

O USO DO PROCESSO BIM NA INTERFACE DIGITAL PROJETO-PRODUÇÃO DE AÇO CORTADO E DOBRADO

MACIEL, Alex (1); CORRÊA, Fabiano (2); BARROS, Mércia (3)

(1) ConstruíNOVA, Universidade de São Paulo, alex_roda@usp.br; (2) ConstruíNOVA, Universidade de São Paulo, fabiano.correa@usp.br; (3) ConstruíNOVA, Universidade de São Paulo, mercia.bottura@usp.br

Resumo: O emprego de aço pré-cortado e pré-dobrado representa uma evolução em comparação ao método tradicional de produção de armaduras, em que o aço é processado no canteiro de obras. Sua industrialização proporciona benefícios como a redução de perdas e o ganho de espaço em canteiro. Entretanto, a eficiência desse processo demanda sinergia entre os agentes atuantes na cadeia produtiva. Problemas relacionados à qualidade do Projeto de Detalhamento de Armadura (PDA) e imprecisão nos pedidos podem comprometer a confiabilidade do processo. Ademais, as informações contidas no PDA, usualmente fornecidas por meio de documentos impressos, precisam ser transcritas manualmente pelo fabricante antes do início da produção. Acredita-se que o emprego do processo BIM na elaboração dos projetos contribua para mitigar os problemas relacionados à qualidade do PDA. Além disso, encontram-se disponíveis no mercado soluções que viabilizam a transferência digital dos dados contidos no PDA e possibilitam o reúso dessas informações durante a etapa de fabricação, reduzindo a necessidade de intervenção manual para transcrição dos dados de produção. Este trabalho tem como objetivo analisar a interface digital entre o projeto e produção industrial de aço cortado e dobrado e o uso do processo BIM no desenvolvimento do PDA. Mediante consulta a empresas prestadoras de serviço de corte e dobra e representantes de software BIM, foram identificados os principais padrões utilizados no intercâmbio de dados e ferramentas de autoria BIM que suportam sua exportação. Com base nos resultados preliminares obtidos dessa pesquisa, identificou-se que, apesar dos equipamentos, sistemas de gestão utilizados pelas centrais de corte e dobra e ferramentas BIM possuem suporte à interface digital, esta prática ainda não é adotada pelo mercado nacional. Em função da configuração da cadeia produtiva adotada pelo mercado brasileiro, a interface projeto-produção é realizada por intermédio do construtor, o que requer sinergia entre todos os agentes de modo a viabilizar a interface digital com base nos padrões vigentes.

Palavras-chave: BIM, aço cortado e dobrado, pré-fabricação, automação industrial, fabricação digital

Área do Conhecimento: Tecnologia de componentes construtivos – Processo de produção.

1 INTRODUÇÃO

A industrialização do processo de corte e dobra proporcionou a redução de perdas de materiais, maior precisão dimensional e redução de riscos à segurança na operação de equipamentos em campo, em comparação ao método tradicional em que o aço era fornecido em barras padronizadas e processado (cortado e dobrado) internamente ao canteiro de obras.

Nas últimas duas décadas, a adoção do aço pré-cortado e pré-dobrado possui destaque entre as quatro formas de fornecimento de aço descritas por Salim Neto (2009): em barras, pré-cortado e pré-dobrado, armaduras pré-montadas ou telas soldadas. Atualmente, o uso de aço cortado e dobrado¹ industrialmente encontra-se consolidado no setor imobiliário (PINI, 2016a), sobretudo nas regiões sul e sudeste (PINI, 2016b).

Entretanto, a alteração no formato de fornecimento do aço, de um insumo para um produto feito sob encomenda, estabeleceu uma nova configuração em sua cadeia produtiva na qual o agente responsável pelo fornecimento de aço, anteriormente encarregado pelo fornecimento de aço em barras padronizadas, passou a exercer a prestação de serviço de corte e dobra.

Segundo Marder e Formoso (2004), problemas relacionados a falhas no fluxo de informações entre o projetista estrutural, a construtora e o fabricante de aço cortado e dobrado, qualidade do projeto estrutural, falta de integração, atrasos e imprecisão na transferência de dados entre os intervenientes afetam a eficiência da cadeia produtiva desse componente.

Isatto, Azambuja e Formoso (2015) consideram o fabricante de aço cortado e dobrado o agente mais afetado por eventuais falhas no processo. Caso as informações fornecidas pela construtora por meio do Projeto de Detalhamento de Armaduras (PDA) e programação dos pedidos não estejam precisas, são necessários novos contatos com o projetista/construtora para esclarecimento de dúvidas ou ocorre a produção de peças desnecessárias (MARDER et al., 2004). De acordo com Carlott (2012), não há tempo

¹ Considera-se, neste trabalho, aço cortado e dobrado como componente pré-fabricado produzido por meio de processo industrializado, realizado fora do canteiro de obras.

hábil para que o fabricante faça a reposição das peças caso elas cheguem à obra com dimensões incorretas.

