

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DO CÂMPUS CURITIBA
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

FELIPE FERREIRA LOPES

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS DE APOIO A ETAPA DE
PROJETO DETALHADO EM ESTRUTURAS METÁLICAS: UM
ESTUDO DE CASO

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2014

FELIPE FERREIRA LOPES

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS DE APOIO A ETAPA DE
PROJETO DETALHADO EM ESTRUTURAS METÁLICAS: UM
ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão do Desenvolvimento de Produtos, da Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação do Câmpus Curitiba, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Josmael Roberto Kampa

CURITIBA

2014

RESUMO

LOPES, Felipe Ferreira. **Desenvolvimento de aplicativos de apoio a etapa de projeto detalhado em estruturas metálicas: um estudo de caso**. 2014. 21p. Monografia (Especialização em Gestão do Desenvolvimento de Produtos) – Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação do Câmpus Curitiba, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Atualmente tem sido observada uma projeção de crescimento para as construções em aço no Brasil, e identificada uma demanda por soluções que aperfeiçoem o projeto de estruturas metálicas devido ao curto prazo de entrega exigido pelos clientes. Uma das soluções para este problema é o desenvolvimento de aplicativos que apoiem a etapa de projeto detalhado. Para a empresa X, foram identificadas e avaliadas algumas oportunidades de melhoria e, por intermédio do software Tekla Structures, foram criados plug-ins que automatizam ligações utilizadas pelos projetistas. Foram realizados alguns testes de validação e medição, comparando tempos de modelagem com e sem a utilização dos plug-ins. Conclui-se que a utilização de plug-ins que auxiliam a modelagem em projetos de estruturas metálicas pode trazer aumento da produtividade, qualidade e redução nos custos.

Palavras-chave: Estruturas Metálicas; Plug-in; CAD.

ABSTRACT

LOPES, Felipe Ferreira. **Developing applications to support detailed design stage in metal structures: a case study**. 2014. 21p. Monograph (Specialization in Product Development Management) - Director of Research and Graduate Campus of Curitiba, Federal Technological University of Paraná.

Currently it has been observed a growth projection for steel constructions in Brazil and identified a demand for solutions that improve the design of steel structures due to the short lead time required by customers. One solution to this problem is the development of applications that support the detailed design stage. For Company X, they have been identified and evaluated some opportunities for improvement and, through the Tekla Structures software, plug-ins are designed to automate connections used by designers. There has been some validation and measurement tests comparing modeling times with and without the use of plug-ins. We conclude that the use of plug-ins that support the modeling projects of steel structures can bring increased productivity, quality and cost reduction.

Keywords: Metal structures; Plug -in; CAD.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – AVALIAÇÃO DOS PLUG-INS.....	13
TABELA 2 – RESULTADOS.....	19

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – EXEMPLOS DAS LIGAÇÕES (A) PRESILHAS CONTRAVENTAMENTO, (B) LIGAÇÃO COLUNA-VIGA COM MÍSULA, (C) LIGAÇÃO VIGA-VIGA COM TALAS.....	13
FIGURA 2 – EXEMPLOS DE PROJETOS.....	15
FIGURA 3 – CAIXA DE DIÁLOGO PLUG-IN PRESILHAS DE CONTRAVENTAMENTO.....	16
FIGURA 4 – CAIXA DE DIÁLOGO PLUG-IN LIGAÇÃO COLUNA-VIGA COM MÍSULA.....	17
FIGURA 5 – CAIXA DE DIÁLOGO PLUG-IN LIGAÇÃO VIGA-VIGA COM TALAS.....	18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	07
2 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	08
3 O PROJETO DE ENGENHARIA E AS ESTRUTURAS METÁLICAS.....	09
3.1 O Processo de Desenvolvimento de Produto em contexto.....	09
3.2 Metodologia da construção de estruturas em aço.....	10
3.3 O CAD/CAE/CAM.....	11
3.4 Trabalhos similares.....	11
4 ESTUDO DE CASO.....	13
4.1 Principais conexões.....	13
4.2 Desenvolvimento dos plug-ins.....	14
4.2.1.Plug-in presilhas de contraventamento.....	15
4.2.2 Plug-in ligação coluna-viga com mísula.....	16
4.2.3 Plug-in ligação viga-viga com talas.....	17
4.3 Testes de validação	18
4.4 Testes de medição.....	18
5 CONCLUSÕES E DISCUSSÕES.....	20
REFERÊNCIAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

O mercado para a construção metálica hoje no Brasil se apresenta em um período de consolidação, caracterizado por um crescimento contínuo de sua utilização graças às vantagens da utilização do aço, que proporciona soluções arrojadas, eficientes e de alta qualidade. A arquitetura do aço está ligada à ideia de sofisticação, inovação e vanguarda.

