



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



Wellington Franceschetto

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**USO DE *SOFTWARE* DE COMPARAÇÃO 3D EM PROJETOS DE ESTRUTURAS
METÁLICAS**

**PASSO FUNDO
2024**

Wellington Franceschetto

**USO DE *SOFTWARE* DE COMPARAÇÃO 3D EM PROJETOS DE ESTRUTURAS
METÁLICAS**

Trabalho Final de Graduação apresentada ao Curso de Engenharia de Produção no Instituto de Tecnologia da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Anderson Hoose, Doutor.

Passo Fundo

2024

Wellington Franceschetto

**USO DE *SOFTWARE* DE COMPARAÇÃO 3D EM PROJETOS DE ESTRUTURAS
METÁLICAS**

Trabalho Final de Graduação apresentada ao
Curso de Engenharia de Produção no Instituto
de Tecnologia da Universidade de Passo Fundo,
como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Anderson Hoose, Doutor.

Aprovado em: 04 de julho de 2024

BANCA EXAMINADORA

Anderson Hoose, Doutor.
Universidade de Passo Fundo

Juliana Kurek, Doutora.
Universidade de Passo Fundo

Passo Fundo

2024

DEDICATÓRIA (S):

Dedico este trabalho aos meus pais, Ademar Franceschetto e Rosemeire Franceschetto, ao meu irmão e minha namorada que me apoiaram a todo momento e contribuíram para esta conquista.

AGRADECIMENTO(S):

Agradeço primeiramente aos meus pais, Ademar e Rosemeire, por todo apoio que me proporcionaram, sem eles eu não estaria aqui.

Ao meu irmão Vinícius e cunhada Regina que mesmo de longe não deixaram de me apoiar em todas minhas decisões.

Em especial para minha namorada Paula, que não mediu esforços para me ajudar o máximo possível para concluir mais essa etapa da minha vida, passando horas em claro e surtando junto comigo.

Gostaria também de registrar meus agradecimentos ao meu orientador Prof. Anderson Hoose que me ofereceu todo o auxílio necessário para conseguir concluir esse trabalho.

Um agradecimento ao campus da Universidade de Passo Fundo por me proporcionar esse momento especial.

Gostaria de agradecer todos que de alguma forma fizeram parte da minha trajetória até aqui, ninguém foi em vão, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Com o avanço tecnológico na área de projetos industriais, as utilizações de *softwares* de comparação podem contribuir para a redução de erros. A problemática central abordada no presente trabalho, cita a alta incidência de falhas e inconsistência em projetos de estruturas metálicas, que consequentemente resultam em aumento de custos e de cronograma. A introdução de softwares de comparação 3D e 2D é explorada como uma solução potencial para minimizar esses problemas. As literaturas utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa são baseadas em conceitos e gerenciamento de projeto, desenvolvimento de produto e estruturas metálicas. Adotou-se o estudo de caso como procedimento metodológico, onde os objetivos propostos foram a redução de erros com a utilização do *software* e seus prós e contras. Por fim, verificou-se que o *software* minimiza os erros, reduzindo custos de retrabalho, dando mais agilidade na conferência final do projeto, porém ainda possui um custo elevado de aquisição.

Palavras-chave: Software; Comparação 3D e 2D; Projeto; Estrutura metálica.