Embora as empresas prestadoras de serviço de corte e dobra possuam um alto grau de automação (ARAÚJO, 2005) e infraestrutura para receber os dados necessários à produção em formato digital, as informações contidas no pedido e PDA são fornecidas ao fabricante por meio de documentos baseados em papel e precisam ser transcritas manualmente antes do início da produção, o que, segundo Navon, Rubinovitz e Coffler (1998), provoca a existência de "ilhas de automação" ligadas por transferência manual de dados.

Visando eliminar tais problemas, são apresentadas ao mercado soluções que empregam a Tecnologia da Informação (TI) e que possibilitam o intercâmbio digital dos dados contidos no PDA de forma a possibilitar o reúso das informações geradas no projeto durante a etapa de fabricação.

Acredita-se que o emprego do processo Modelagem da Informação da Construção (BIM) no desenvolvimento integrado do PDA possa contribuir para mitigar os problemas relacionados à qualidade e integridade do PDA e viabilizar ao fabricante de aço cortado e dobrado o uso da fabricação digital², reduzindo a incidência de falhas no processo de transcrição manual das informações do projeto.

Este trabalho tem por objetivo analisar a interface projeto-produção de aço cortado e dobrado e identificar os principais padrões de arquivos e ferramentas de autoria BIM, utilizadas na elaboração do PDA, que possibilitem a interface digital com equipamentos de corte e dobra de aço ou sistemas computacionais utilizados por grandes centrais de corte e dobra para automação do processo.

O método de pesquisa consistiu na revisão bibliográfica e entrevistas junto à agentes que atuam no projeto e produção industrial de aço cortado e dobrado, buscando-se identificar: a configuração da cadeia produtiva do aço cortado e dobrado; principais problemas enfrentados na interface entre os agentes dessa cadeia; processo de PDA; interface projeto-produção e soluções disponíveis no mercado interno e externo ao país que possibilitem o uso da fabricação digital na indústria de corte e dobra de aço.

Foram consultados representantes das duas maiores siderúrgicas nacionais (responsáveis por 43 unidades produtivas), dois fabricantes de equipamentos de corte e dobra, duas empresas de software BIM, um desenvolvedor de sistemas de gestão e três projetistas estruturais. Participaram da pesquisa por meio de questionários semiestruturados quatorze empresas prestadoras de serviço de corte e dobra.

Apesar das ferramentas de autoria BIM consideradas neste trabalho possuírem diversas funcionalidade específicas, procurou-se analisá-las quanto à capacidade de integração com sistemas de produção de corte e dobra de aço, de forma a limitar o universo de pesquisa à interface digital projeto-produção.

2 PROBLEMAS ENCONTRADOS NA CADEIA PRODUTIVA DO AÇO CORTADO E DOBRADO

Ao analisarem a Cadeia Produtiva do Aço Cortado e Dobrado (CPACD), Marder et al. (2004) e Isatto, Azambuja e Formoso (2015) identificaram problemas relacionados ao fluxo de informações e processo de projeto estrutural que afetam a eficiência da CPACD. Segundo esses autores, a maior parte das ocorrências são originadas na fase de projeto e programação dos pedidos.

Na percepção dos participantes do estudo realizado por Isatto, Azambuja e Formoso (2015), a baixa **qualidade dos projetos estruturais** (carência ou conflito das informações; divergência entre a tabela de resumo e o detalhamento do PDA) e a **imprecisão nos pedidos** (ausência ou incoerência das informações quanto a quantidade e programação de entrega) foram os problemas que apresentaram maior frequência.