Uma pesquisa realizada em 2013 pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) avaliou dados do ano base 2012 e apontou que no período de um ano o setor ampliou sua capacidade produtiva em 9%, totalizando uma capacidade de 1,357 milhão de toneladas, com um crescimento de 4% no nível de utilização. (REVISTA CBCA, 2013).

Segundo Guarnier (2009), devido à competitividade no mercado em expansão, fabricantes de estruturas metálicas buscaram novas tecnologias para reduzir seus custos e cumprirem os prazos cada vez menores impostos pelos clientes. O avanço da modelagem CAD (*Computer Aided Design* – Projeto Auxiliado por Computador) bidimensional (2D) e tridimensional (3D) de estruturas metálicas provou ser uma das soluções mais viáveis para vencer tais dificuldades. No âmbito da engenharia mecânica e civil se inclui também o conceito de CAE (*Computer Aided Engineering* – Engenharia auxiliada por computador), que permite testes virtuais e dimensionamento de componentes.

Dentro de todo o contexto de uma obra em aço, este trabalho foca na execução do modelo 3D, onde se interpreta as informações do cálculo e da arquitetura, transformando-as em informações para a fabricação e montagem da estrutura. Na empresa X, observou-se a demanda por soluções que aperfeiçoem o projeto de estruturas metálicas, devido a exigência da entrega dos projetos em um curto prazo. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é otimizar o processo de modelagem de estruturas metálicas criando plug-ins que automatizem a definição de ligações entre os elementos das estruturas metálicas em desenvolvimento. Para isto definiu-se a metodologia, apresentada no capítulo seguinte.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa possui caráter exploratório com vista ao desenvolvimento de uma solução a ser testada em um caso específico. A abordagem metodológica adotada neste trabalho pode ser compreendida pelos seguintes estágios:

- a) Realizar pesquisa exploratória buscando avaliar pesquisas similares e também embasar o trabalho;
- b) Identificar os principais tipos de conexões utilizadas em projetos de estrutura metálica no Brasil, classificando-as de acordo com o tempo em que o projetista leva para executar cada ligação e avaliar piores resultados;
- c) Criar os plug-ins, com interface ao usuário, a fim de automatizar a conexão e reduzir o tempo na etapa de modelagem;
- d) Executar testes para validação;
- e) Realizar testes comparando os tempos de modelagem das conexões com e sem a utilização dos plug-ins.

3 O PROJETO DE ENGENHARIA E AS ESTRUTURAS METÁLICAS

Neste capítulo apresenta-se o referencial teórico e a revisão bibliográfica que embasam a pesquisa. Este trabalho se insere no contexto dos projetos de engenharia, sistematizados por autores como Pahl *et al.* (2005). O projeto de estruturas metálicas permeia conhecimentos da engenharia mecânica, da engenharia civil e de produção. Sendo elas o resultado de um processo, o seu desenvolvimento também se insere no contexto do PDP e de suas recomendações genéricas, somadas às particularidades de outras metodologias para o projeto estrutural em si.

3.1 O Processo de Desenvolvimento de Produto em contexto

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006) o desenvolvimento de produtos precisa ser um processo eficaz e eficiente para realmente cumprir sua missão de favorecer a competitividade da empresa. O desempenho desse processo depende, fundamentalmente, do modelo geral para sua gestão, o qual por sua vez, determina a capacidade de as empresas controlarem o processo de desenvolvimento, de aperfeiçoamento dos produtos e de integrarem com o mercado e com as fontes de inovação tecnológica. Sendo assim, é fundamental que se adote um modelo de referência, mais adequado às necessidades da empresa. Segundo Kampa (2009), o modelo proposto por Rozenfeld *et al.* (2006), é um dos mais completos e detalhados do Brasil, sendo este considerado o modelo de referência para este trabalho.

