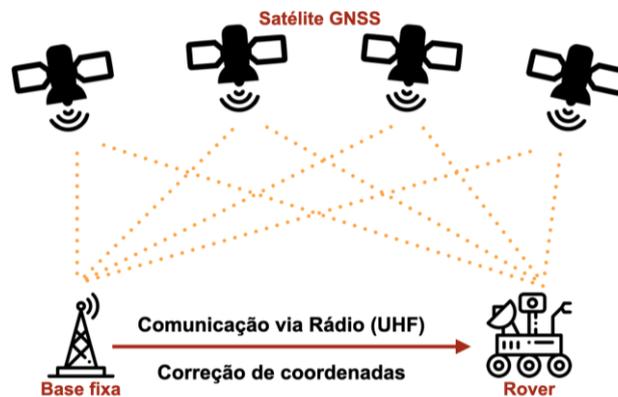
Como exemplos da importância interoperabilidade entre os softwares, o TEKLA especializado em estrutura metálica permite que você crie seus próprios objetos no OpenAPI (TEKLA, 2018). No Brasil o programa TQS especializado em estruturas de concreto e fundações vem se adequando ao conceito do BIM

Segundo Kassem; Leusin (2015) o conceito do BIM passou a integrar desde o “processo de projeto a gestão da operação, segundo a etapa do ciclo de vida da obra e as diferentes especialidades envolvidas, devendo manter, a integridade e consistência da informação e a interoperabilidade.”

O Global Positioning System (GPS) são equipamentos que realizam a triangulação de sua posição global utilizando satélites como pontos referenciais e ondas de rádio para calcular a distância do ponto-satélite. O sistema “efetua a triangulação múltiplas vezes em um intervalo de tempo, permitindo a sua georreferenciamento seja em tempo real”. Devido a estes fatores, a tecnologia é aplicada em diferentes áreas, como navegação, aviação, em transportes rodoviários etc. Porém, o GPS convencional não pode ser usado na construção civil devido a sua pequena precisão na casa dos metros (FERRARI, 2011).

Já o *GPS Real Time Kinematic* (GPS RTK) apresenta uma maior precisão, ele realiza a triangulação citada acima, porém deve dispor de uma antena equipada com modem, com a função de consultar uma base de dados de correções diferenciais online definidas por meio de um equipamento *Radio Technical Committee for Maritime Service* (RTCM), e, a partir dos dados obtidos, calcular o posicionamento com eliminação do erro. (LOPES, 2017)

Figura 2:



Fonte: dos autores

Outro equipamento de comunicação aplicado na gestão das estruturas modulares com graus de pré-fabricação nos Estados Unidos e Ásia é o RFID — identificação por radiofrequência (*Radio Frequency Identification*). Diferente do GPS, ele é usado para controle da obra, ele é composto por uma antena que emite o sinal de frequência e um aparelho que realiza a troca de sinais. Ele consegue transmitir e receber sinais. Com a diferença de tempo entre emissão e recepção do sinal registrada pela antena, um computador pode calcular a distância entre os dois. Sua precisão pode chegar à casa dos centímetros. Este sistema é muito utilizado em outros setores, viabilizando um custo menor. No mercado americano é possível comprar uma etiqueta eletrônica RFID por menos de um dólar.

Assim como o GPS, o RFID pode ser usado para efetuar triangulação, porém ao invés de usar satélites como pontos referenciais, utiliza antenas, pois seu sinal é de baixo alcance. O RFID pode ser passivo, somente ressonar sinais recebidos por antenas, ou ativo, possuindo bateria e emitindo sinal próprio. Neste caso, o sinal chega a 30 metros (PINHEIRO, 2004). Por realizar a troca de sinais por triangulação com o GPS, o RFID pode ter sua localização reproduzida em tempo real em um plano cartesiano digital. O sistema pode ser integrado ao BIM desde a produção das peças até o controle e gestão da obra, minimizando erros, desperdícios e aumentando a racionalização.