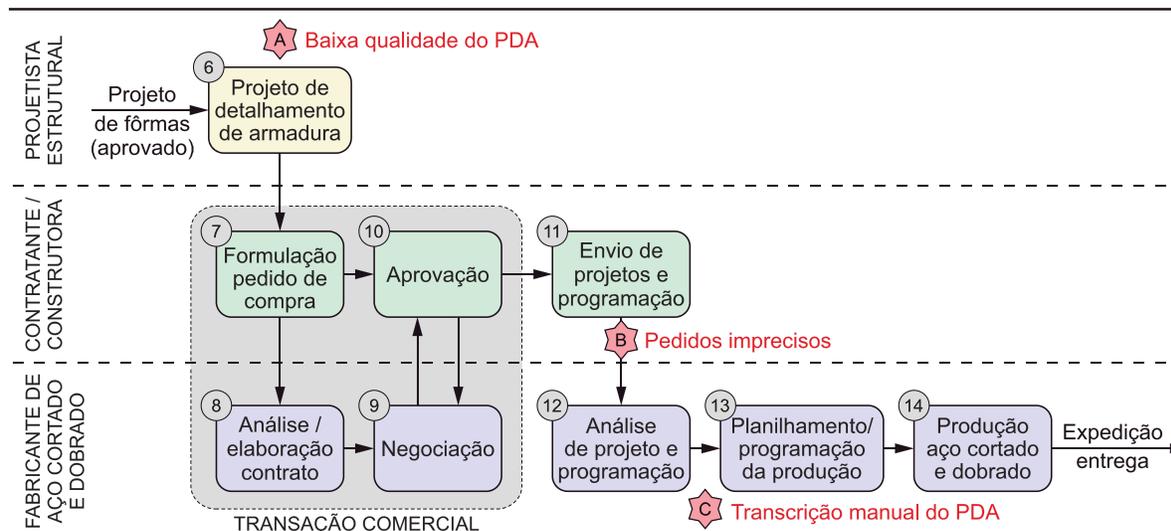
Dados obtidos ao longo da presente pesquisa corroboram os problemas identificados pelos autores supracitados. Segundo as prestadoras de serviço de corte e dobra entrevistadas, a falta de padronização do PDA, recebimento de informações divergentes ou desatualizadas e o não atendimento quanto ao raio mínimo de dobras e ganchos especificado pela norma NBR 6118 (ABNT, 2014) requerem novos contatos com a construtora ou o projetista para o esclarecimento de dúvidas antes do início da produção.

Não obstante, o processo de **transcrição manual** dos dados contidos no PDA reduz a produtividade do processo. De acordo com os entrevistados, essa atividade consome entre 15% e 30% do prazo total de execução de seus serviços. A interface digital com os demais agentes poderia reduzir a intervenção manual, probabilidade de erros associada e promover maior produtividade e confiabilidade a essa atividade.

Na Figura 1 apresenta-se parcialmente a configuração da CPACD e as atividades realizadas por cada agente, conforme modelo e numeração proposta por Marder et al. (2004). Foram suprimidas algumas atividades relativas ao processo de projeto e construção, de modo a delimitar a análise à interface projeto-produção.

² Fabricação digital é o processo que utiliza a informação digital com o objetivo de facilitar a fabricação ou montagem de produtos de construção com o mínimo de desperdício (CIC Research Program, 2011).

Figura 1 – Configuração da cadeia produtiva do aço cortado e dobrado



Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em Marder et al. (2004) e Isatto, Azambuja e Formoso (2015)

3 O PROCESSO DE PROJETO DE DETALHAMENTO DE ARMADURAS

O PDA tem por objetivo atender conjuntamente a necessidade de dois agentes distintos por meio de um documento único. Ao **construtor**, além de informações para a aquisição dos vergalhões pré-processados, fornece instruções necessárias à montagem final das armaduras enquanto que para o **fornecedor de aço cortado e dobrado**, o PDA representa a única referência disponível para especificação de seu produto, o qual deve prover todos os subsídios necessários ao processamento dos vergalhões.

O método tradicionalmente empregado no detalhamento do PDA baseia-se na representação gráfica bidimensional das armaduras, elaborado manualmente com o auxílio de ferramentas de Desenho Assistido por Computador (*Computer Aided Design – CAD*), ou com apoio de ferramentas CAD paramétricas, denominados modeladores estruturais integrados, ferramentas computacionais que abrangem todas as etapas do processo de projeto estrutural.

Pode-se relacionar a alta incidência de falhas no processo de projeto tradicional ao caráter artesanal de produção dos desenhos, a falta de padronização dos projetos (ARAÚJO; SILVA; SOUZA, 2004), aos problemas inerentes à representação bidimensional (FERREIRA; SANTOS, 2007) e à exigência de interatividade do processo de projeto que nem sempre ocorre apropriadamente.

A consistência e atualização dos documentos, ainda que elaborados com auxílio de ferramentas CAD paramétricas, requerem considerável esforço sendo comum a ocorrência de divergência entre as informações contidas nos documentos. O repasse e solução de eventuais alterações, inerentes ao processo de projeto, demandam eficiência na coordenação e compatibilização dos projetos, de modo a garantir a solução prévia de problemas de interface antes do início da construção.