Sumário

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 8 |
| 1.1 | Considerações Iniciais..... | 8 |
| 1.2 | Problema..... | 8 |
| 1.3 | Justificativas | 9 |
| 1.4 | Objetivos | 10 |
| 1.4.1 | Objetivo Geral..... | 10 |
| 1.4.2 | Objetivos Específicos..... | 10 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA..... | 11 |
| 2.1 | Projeto de produto | 11 |
| 2.1.1 | Gerenciamento de projeto..... | 11 |
| 2.1.2 | Gerenciamento do tempo..... | 14 |
| 2.1.3 | Gerenciamento dos custos..... | 18 |
| 2.2 | Estrutura metálica | 20 |
| 2.2.1 | Projetos industriais..... | 21 |
| 3 | MÉTODO DO TRABALHO..... | 24 |
| 3.1 | Descrição do objeto de estudo..... | 24 |
| 3.2 | Procedimento metodológico | 24 |
| 3.2.1 | Caracterização da obra..... | 26 |
| 3.2.2 | Modelagem da obra..... | 26 |
| 3.2.3 | Software de comparação..... | 26 |
| 4 | APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS | 28 |
| 4.1 | Dados de entrada..... | 28 |
| 4.2 | Vantagens e desvantagem..... | 31 |
| 4.2.1. | Principais vantagens..... | 31 |
| 4.2.2. | Principais desvantagens..... | 32 |
| 4.3 | Melhorias propostas..... | 33 |
| 4.3.1. | Parâmetro de comparação..... | 33 |
| 4.3.2. | Exportação de lista utilizadas..... | 34 |
| 5 | CONCLUSÃO | 35 |
| 5.1 | Conclusões do trabalho..... | 35 |
| 5.2 | Recomendações para trabalhos futuros..... | 35 |

1 INTRODUÇÃO

Nessa seção encontram-se os motivos que levaram ao desenvolvimento desse trabalho bem como suas justificativas e seus objetivos, buscando analisar o uso do software de comparação 3D e 2D em estruturas metálicas.

1.1 Considerações Iniciais

No cenário contemporâneo, marcado pela revolução digital e a crescente complexidade nas operações de diversas áreas, a eficiência na comparação de dados torna-se uma peça-chave para o sucesso organizacional. Nesse contexto, Scheidmandel et al. (2018) afirma que utilização de *softwares* especializados se torna imprescindível, permitindo uma análise precisa e ágil, pois com planejamento evita-se perdas que iram prejudicar o produto final.

No âmbito empresarial, o Guia PMBOK (2013) afirma que uma gestão eficiente de recursos, a otimização de processos e a tomada de decisões embasadas em dados precisos são fatores determinantes para o alcance de resultados positivos. O *software* que será objeto deste trabalho surge como uma ferramenta inovadora, destinada a facilitar e aprimorar a tarefa crucial de comparar informações relevantes nos mais diversos contextos. Esta pesquisa visa explorar a funcionalidade desse *software*, examinando suas características, vantagens e desvantagens.

Diante desse contexto, este trabalho propõe uma abordagem detalhada sobre o *software* em questão, analisando seus aspectos técnicos, suas potenciais aplicações e os benefícios tangíveis que proporciona. A partir dessa exploração, espera-se contribuir para uma compreensão mais aprofundada das implicações práticas e estratégicas desse tipo de ferramenta no ambiente empresarial contemporâneo.

1.2 Problema

A execução de projetos de estruturas metálicas enfrenta desafios significativos relacionados à precisão das quantidades de peças, dimensões e seleção de materiais, contribuindo para a ocorrência frequente de erros durante as fases de concepção, fabricação e montagem. Um dos problemas encontrados na gestão de projetos é a dificuldade de comunicação entre indivíduos ou organizações. O processo de comunicação deve assegurar que a equipe do projeto trabalhe de maneira de alcançar maior agilidade

para resolver os problemas de projeto (VARGAS, 2009). Esses equívocos podem resultar em consequências adversas, como atrasos no cronograma de construção, custos adicionais e, o mais preocupante, comprometimento da integridade estrutural. Diante desse cenário, as empresas vêm buscando adotar o uso de novas tecnologias, a fim de atender as exigências que aumentam cada vez mais, dos clientes e sua reduzida disponibilidade financeira (MATTOS, 2006).

Como consequência desse contexto, torna-se essencial investigar e propor estratégias eficazes para reduzir tais erros, otimizando processos de projeto, comunicação entre as equipes envolvidas e a implementação de tecnologias inovadoras. A busca por soluções que minimizem falhas em quantidades, dimensões e seleção de materiais é fundamental para assegurar a eficiência e confiabilidade das estruturas metálicas, promovendo, assim, uma construção mais segura estrutural e economicamente.

Ao implantar a gestão da qualidade, as organizações são beneficiadas com o desenvolvimento de ações e atitudes voltadas a melhoria contínua “aquelas empresas que garantem efetividade na implantação destas ações, evoluem rapidamente e quando alcançam o estágio superior da qualidade adquirem um elevado diferencial competitivo em relação aos seus concorrentes.” (CÂNDIDO, 1998, p.97).