Iacovidou; Purnell; Lim (2018) consideram o RFID uma das tecnologias mais inovadoras da atualidade, pois esta consegue guardar dados e transmitir as informações de modo a permitir a correção de uma informação. Portanto, quando o RFID é associado com o sistema de informação geográfica (GIS) e ao sistema de posicionamento global (GPS), permitirá a “localização de materiais e estimativa de sua posição na construção local” caso integre com tecnologias de assistente digital pessoal (PDA) permite o levantamento de “inventários de materiais / componentes e desenhos de construção e outras documentações

e gerenciamento de segurança” e quando integrar as tecnologias BIM sobre a gestão da obra como “armazenar e recuperar dados do ciclo de vida do componente”.

Em 2014, a empresa Trimble, uma das principais empresas que produzem equipamentos para a agrimensura, lançou o "*Trimble Tracker RFID System*" para rastreamento e localização de ativos de construção associando o GPS ao RFID. (TRIMBLE,2014)

### **3 MÉTODO**

O método faz parte da revisão da literatura sobre o BIM, comenta sobre os sistemas GPS-RTK e a radiofrequência RFID (*Radio Frequency Identification*).

Análise das características do potencial de aplicação de controle e gestão da obra com os dois sistemas (GPS-RTK) e a radiofrequência RFID (*Radio Frequency Identification*).

Análise da aplicação dos sistemas em construções modulares em Aço

### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

No contexto dos edifícios verticais modulares, Ryan Smith (2010) ilustra que hoje existem diferentes graus de industrialização para edificações pré-fabricadas. Se somente os componentes em barras, como pilares e vigas são produzidos na fábrica, pode-se considerar um baixo grau de Industrialização. Na segunda classificação os componentes pré-fabricados são elementos planos como paredes de fechamento e lajes, e no grau alto, estariam empresas que produzem o módulo completo, como exemplo, em hotéis e os módulos autônomos para banheiros.

Na estrutura metálica, com a aplicação de perfis laminados, temos a produção industrial dos diferentes tipos de perfis, mas após o projeto de arquitetura é necessário que se indiquem as fábricas intermediárias, nesta se procede às furações, corte e solda, este processo é realizado por máquinas de controle numérico.

As etapas de montagem devem ser cuidadosamente planejadas, quando se trabalha em aço, como destaca a AISC- *American Institute of Steel Construction* (2005). Entre as etapas de montagem das obras se destaca: as fundações, paredes estruturais ou caixas de elevador, os pilares, as viga principais, conexões, vigas secundárias para suportar os pisos quando se utiliza a forma metálica *steel deck*, a proteção ao fogo da estrutura metálica, as vedações internas e externas, portas e janelas, e os contraventamento. A imagem 3 remete a uma obra em estrutura metálica durante a sua construção em São Paulo, com elementos lineares.

Figura 3: montagem da estrutura de um edifício em aço



Fonte: dos autores

Nas grandes cidades da Ásia muitas obras já estão sendo produzidas tendo como meta a automação da obra na sua totalidade ou em parte destas. No BIM 4D estão os pontos da gestão da obra, o sistema integrado a software de planejamento gera planilhas de sequências de montagem. Observa-se que o sistema RFID associado ao BIM pode ser aplicado nos componentes estruturais pré-fabricados, para reproduzir o progresso da obra, diagnosticar erros, atrasos e adiamentos no cronograma construtivo (SHI, 2009).

Cai *et al.* (2018) levantaram artigos sobre obras de edifícios altos que aplicavam novas tecnologias entre 2000 e 2017. Eles observaram a aplicação do RFID e a evolução da robotização para fachadas devido à precisão necessária para fixação de painéis e estudos experimentais para estrutura em aço. Entre outros destaques, o experimento de Liang *et al.* foi apresentado em vídeo realizado em 2015. Neste os pilares já estão fixados no local com o conector soldado a ele, onde será fixada a viga por parafusos. O robô realiza “rotação da viga, alinhamento, aparafusamento e descarga”. Minimizando os riscos dos operários em edifícios altos (LIANG *et al.* (2017) apud CAI *et al.* (2018).