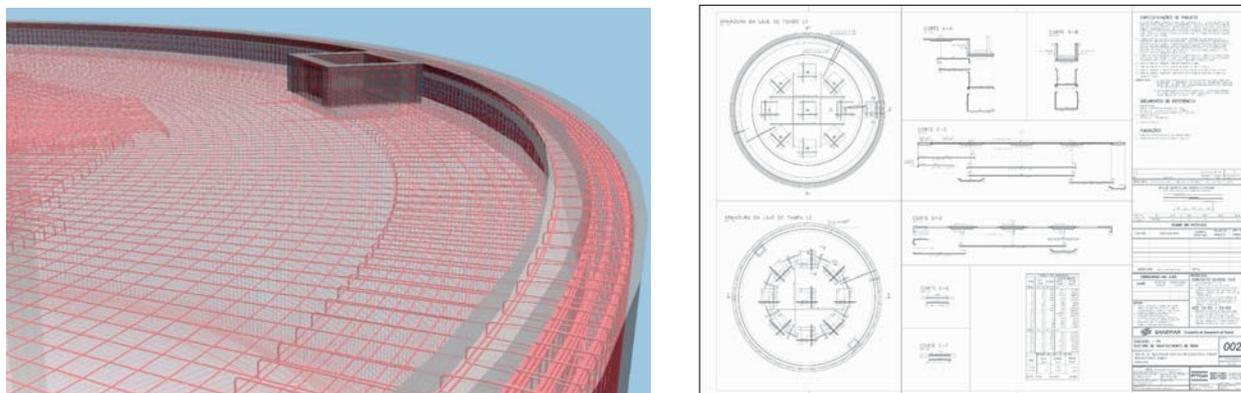
O emprego de ferramentas de autoria BIM para elaboração do PDA proporciona maior confiabilidade ao processo de projeto, uma vez que, após a modelagem das armaduras, os desenhos e quantitativos de materiais passam a ser subproduto do modelo. As informações geradas a partir de uma base de dados multidisciplinar e coordenada contribui para redução de divergências entre as informações contidas no PDA e tabelas de quantitativos. Na Figura 2 apresenta-se um exemplo de PDA, elaborada com o auxílio de uma ferramenta de autoria BIM.

Destaca-se também a facilidade proporcionada pelo processo BIM na identificação e solução prévias de eventuais interferências que possam comprometer a produção e, posteriormente, a montagem das armaduras.

Apesar da integridade proporcionada pela automação na geração de desenhos e extração de quantitativos, ainda há carência de normatização adequada a realidade brasileira que permita a solução dos problemas relacionados a padronização dos projetos, o que poderá ser abordado em futuras revisões das normas técnicas nacionais.

Ribeiro (2013) considera que a elaboração do PDA com o nível de desenvolvimento necessário ao processo de fabricação exige, atualmente, esforços adicionais por parte do projetista que deverão ser considerados no cálculo de seus honorários.

Figura 2 – Exemplo de PDA desenvolvido de por meio do processo BIM



Fonte: Nemetschek Structural User Contest (NEMETSCHKEK, 2013, p. 150)

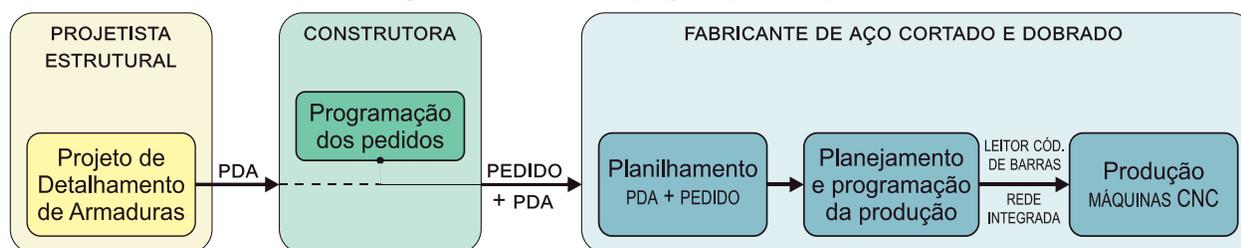
4 INTERFACE PROJETO-PRODUÇÃO

De acordo com Mader e Formoso (2004), após a conclusão de questões contratuais, a empresa construtora fornece à prestadora do serviço de corte e dobra os projetos e a programação do pedido (atividade 11 da Figura 1), contendo informações sobre a data de entrega, condições de acesso ao canteiro e a relação entre o lote do projeto e o lote de produção.

A solicitação do pedido é efetuada pela construtora mediante o preenchimento de uma planilha padronizada, fornecida pela empresa prestadora de serviço de corte e dobra, em que são discriminadas informações referentes ao projeto (número do desenho, revisão e quantidade a ser produzida), massa prevista, datas planejadas, assim como peças complementares que não estejam detalhadas em projeto.

Com base nas informações fornecidas pela construtora, a empresa responsável pelo serviço de corte e dobra efetua a análise do projeto e programação (atividade 12 da Figura 1) e após o esclarecimento de eventuais dúvidas ou divergências junto aos projetistas e construtora inicia as atividades de “planilhamento” e programação da produção (atividade 13 da Figura 1). A Figura 2 apresenta a interface entre o projeto, pedido e produção. Foram suprimidas as atividades de análise que ocorrem ao recebimento do PDA e pedido pelo fabricante.