Para Rozenfeld *et al.* (2006) o PDP pode ser dividido em três macro fases PréDesenvolvimento, Desenvolvimento e Pós- Desenvolvimento. Na fase de pré-desenvolvimento, têm-se as fases de planejamento estratégico de produtos e planejamento dos produtos que buscam estabelecer o portfólio de produtos que reflitam o interesse estratégico da empresa. A fase de desenvolvimento engloba cinco fases: projetos informacional, conceitual, detalhado, preparação para a produção e lançamento do produto. É neste momento que ocorrem as principais ações de desenvolvimento propriamente dito do produto. São definidos função do produto, forma, material, tolerâncias do processo, homologação dos processos, produção e lançamento do produto. A última fase, a de pósdesenvolvimento, encarrega-se das

fases de planejamento do pós-desenvolvimento, acompanhamento e melhoria do produto e retirada do produto do mercado.

Esta abordagem segue um fluxo lógico e é análoga à grande maioria dos projetos de engenharia, sobretudo na engenharia mecânica. Sabe-se que no projeto de estruturas metálicas, as mesmas são o produto almejado. Evoluem da especificação até o conceito, e deste até o projeto detalhado, onde se torna possível a sua fabricação.

3.2 Metodologia da construção de estruturas em aço

O Manual de Escopo de Serviços de Projeto de Estruturas da ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE, 2007), afirma que o projeto estrutural é compreendido das seguintes fases: (a) concepção do produto: são gerados relatórios a partir de análises de dados básicos fornecidos pela arquitetura; (b) definição do produto: é desenvolvida uma concepção básica do sistema estrutural; (c) identificação e solução de interfaces: são gerados desenhos das estruturas com todas as indicações para intercâmbio entre as disciplinas envolvidas; (d) projeto de detalhamento: é desenvolvido o projeto de obra, com detalhes de apoios e interfaces. O projeto de Fabricação e Montagem da estrutura é realizado nesta fase; (e) pós-entrega do projeto e pós-entrega da obra: busca garantir a plena compreensão e utilização das informações do projeto estrutural e a aplicação correta deste nos trabalhos de campo.

Segundo Guarnier (2009), devido ao grande número de estruturas vendidas, a demanda exigiu que houvesse uma terceirização da fase de detalhamento do projeto. Os fabricantes contratam empresas de projeto para detalhar os projetos de estruturas. Assim, embora cada empresa possa seguir caminhos particulares, nota-se paralelo entre as abordagens de projeto de estruturas com as do PDP. Contudo, independente da metodologia específica adotada pela empresa, sabe-se que há variedade de aplicativos de computador que podem auxiliar tanto na definição geométrica quanto dimensional do objeto em desenvolvimento.

3.3 O CAD/CAE/CAM

Atualmente, os sistemas CAD/CAE/CAM são uma das ferramentas mais importantes e difundidas no mercado, conforme Ferreira *et al* (2008), pois, se aplicadas a cada etapa do processo de desenvolvimento de produto, evitam operações repetitivas e conduzem para um aumento da produtividade, qualidade e competitividade.

Sabe-se que a etapa de projeto detalhado pode ser intensa no emprego de soluções computacionais que auxiliem o dimensionamento dos componentes. Atualmente as empresas podem contar com diversas soluções no âmbito do CAE, integrado aos sistemas CAD ou não. Outros aplicativos podem ser empregados para auxiliar a resolução de problemas. Segundo Savransky (2000), os projetos de engenharia podem envolver problemas de rotina, onde o caminho para uma solução é conhecido, e problemas inventivos, nos quais parte da solução é desconhecida e precisa ser criada. Acredita-se que, o emprego de plug-ins e o CAE se adaptam aos problemas de rotina e podem trazer maior confiabilidade quando comparados ao dimensionamento manual de problemas complexos.

Contudo, as empresas podem adquirir esses aplicativos ou mesmo desenvolvê-los internamente de acordo com as suas demandas específicas, o que permite a solução de problemas de rotina muito particulares a cada empresa e produto em desenvolvimento. Notam-se iniciativas no projeto de estruturas metálicas, porém as aplicações geralmente são específicas e de difícil adaptação a outros casos, como se mostra a seguir.

3.4 Trabalhos similares

Com o intuito de verificar trabalhos existentes e o desenvolvimento de plug-ins específicos para estruturas metálicas encontraram-se seis trabalhos, mas apenas dois com maior alinhamento, mas em contextos distintos.