A figura 4 mostra a colagem da etiqueta eletrônica RFID na estrutura metálica, esta etiqueta serve para identificar e localizar objetos em tempo real utilizando frequência de onda, ela pode receber e transmitir informações.

Figura 4- RFID tag na construção

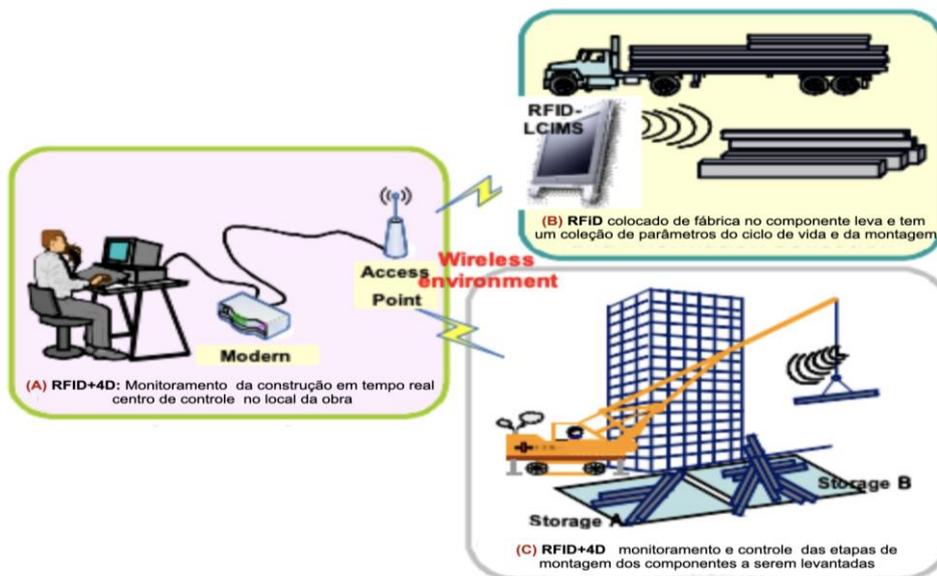


Fonte: ALAGARSAMY, 2010.

O RFID estará associado aos códigos de montagem relacionando as peças que estão representadas no modelo digital pelo sistema BIM. O progresso de montagem reproduzido em um sistema BIM — RFID, com essa etiqueta será possível que gestor por meio de laptop coordene as operações feitas no canteiro, tendo controle sobre o ritmo construtivo, otimizando e permitindo a automatização de parte do processo, ou até mesmo de toda obra.

O processo de construção ganha maior agilidade quando é apoiado equipamentos de movimentação horizontal e/ou vertical motorizados e automatizados com interface Wi-Fi e associados a GPS-RTK, para que o cruzamento de informações entre eles, chamados de pontes tecnológicas, seja possível, como mostra o croqui da figura 5 (CHENG; CHANG, 2011).

Figura 5: Elementos tecnológicos integrado a obra para a automação com RFID



Fonte: adaptado de CHENG; CHANG, 2011, P. 4.

De acordo com Cheng Chang (2011) o BIM 4D permite a simulação das etapas da obra para evitar conflitos e “problemas logísticos durante a fase de construção.” Como destacado acima, o sistema RFID tem que estar instalado no local da obra completo, com modem e antenas de transmissão de radiofrequência, como mostra a figura 5 croquis A. Com a *tag* RFID instalada no componente (Figura 5 croqui B), se fará a leitura relativa a ações operacionais como o transporte, e se procede à montagem por meio das guias todas Integradas com sistema autônomo com o sistema Wi-Fi, como se observa na Figura 5 Croqui C.

Nos edifícios verticais, o planejamento das etapas de montagem de cada peça na obra deve ser cuidadosamente detalhado, pois esta depende do tipo de grua que se tem no local, e da liberdade de giro desta para se movimentar a grua ou os elementos de transporte vertical e horizontal.