Figura 3 – Interface projeto-pedido-produção



Fonte: Elaborado pelos autores

A atividade de planilhamento consiste na transcrição das informações contidas no PDA e pedido para o sistema computacional utilizado pela empresa de corte e dobra na coordenação dos serviços de produção (MARDER; FORMOSO, 2004). Nessa etapa são inseridos no software utilizado pela empresa beneficiadora informações sobre a obra/cliente, número da prancha de desenho do PDA, identificação dos elementos estruturais, posição, diâmetro, formato e quantidade de peças (CARLOTT, 2012), além de outras informações necessárias à produção.

Carlott (2012) destaca ser frequente a ocorrência de erros no detalhamento e divergências com a tabela de resumo de aço contidas nos projetos estruturais e que a etapa de planilhamento promove o levantamento exato da quantidade de aço necessário.

Na Tabela 1 são relacionados os principais sistemas computacionais utilizados pelas centrais de corte e dobra, conforme levantamento realizado pelos autores. Segundo Ribeiro (2013), estes softwares também são usados para gestão da produção, fornecendo relatórios em relação aos desperdícios de fabricação, peso total de materiais e estoque, de modo a maximizar a economia do processo.

Tabela 1 - Principais softwares utilizados na gestão de centrais de corte e dobra

Nome	Desenvolvedor	Origem
aSa Rebar	Applied Systems Associates, Inc. (aSa)	EUA
Arma +	Arma Plus	França
G-Bar	TQS Planear	Brasil
Graphico	Schnell Software	Espanha/Brasil
LP-System	Lennerts & Partner GmbH	Alemanha
ProFit	Progress Maschinen & Automation AG	Itália
Soulé Software	Soulé Software Inc.	EUA
TID	TID Software	Brasil

Fonte: Levantamento feito pelos autores

A interface com os equipamentos automatizados para processamento de aço, controlados numericamente, ocorre por meio do terminal de Manufatura Assistida por Computador (*Computer Aided Manufacturing* – CAM) acoplado ao equipamento, no qual as informações do planejamento são inseridas manualmente ou em formato digital com o emprego de leitor de código de barras, dispositivo USB ou rede de dados integrada.

4.1 Interface digital projeto-produção

A interface digital entre o projeto e fabricação de aço cortado e dobrado, embora esteja em uso há vários anos e seja uma prática comum em alguns países, não possui plena adoção pelo mercado brasileiro.

Apesar de 77% das empresas que participaram da pesquisa afirmarem possuir equipamentos que suportem a interface digital, sendo que 36% já utilizaram ao menos para testes operacionais, a interface com os demais agentes se mantém de forma tradicional, por meio de documentos baseados em papel. Segundo alguns dos entrevistados, a baixa confiabilidade no PDA e o fato de não recebê-los em formatos digitais que possibilitem o reúso dos dados por seu sistema industrial impedem uma maior automação do processo.

Encontram-se disponíveis no mercado alguns padrões desenvolvidos por associações, fabricantes de equipamentos ou desenvolvedores de sistemas de gestão de produção que possibilitam a transferência dos dados contidos no PDA, em formato digital, reduzindo a necessidade de intervenção manual para transcrição das informações do projeto. Segundo Aram, Eastman e Sacks (2013) a maioria dos padrões utilizados para interface CAD-CAM foram desenvolvidos com foco em desenhos 2D baseados em padrões típicos de dobra³.

Na Tabela 2 estão relacionados os principais padrões de arquivos, em uso no mercado nacional e internacional, que possibilitam a interface digital projeto-produção.

Ressalta-se que em função da configuração da CPACD adotada no mercado brasileiro, na qual interface entre o projetista e o fabricante é efetuada por intermédio do contratante, o uso da interface digital projeto-produção demanda sinergia entre todos os agentes.

Tabela 2 - Lista de padrões de formatos utilizados para interface digital

Nome	Desenvolvedor	Formato
BVBS	BundesVereinigung der BauSoftwarehäuser E.V.	.abs
IGV ⁴	TQS Planear	.plt
ProgressXML	Progress Maschinen & Automation AG.	.pxml
Unitechnik 7.0	Unitechnik Systems GmbH	.uxml
TEK ; RDX	Applied Systems Associates, Inc. (aSa)	.tek / .rdx

Fonte: Levantamento feito pelos autores

³ Padrões típicos de formato de dobra, paramétricos e padronizados de acordo com normas técnicas específicas. Também são empregados em alguns países para a interface com softwares de planejamento por meio de arquivos tabulares ou planilhas eletrônicas contendo os parâmetros e a codificação (*ShapeCode*) prevista para cada formato.