Krishtalevich (2011) investigou os principais tipos de guarda corpos em sacadas existentes na Finlândia. Foram criados 8 plug-ins que automatizam as conexões e detalhes da estrutura, utilizando o software Tekla Structures. Este software possibilita a criação desse tipo de ferramenta, e o passo a passo para a

criação de um plug-in foi apresentado, com o intuito de exemplificar aos usuários uma ferramenta poderosa, mas ainda com pouco uso.

Carvalho (2010) avaliou a aplicação de novas tecnologias nos processos de modelagem e fabricação de móveis modulados. Foram desenvolvidos: uma Metodologia para Modelagem de Móveis Modulados, um Sistema de Codificação e um plug-in para o Google SketchUp. Como resultados obtiveram-se: facilidade na reutilização dos modelos, obtenção imediata dos custos de fabricação e geração de relatórios detalhados.

Assim, nota-se que a literatura é desprovida de trabalhos nesta área. Sabe-se que existe aplicação destas ferramentas nas indústrias e escritório de projeto. Conclui-se que a maior parte destas soluções são desenvolvidas internamente.

4 ESTUDO DE CASO

Tendo em vista o potencial de melhoria no PDP e a probabilidade de redução de custos, viu-se a necessidade de desenvolvimento de aplicativos específicos de apoio à etapa de projeto. A partir desta seção o presente trabalho aborda o caso da empresa X.

4.1 Principais conexões

Com o objetivo de identificar e priorizar quais plug-ins deveriam ser desenvolvidos, foi realizada uma pesquisa com os projetistas da empresa X. Esta pesquisa buscou levantar e qualificar os plug-ins a serem desenvolvidos levando em consideração os seguintes critérios de relevância:

- a) Aplicabilidade: representa o quanto esse tipo de conexão é usada nos projetos;
- b) Dificuldade do desenvolvimento: mais fácil o desenvolvimento maior a nota atribuída;
- c) Qualidade: o quanto o plug-in representa para aumento da qualidade;
- d) Produtividade: o quanto o plug-in representa para aumento da produtividade.

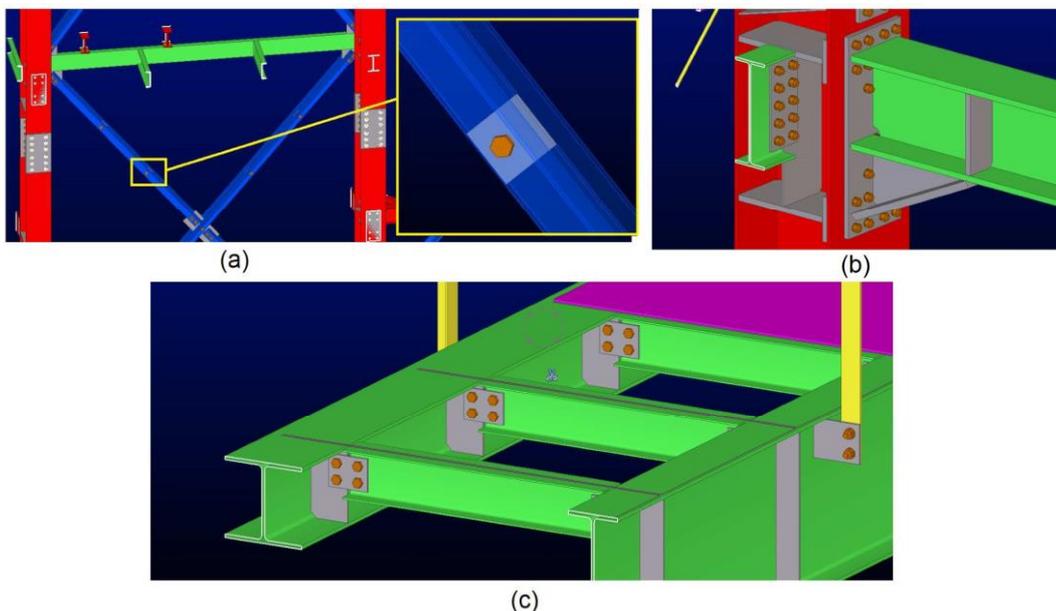
Assim, primeiramente fez-se uma reunião na qual foram levantadas as principais oportunidades para a criação dos plug-ins. Posteriormente a pesquisa foi distribuída para os seis projetistas atribuírem notas registrando a importância percebida. Os resultados são mostrados na tabela abaixo.