Como destacado acima, o sistema RFID têm que estar no local com modem e antenas de transmissão de radiofrequência, com a *tag* RFID instalada no componente que se fará a leitura de qual peça que será transportada, e se procede à montagem por meio das guias todas integradas com sistema autônomo e com o sistema Wi-Fi.

Com o BIM 9 D e 10D se integra a produção com o planejamento da obra, neste sentido os componentes seriam somente produzidos a partir da necessidade da obra, gerando um canteiro enxuto, inclusive avaliando o clima na hora da montagem, evitando horário de pico etc. devido à integração ao GPS-RTK. Essas tecnologias integradas ao BIM 10 D, irão permitir em tempo real “monitorar e controlar tarefas”, bem como “automação das etapas da obra” (ERSHADI *et al.*,2021).

Outro aspecto relevante é que o 7D, o BIM avalia os dados sobre o ciclo de vida da obra e de seus componentes, já o RFID permite recuperar informações sobre os elementos pré-fabricados, bem como sobre as datas indicadas para a manutenção.

## 5 CONCLUSÃO

As plataformas voltadas para o sistema BIM permitem uma ampliação do conceito do projeto ao tratar o modelo paramétrico de modo a conter além das informações geométricas, como as informações sobre os componentes da edificação. Nas últimas atualizações passou a incluir informações desde a escolha dos materiais, apoiando todo o processo construtivo, englobando os conceitos relacionados ao ciclo de vida das edificações. O sistema permite um trabalho colaborativo dos diferentes projetos, de forma que as modificações podem ser incorporadas em tempo real.

O processo construtivo em estruturas pré-fabricadas integrados aos equipamentos de georreferenciamento GPS-RTK permitirá a locação precisa dos componentes na obra e seus ajustes em tempo real, bem como o alinhamento vertical da estrutura, a sua integração ao sistema BIM.

No âmbito de obras gerais estes sistemas integrados pela comunicação Wi-Fi com o GPS-RTK, BIM e RFID promovem um ganho de qualidade, e um maior controle sobre as obras com minimização dos custos com as áreas para armazenamento no canteiro devido conceito da construção enxuta bem como o controle da obra em tempo real.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Lohan Oglouyan Brandão por sua contribuição nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Aisc - american institute of steel construction. Jobsite layout, mobilization, equipment and coordination. Chicago, il, 2005.

Brasil.nº 9.37. Institui a estratégia nacional de disseminação do building information modelling. Maio, 2018.

Bruna, j. V. Arquitetura, industrialização e desenvolvimento. 2ª ed. São paulo: perspectiva, 2002 p.17-31

Burrattino, s. Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios, são paulo, poli-usp, tese de livre docência, 2001.

Bibluz. As dez dimensões do bim. 2018. Disponível <https://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/> em acesso em 10.fev.2023.

Cai, shiyao *et al.* Application of automation and robotics technology in high-rise building construction: an overview. In: isarc. Proceedings of the international symposium on automation and robotics in construction. Iaarc publications, 2018. P. 1-8.

Disponível em [iaarc.org/publications/2018\\_proceedings\\_of\\_the\\_35th\\_isarc/application\\_of\\_automation\\_and\\_robotics\\_technology\\_in\\_high\\_rise\\_building\\_construction-an\\_overview.html](https://iaarc.org/publications/2018_proceedings_of_the_35th_isarc/application_of_automation_and_robotics_technology_in_high_rise_building_construction-an_overview.html)  
Acesso 1 de abr. 2023.

Castro, priscila. Bim: quem é quem. Au arquitetura e urbanismo, são paulo. Edição especial. P61. Jul 2011.

Ceccato, cristiano. Bim na prática. Revista au arquitetura e urbanismo, são paulo. Edição especial. P61. Jul. 2011.