⁴ Apesar de não ser um padrão de arquivo, o software IGV permite a importação digital das informações contidas no PDA elaborado com o sistema CAD/TQS.

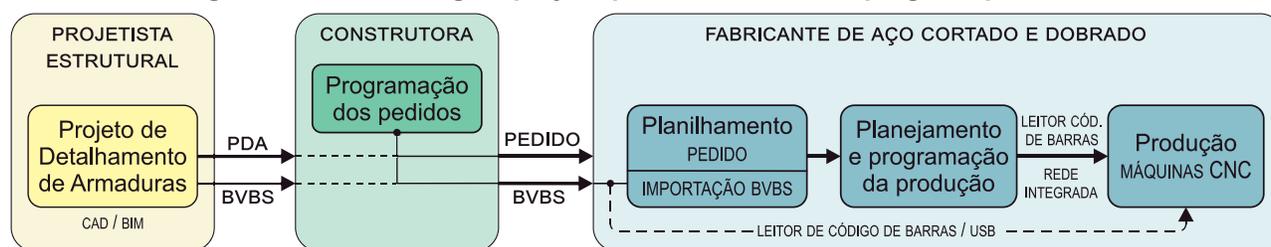
Entre os padrões disponíveis, o *BundesVereinigung der BauSoftwarehäuser* (BVBS) representa atualmente o principal formato empregado pelo setor de aço cortado e dobrado. Foi desenvolvido em consenso por fabricantes de equipamentos de corte e dobra, empresas beneficiadoras de aço, instituições acadêmicas e produtores de aço com objetivo de viabilizar a transferência digital dos dados do PDA de modo que possam ser reutilizados por sistemas de gestão de produção ou diretamente por equipamentos de corte e dobra controlados numericamente (CNC), dispensando a necessidade de intervenção manual para transcrição das informações do projeto pelo fabricante.

O guia contendo a especificação BVBS (BVBS, 2000) descreve a estrutura de dados e procedimentos necessários para a transcrição da geometria da armadura por meio de um arquivo de texto codificado no formato ASCII, gerado pelo projetista com auxílio de ferramentas CAD. Algumas ferramentas de autoria BIM também possuem suporte nativo a este padrão enquanto outras demandam o emprego de *plug-ins* para exportação de arquivos no padrão BVBS.

Cada linha do arquivo BVBS representa um determinado formato de dobra assim como a quantidade de peças a serem produzidas. Além da geometria, são incluídos neste arquivo informações sobre o número do desenho que será utilizado para montagem em campo, quantidade e diâmetro das barras, tipo de aço e diâmetro do pino de dobramento. Este padrão permite transcrição de armaduras bidimensionais (BF2D), tridimensionais (BF3D), em espiral (BFWE), treliças (BFGT) ou dispostas em malha (BFMA).

A Figura 4 representa o fluxo de dados proposto pelo padrão BVBS para interface digital projeto-produção no contexto da CPACD brasileira. Cabe ao projetista fornecer juntamente com o PDA os arquivos BVBS à construtora, a qual deverá encaminhá-los para a prestadora de serviço de corte e dobra em conjunto com os pedidos. Os dados do PDA contido nos arquivos BVBS podem ser importados pelo software de planilhamento, impressos sob a forma de código de barras ou inseridos nos equipamentos por meio de dispositivos USB.

Figura 4 - Interface digital projeto-produção com o emprego do padrão BVBS



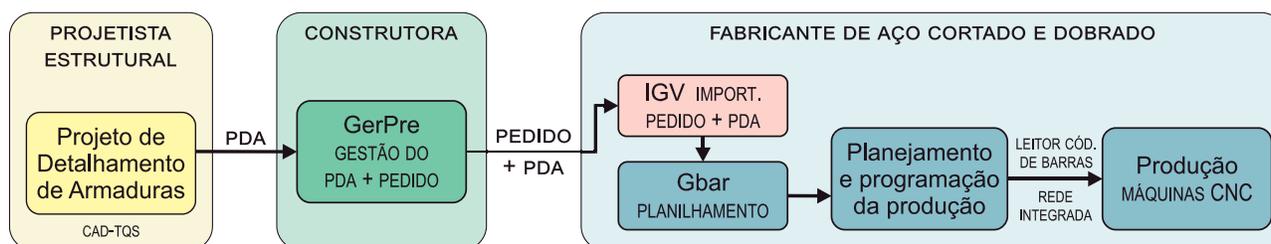
Fonte: Elaborado pelos autores com base no padrão BVBS (BVBS, 2000)

No mercado brasileiro, destaca-se também o emprego do software IGV (Interpretador, Gerenciador e Visualizador) desenvolvido pela empresa TQS-Planear. Esse software possibilita a importação dos dados contidos em PDA elaborados com uso do modelador estrutural integrado CAD/TQS (TQS-PLANEAR, 2017).