Tabela 1 – Avaliação dos Plug-ins

Avaliação Plug-ins						
	Plugin	Item relevante/Média das notas dos projetistas				Soma das Notas
		Aplicabilidade	Dificuldade de Desenvolvimento	Qualidade	Produtividade	
1	Presilhas Contraventamento	9,2	7,5	8,6	8,9	34,2
2	Lançar Piso: chapa xadrez, grade	7,1	7,9	5,5	6,1	26,6
3	Lançar escada com degraus	5,5	6,5	5	6,2	23,2
4	Ligação coluna-viga: Mísula com reforços	7,1	5,7	8,4	9,1	30,3
5	Placa de base com nervuras e entalhes	8,2	8,4	5,1	5,8	27,5
6	Ligação Viga-Viga com talas	9,1	8,6	9	8,8	35,5

Conforme pode ser observado na Tabela 1, os plug-ins que tiveram maior pontuação dentro dos requisitos definidos foram: 1- presilhas contraventamento; 4- Ligação Coluna-viga Mísula com reforços: esta ligação é utilizada em casos onde há grandes esforços de flexão; e 6- Ligação Viga-Viga com talas: é um tipo de ligação usada em larga escala principalmente nas vigas que apóiam pisos e equipamentos em obras de mineração, siderurgia e pipe-racks. Das seis propostas, somente as três melhor avaliadas foram selecionadas para desenvolvimento no escopo deste trabalho conforme ilustra a figura 1.

Figura 1 – Exemplos das ligações (a) Presilhas contraventamento, (b) Ligação coluna-viga com mísula, (c) Ligação viga-viga com talas



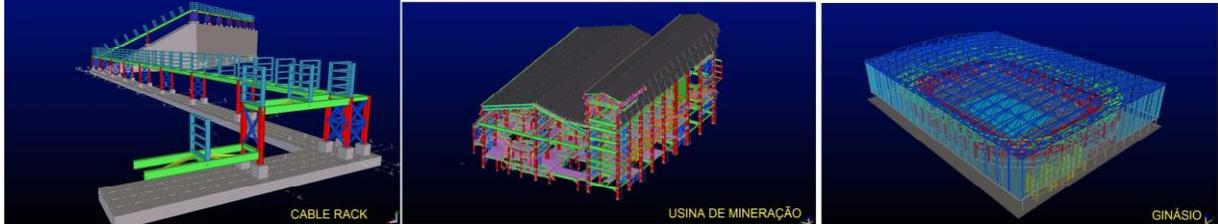
4.2 Desenvolvimento dos plug-ins

Segundo Guarnier (2009), os principais *softwares* de modelagem de estruturas metálicas utilizados no Brasil são o Tekla Structures (finlandês) e o Tecnometal (nacional). Porém, informações recentes revelam que a Trimble, empresa que comercializa o programa Tekla Structures, comprou o programa brasileiro extinguindo-o do mercado.

O Tekla Structures é um software 3D de modelagem de informações de construção (BIM) utilizado nas indústrias de construção em aço, concreto, concreto pré-moldado e fundido in loco. O software permite aos usuários criar e gerenciar modelos estruturais 3D, detalhando todos os conjuntos e peças para fabricação da

estrutura. A figura 2 abaixo mostra exemplos de projeto realizados com o software Tekla Structures.