Cheng, min-yuan; chang, n. Radio frequency identification (rfid) integrated with building information model (bim) for open-building life cycle information management. Proceedings of the 28th isarc, p. 485-490, 2011.

Dnit. A criação do bim. 2021. Disponível em acesso em 5.fev.2023.

Ershadi, mahmoud *et al.* Implementation of building information modelling in infrastructure construction projects: a study of dimensions and strategies. International journal of information systems and project management, v. 9, n. 4, p. 43-59, 2021. Disponível em [researchgate.net/publication/357279597\\_implementation\\_of\\_building\\_information\\_modelling\\_in\\_infrastructure\\_construction\\_projects\\_a\\_study\\_of\\_dimensions\\_and\\_strategies](https://researchgate.net/publication/357279597_implementation_of_building_information_modelling_in_infrastructure_construction_projects_a_study_of_dimensions_and_strategies) acesso em 15.fev. 2023.

Iacovidou, eleni; purnell, phil; lim, ming k. The use of smart technologies in enabling construction components reuse: a viable method or a problem creating solution? Journal of environmental management, v. 216, p. 214-223, 2018.

Kassem, mohamad; leusin de amorim, s. R. Bim building information modeling no brasil e na união europeia. 2015.

Liang, ci-jyun; kang, shih-chung; lee, meng-hsueh. Ras: a robotic assembly system for steel structure erection and assembly. International journal of intelligent robotics and applications, v. 1, p. 459-476, 2017.

Lopes, juliano marçal. Uso de tecnologia gnss-rtk no controle automatizado de máquinas de construção civil e infraestrutura viária. 2017. Dissertação (mestrado) - universidade estadual de campinas, faculdade de engenharia civil, arquitetura e urbanismo, campinas, sp. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/reposip/321810> acesso em 10.maio.2018.

Pinheiro, José Maurício Santos. Rfid- identificação por radiofrequência. 2004. Disponível em: [http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_identificacao\\_por\\_radiofrequencia.php](http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_identificacao_por_radiofrequencia.php) acesso em 02/08/2018.

Prontoeng. As dez dimensões do bim. Disponível em [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3a%2f%2fwww.facebook.com%2fprontoeng%2f%3flocale%3dpt\\_pt&psig=aovvaw2wuw0a51s-hod650mp3zlq&ust=1681748089551000&source=images&cd=vfe&ved=0cbmqjhxqfwotcji42\\_7lrv4cfqaaaaadaaaaabav](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3a%2f%2fwww.facebook.com%2fprontoeng%2f%3flocale%3dpt_pt&psig=aovvaw2wuw0a51s-hod650mp3zlq&ust=1681748089551000&source=images&cd=vfe&ved=0cbmqjhxqfwotcji42_7lrv4cfqaaaaadaaaaabav) acesso em 10.abril. 2023.

Rosso, silvana maria. Bim: quem é quem. Au arquitetura e urbanismo. São paulo. Edição especial. P61. Jul 2011.

Shi, wei. Framework for integration of bim and rfid in steel construction. 2009. Tese de doutorado, florida university, florida, eua, 2009.

Spence, william p.; kultermann, eva. Construction materials, methods and techniques. Boston:cengage learning, 2016.

Smith, ryan e. Prefab architecture: a guide to modular design and construction. New york: john wiley & sons, 2010

Simões, diogo gonçalves. Manutenção de edifícios apoiada no modelo bim. Doutorado em engenharia civil, técnico de lisboa, lisboa, 2013. Disponível em <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadfile/395145922989/vers%c3%a3o%20final%20tese-corrigida.pdf> acesso em 10. Jun. 2018

Tekla. Software tekla structures para bim. Disponível em < <https://www.tekla.com/br/produtos/tekla-structures>> acesso em 11.out.2018.

Trimble. Trimble introduces rfid system for real-time construction equipment identification and tracking. Disponível em <https://investor.trimble.com/news-releases/news-release-details/trimble-introduces-rfid-system-real-time-construction-equipment> acesso em 10.fev.2023.