As informações referentes à armadura (dimensões, posição, diâmetro e quantidade), localização e identificação do elemento estrutural são transpostas por meio do arquivo de plotagem PLT gerado no sistema CAD/TQS, podendo ser importadas pelo sistema de Gerenciamento da Produção de Estruturas (GerPre) e pelo sistema de gestão de produção para centrais de aço cortado e dobrado Gbar, desenvolvidos por essa mesma empresa. A Figura 5 apresenta a interface digital projeto-produção com o uso do software IGV.

O software IGV também permite a visualização gráfica do elemento estrutural e da armadura a ele associada, possibilitando a validação e eventual correção de cada posição por parte do usuário, gerenciamento de pedidos e da produção parcial das armaduras de um determinado elemento estrutural além da emissão de relatórios qualitativos sobre taxas de aço e a exportação de lotes para produção.

Figura 5 – Interface digital projeto-produção com o software IGV



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de informações fornecidas pelo desenvolvedor

4.2 Ferramentas de autoria BIM para PDA

Com objetivo de verificar o atual suporte das ferramentas de autoria BIM à interface digital com equipamentos e sistemas de gestão de produção de aço cortado e dobrado buscou-se, mediante a consulta à representantes de empresas de software BIM, bibliografia e fóruns especializados, identificar as principais soluções destinadas ao desenvolvimento de projetos estruturais disponíveis no mercado.

Foram selecionados três softwares BIM voltados ao desenvolvimento de projetos de estruturas de concreto armado que suportam a interoperabilidade dos dados de armadura em formato digital. Embora essas ferramentas possuam diversas funcionalidades, limitou-se em analisá-las quanto à capacidade para exportação de arquivos que possibilitem a interface digital projeto-produção de aço cortado e dobrado.

As ferramentas consideradas nessa análise foram: Allplan Engineering 2017 (NEMETSCHKE, 2016); Revit 2018 (AUTODESK, 2017); Tekla Structures 2017 (TRIMBLE, 2017). Na Tabela 3 apresentam-se os padrões suportados nativamente pelas ferramentas analisadas bem como suporte adicional, realizado mediante a instalação de módulos de extensão desenvolvidos por terceiros (*plug-ins*) ou Interface de Programação de Aplicação (API).

Tabela 3 – Ferramentas de autoria BIM: suporte à interface projeto-produção

Ferramenta BIM	Suporte nativo	Suporte adicional
Allplan Engineering 2017	BVBS	
Revit 2018	-	BVBS; aSa (RDX); Unitechnik; ProgressXML
Tekla Structures 2017	BVBS; Unitechnik; ProgressXML	CelsaQR; aSa (TEK); Soulé

Fonte: Levantamento feito pelos autores

Entre as ferramentas que possuem suporte nativo, tanto o Allplan Engineering quanto o Tekla Structures possibilitam a exportação de arquivos no padrão BVBS, principal padrão usado pela indústria de aço cortado e dobrado.

Destaca-se a maior customização à exportação de arquivos BVBS proporcionado pela ferramenta Tekla Structures. Além da definição de informações de identificação do PDA, permite ao usuário opções como o uso de filtros para seleção do grupo de armaduras e checar se o comprimento do vergalhão está dentro de limites pré-definidos. O Tekla Structures, além de suporte nativo aos padrões Unitechnik e ProgressXML, padrões largamente usados no setor de concreto pré-moldado, possibilita a interface com outros softwares de planilhamento por meio de *plug-ins* ou API.

A ferramenta Revit, embora não possua suporte nativo, permite a inclusão de *plug-ins* desenvolvido por terceiros que possibilitam a exportação de arquivos para interface com equipamentos ou sistemas utilizados por empresas de corte e dobra. Segundo Ribeiro (2013), também é possível a integração entre a ferramenta Revit e softwares de planilhamento por meio de arquivos tabulares mediante a exportação de tabelas contendo o formato de dobra e dimensões do vergalhão.

5 Considerações finais

O amadurecimento do uso do processo BIM pelos demais agentes da CPACD tende a consolidar a fabricação digital pelas empresas prestadoras de serviço de corte e dobra. A maioria dessas empresas já possuem equipamentos CNC e sistemas de gestão de produção que suportam a importação dos dados necessários à produção em formato digital e, segundo Eastman et al. (2011), poderão ter o uso impulsionado pela adoção do BIM.

Embora existam ferramentas computacionais que viabilizam a transferência digital dos dados contidos no PDA, os atuais padrões não possibilitam a interação com o agente construtor, responsável pela solicitação dos serviços. Em função da configuração da CPACD adotada no mercado brasileiro, o projetista e o fabricante não colaboram diretamente e a interface projeto-produção é realizada por intermédio do construtor. Essa configuração tripartida requer sinergia entre todos os agentes de modo a viabilizar a interface digital projeto-produção de aço cortado e dobrado com base nos padrões vigentes.