Figura 2 – Exemplos de projetos

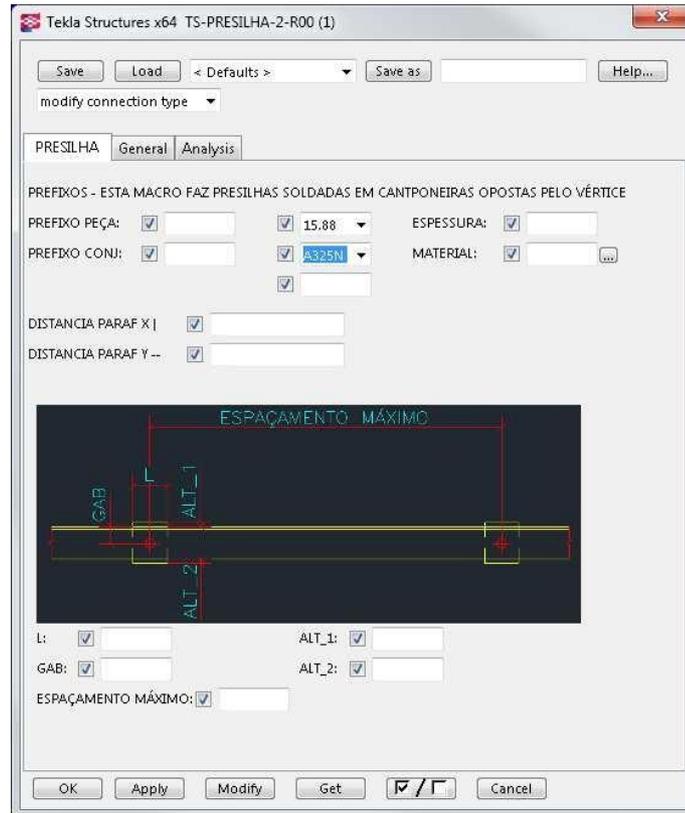


O software contém um conjunto de ferramentas para a definição de conexões inteligentes, peças, e detalhes, chamados componentes do usuário, ou plug-ins. Podem ser criados seus próprios plug-ins com uma caixa de diálogo que pode ser personalizada conforme a necessidade. Além disso, o software disponibiliza tutoriais para que o usuário possa criar um plug-in personalizado. A seguir são apresentados os plug-ins desenvolvidos com o uso desta plataforma.

4.2.1 Plug-in presilhas de contraventamento

O problema para o caso das presilhas de contraventamento consiste que as presilhas devem estar, preferencialmente, localizadas em vãos de comprimentos iguais, de acordo com o máximo permitido no projeto básico. Sem a utilização do plug-in era necessário distribuir o vão com o determinado número de pontos e então modelar as presilhas. Porém com o plug-in, torna-se somente necessário digitar o espaçamento máximo e clicar nos pontos inicial e final, e então, o plug-in calcula quantas presilhas são necessárias e seu espaçamento, automaticamente. Para este plug-in foram atribuídas as maiores notas para os critérios de aplicabilidade e produtividade. A figura 3 abaixo mostra a caixa de diálogo do plug-in.

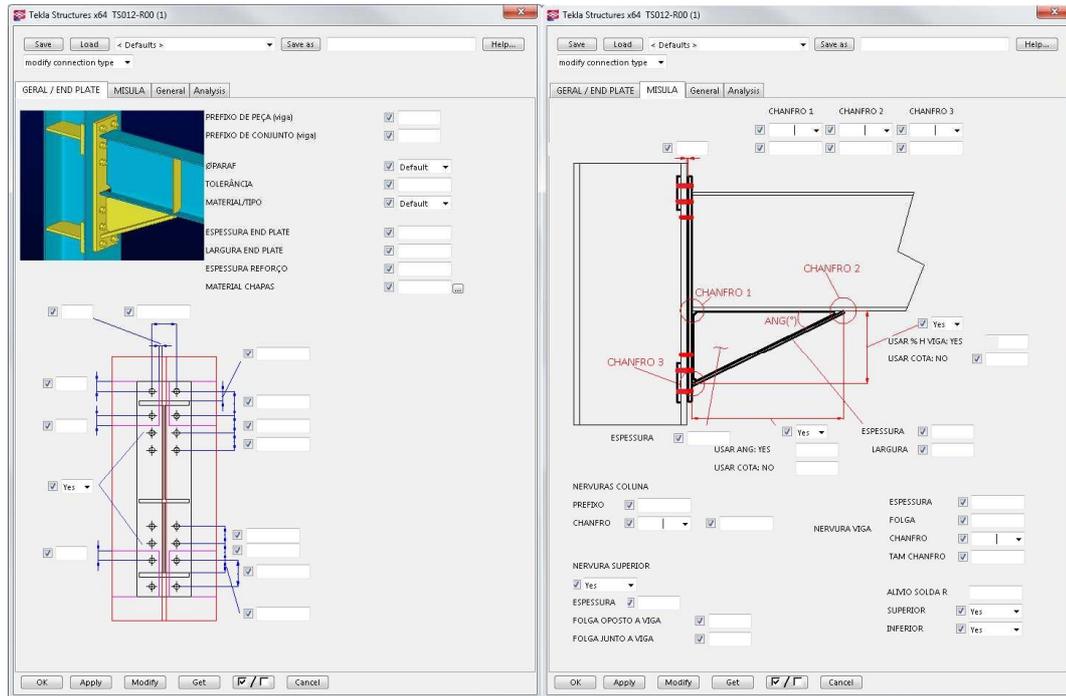
Figura 3 – Caixa de diálogo plug-in presilhas de contraventamento



4.2.2 Plug-in ligação coluna-viga com mísula

Na seqüência, foi desenvolvido o plug-in da ligação entre coluna e viga com mísula e reforços na mesa coluna, conforme mostra a figura 4 a seguir.

Figura 4 – Caixa de diálogo Plug-in Ligação Coluna-Viga com Mísula



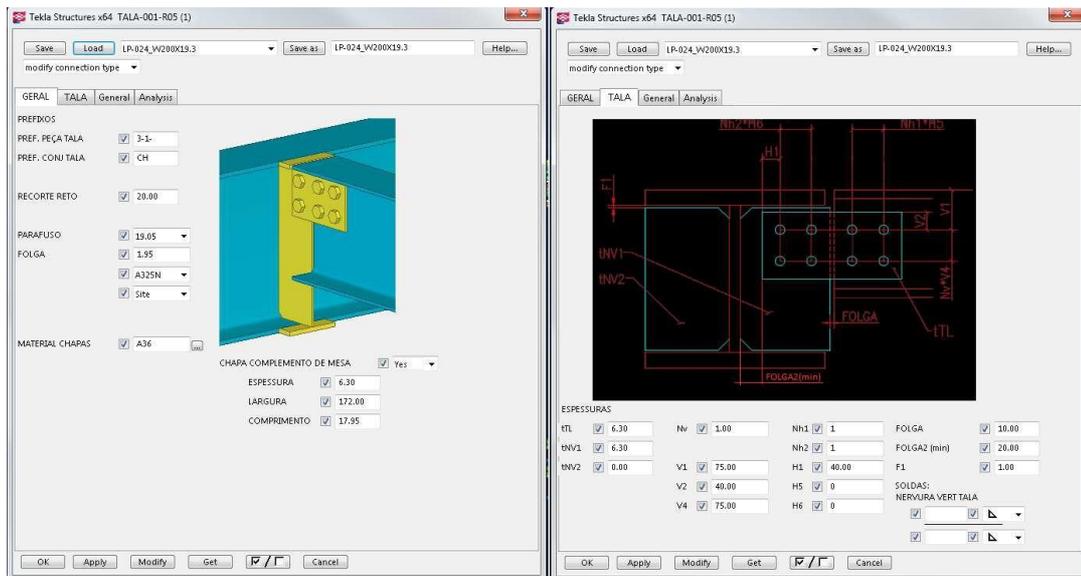
Anteriormente, este tipo de conexão era feita totalmente manual, ou seja, cada chapa, parafuso, solda e entalhe era modelado um a um. Por isso, a nota atribuída para o aumento da qualidade e produtividade foi alta. Em contrapartida, devido à quantidade de elementos envolvidos, este plug-in pode ser considerado de difícil desenvolvimento.

Deve-se enfatizar que na segunda aba, para geometria da mísula, o usuário pode preencher o ângulo desejado, a cota propriamente dita, ou então uma porcentagem da altura do perfil da viga, o que torna o plug-in flexível.

4.2.3 Plug-in ligação viga-viga com talas

Por fim, a conexão que mais recebeu pontos na pesquisa foi a ligação entre vigas com talas. Sabe-se que este tipo de ligação é utilizado em larga escala. A figura 5 a seguir apresenta a caixa de diálogo deste plug-in.

Figura 5 – Caixa de diálogo Plug-in Ligação Viga-viga com talas



De uma maneira geral, devem ser preenchidos parâmetros como: prefixos, bitola dos parafusos, diâmetro dos furos, material e espessura das chapas, distâncias entre parafusos e sua quantidade, e soldas para todos os plug-ins desenvolvidos e citados anteriormente.

4.3 Testes de validação

Considerando que os plug-ins foram totalmente desenvolvidos, torna-se necessária a execução de testes para validação. Como meta, estabeleceu-se com a equipe de projetistas da empresa X, que para aprovação de um plug-in, este deve ser utilizado por no mínimo dois projetistas e em dois projetos distintos. Assim que os plug-ins foram concluídos, os testes começaram a serem feitos em diferentes projetos, alguns problemas foram encontrados, porém, estes foram corrigidos rapidamente, então pôde ser feita a medição.