Assim, como destacado por Aram, Eastman e Sacks (2013), há a necessidade de aprimorar os atuais padrões empregados na interface digital projeto-produção ou desenvolvimento de novos padrões, de modo a reduzir a necessidade de intervenção manual ou uso de ferramentas adicionais para importação das informações de produção pelo fabricante

6 REFERÊNCIAS

ARAM, S.; EASTMAN, C.; SACKS, R. Requirements for BIM platforms in the concrete reinforcement supply chain. **Automation in Construction**, n. 35, p. 1-17, 2013.

ARAÚJO, L. O. C. **Método para a proposição de diretrizes para melhoria da produtividade da mão-de-obra na produção de armaduras**. 503 f. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ARAÚJO, L. O. C.; SILVA, M. H. B. D.; SOUZA, U. E. L. D. A padronização dos projetos de detalhamento das armaduras como facilitadora da produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC. 2004. p. 14.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

AUTODESK. Revit para engenharia estrutural. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/revit-family/structure>>. Acesso em: 20 maio 2017.

BUNDESVEREINIGUNG DER BAUSOFTWAREHÄUSER. **BVBS - Guidelines**: Exchanging Reinforcement Data - interface description release 2.0. Bonn, 2000. 25 p.

CARLOTT, M. **Comparativo entre o método de corte e dobra de aço industrializado e em obras de um edifício**. 2012. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2012.

COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM. **BIM Project Execution Planning Guide**. 2.1. ed. University Park, PA, USA: The Pennsylvania State University, 2011. 125 p.

EASTMAN, C. et al. **BIM handbook**: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. 2. ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011. 626 p.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. Características da representação 2D e suas limitações para a compatibilização espacial do projeto. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, Brasil, v. 2, n. 2, p. 36-51, nov. 2007. ISSN 1981-1543. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50918>>. Acesso em: 30 maio 2017.

Tecnologia da informação na gestão de projetos, São Paulo, 2, 2007. 36-51. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50918>>. Acesso em: 28 jan. 2017.

ISATTO, E.; AZAMBUJA, M.; FORMOSO, C. The role of commitments in the management of construction Make-to-Order supply chains. **Journal of Management in Engineering**, v. 31, n. 4, p. 04014053, 2015.

MARDER, T. et al. O papel do comprometimento na integração das cadeias de produtos feitos sob encomenda na indústria da construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC. 2004. p. 15.

MARDER, T.; FORMOSO, C. Oportunidades de melhorias na cadeia de suprimentos do aço cortado e dobrado para a construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC. 2004. p. 14.

NAVON, R.; RUBINOVITZ, Y.; COFFLER, M. Reinforcement-bar manufacture: from design to optimized production. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 11, n. 4, p. 326-333, 1998.

NEMETSCHKE. **Nemetschek Structural User Contest**: Inspirations in Engineering 2013. [S.l.]: NEMETSCHKE, 2013. Disponível em: <<http://books.scia.net/UC2013/>>. Acesso em: 15 maio 2017.

NEMETSCHKE. Allplan Engineering 2017, 2016. Disponível em: <<https://www.allplan.com/en/software/engineering/allplan-engineering.html>>. Acesso em: 15 maio 2017.

PINI. Corte e dobra de aço. **Construção mercado**, São Paulo, n. 180, jul. 2016a. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/180/corte-e-dobra-de-aco-371362-1.aspx>>. Acesso em: 15 maio 2017.

PINI. Corte e dobra de vergalhões em fábrica. **Construção Mercado**, São Paulo, n. 174, jan. 2016b. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/174/corte-e-dobra-de-vergalhoes-em-fabrica-367055-1.aspx>>. Acesso em: 15 maio 2017.

RIBEIRO, C. A. N. **Desenvolvimento de processos CAD/CAM para a pormenorização e produção industrial de armaduras para elementos de betão armado**. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Porto. Porto, Portugal, 2013.

SALIM NETO, J. J. **Diretrizes de projeto para melhorar a produtividade na montagem de componentes pré-cortados e pré-dobrados de aço para estruturas de concreto armado de edifícios**. 2009. 242 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

TQS-PLANEAR. IGV - Interpretador, Gerenciador e Visualizador de projetos. Disponível em: <<http://www.tqsplanear.com.br/>>. Acesso em: 30 maio 2107.

TRIMBLE. Modelagem para maior eficiência na produção e montagem de armaduras. Disponível em: <<https://www.tekla.com/br/solucoes/fabricantes-de-armaduras>>. Acesso em: 15 maio 2017.