4.4 Testes de medição

Com os plug-ins desenvolvidos e testados, torna-se possível aplicá-los nos projetos em andamento. O projeto escolhido trata-se de um dos prédios de adequação de uma usina de mineração, com aproximadamente 115 toneladas. Primeiramente, o projeto foi detalhado sem a utilização dos plug-ins, o tempo foi

medido, e a quantidade de ligações também foi registrada. Feito isto, o projeto foi detalhado novamente, agora, utilizando-se dos plug-ins desenvolvidos, fazendo-se os mesmos registros citados anteriormente. Os resultados são mostrados na tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Resultados

Resultados					
	Tempo (min)		Qtde Ligações	Tempo eco(min)	Tempo eco(h)
	Sem Plug-in	Com Plug in			
1-Presilhas Contraventamento	1,75	0,75	54	54	0,9
2-Ligação Coluna-Viga com Misula	10	2	15	120	2
3-Ligação Viga-viga com talas	4	1,5	105	262,5	4,375
					7,275

Pode-se notar que o terceiro plug-in apresentou uma economia maior que os outros, devido à quantidade de vezes que é aplicado no projeto. Fato este que é comprovado na prática, pois esta tipologia de projeto possui muitas conexões desse tipo. Já o segundo plug-in teve um bom tempo economizado, porém devido às conexões deste tipo serem poucas, o tempo final economizado não superou o subsequente. O plug-in presilhas de contraventamento apresentou apenas 1 hora de tempo economizado, sendo considerado o de menor expressão. O tempo total economizado foi de 7,3 horas, o que pode ser considerado praticamente um dia de trabalho. Considerando que, ao todo, o projeto proposto foi feito sem plug-ins, e em um tempo total de 48,15 horas, pode-se considerar que se obteve uma economia de 15,2% no tempo de projeto.

5 CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

Por intermédio do software Tekla Structures, foram criados plug-ins que automatizam ligações utilizadas pelos projetistas na empresa X. Foi feita uma pesquisa para identificar quais os principais plug-ins a serem desenvolvidos, totalizando seis casos. Destes seis, conforme a atribuição das notas, foram considerados três casos para serem desenvolvidos no escopo do trabalho. Executaram-se testes de validação e medição. Nos testes de medição, foram comparados tempos de modelagem com e sem a utilização de plug-ins. O resultado foi satisfatório e apresentou redução de tempo para todos os casos. Para um determinado projeto, foi registrada a economia total de aproximadamente 15% no tempo, sendo que este valor deve ser maximizado para obras de maior porte. Concluiu-se que a utilização de plug-ins que auxiliam a modelagem em projetos de estruturas metálicas traz aumento da produtividade, qualidade e redução nos custos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL (ABECE). **Manual de escopo de projetos e serviços de estrutura**. São Paulo, 2007. Disponível em: <www.manuaisdeescopo.com.br>.
- BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008.
- CARVALHO, Viviane Maria Lélis. **Metodologia, Sistema de Codificação e Ferramenta de software para Modelagem de Móveis Modulados**, Engenharia Mecânica - DEM - UFRN, Natal, 2010.
- FERREIRA, Heloisa Sousa Ribeiro; TOLEDO, José Carlos de. **Metodologias e Ferramentas de Suporte à Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) na Indústria de Autopeças**, 2008. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar .
- GUARNIER, Christiane Roberta Fernandes. **Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas**, 2009, Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.
- KAMPA, Josmael R. **Sistemática para identificação de oportunidades inexploradas e desenvolvimento de novos produtos: uma proposta baseada na estratégia do oceano azul e no processo de desenvolvimento de novos produtos**, 2009, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.
- KANITAR, Fátima Passos. **Análise do desenvolvimento dos sistemas CAD/CAE/CAM no Brasil nos diversos setores do conhecimento sob a ótica da propriedade industrial**, 2005, Dissertação (Mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ.
- KRISHTALEVICH, Alexey. **Custom Components in Tekla Structures**, 2011, Bachelor's Thesis, Double Degree Program in Civil and Construction Engineering, Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta.
- PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. H. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos: métodos e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2005. Tradução da 6ª edição alemã.
- CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO(CBCA), Revista Arquitetura e Aço, número 21, Abril 2013.
- ROZENFELD, H; FORCELLINI, F. AMARAL, D.C; TOLEDO, J; ALLIPRANDINI, D. & SCALICE, R. **Gestão de Desenvolvimento de Produto: Uma referência para Melhoria do Processo**. Editora Saraiva, 2006.
- SAVRANSKY, Semyon D. **Engineering of creativity : introduction to TRIZ methodology of inventive problem solving**, 2000.