Nesse contexto tem-se como Questão da Pesquisa: **Como a aplicação de *software* de comparação em modelagem 3D pode contribuir para a redução de erros no projeto de estrutura metálica?**

1.3 Justificativas

O trabalho em questão, busca explorar como a implementação de *software* de comparação em modelagem 3D pode desempenhar um papel fundamental na redução de erros nos projetos de estruturas metálicas. Segundo De Conto (2021) afirma que as principais vantagens é antecipar e evitar problemas futuros, gerando um diferencial em qualidade de projetos.

Maciel e Melhado (1996) cita que os custos de correções em função das falhas em projetos nas etapas de modelagem e detalhamento demonstram um percentual elevado em relação os custos cobrados pelo serviço.

A utilização dessas ferramentas pode permitir uma análise minuciosa das discrepâncias entre o projeto inicial até a implementação final, identificando potenciais divergências e incompatibilidades de informações. Segundo o PMBOK (2013), os usos de ferramentas de gerenciamento são capazes de minimizar erros e fornecer produtos com qualidade garantida, sempre serão uma boa escolha para o cumprimento das metas da empresa.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar a redução de erros no projeto de produto com a aplicação de *software* de comparação em modelagem 3D no ramo de estrutura metálicas.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são definidos como:

- 1 Apresentar a ferramenta de comparação 3D e 2D para a redução de erros no projeto;
- 2 Identificar as vantagens e desvantagens no uso da ferramenta;
- 3 Apresentar a proposição de melhorias no uso do *software* de comparação 3D e 2D.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção são apresentados tópicos relevantes para o desenvolvimento do trabalho. Neste sentido, apresentam-se os assuntos relacionados com projeto de produto, gestão de custos e tempo para a viabilidade de um produto. Também apresentado sobre projetos industriais em estruturas metálicas e *software* de uso para os mesmos.

2.1 Projeto de produto

Devido aos avanços tecnológicos, a demanda por produtos com ótimo desempenho e otimização de tempo estão sendo cada vez mais buscados no mercado. Segundo Scheidmandel et al. (2018) o desenvolvimento e a implantação dessas inovações requerem um altíssimo nível de planejamento, a fim de evitar perdas de rentabilidade, desde a sua concepção até o planejamento de sua substituição ou aprimoramento.

A NBR ISSO 1006:2006 tem por definição de projeto como um processo único, consistindo de um grupo de atividades coordenadas e controladas com data para início e término, empreendido para alcance de um objetivo conforme requisitos específicos, incluindo limitações de tempo, custo e recurso.

De acordo com Guia PMBOK (2013) um projeto é um determinado período, onde é colocado um empenho para criar um produto ou serviço inovador. Ao logo do desenvolvimento, o projeto definirá seu começo e fim e também se os objetivos traços foram alcançados.

Os produtos são desenvolvidos a partir de demandas específicas ou ideias inovadoras. De acordo com Filho (2004) a primeira etapa de um projeto de produto é sua concepção e nela deverá ser feito a avaliações de especificações, compilações de possíveis soluções, tendo ao fim um projeto de um produto.

2.1.1 Gerenciamento de projeto

O desenvolvimento de um projeto, precisa ser gerenciado, afim de que os objetivos traçados no planejamento, sejam executados da melhor forma. Para que isso seja possível, é necessário que se tenha uma boa integração dos elementos que compõem esse projeto, por tanto o Guia PMBOK (2013) listou seis fases de influência dessa integração no gerenciamento de processos, sendo elas:

- Desenvolver o termo de abertura do projeto, ou seja, a criação de um documento oficial que demonstre sua existência, assim, o gestor pode buscar recursos para esse projeto;
- Desenvolver o plano de gerenciamento do projeto, as pessoas designadas para desenvolver o projeto começam a definir formas de execução e coordenação, criando assim a linha-base do projeto;
- Orientar e gerenciar o trabalho do projeto, que consiste na execução do que foi planejado. Aqui cabe a equipe de integração de projetos, orientar cada área de execução para que se cumpra o que foi sugerido na linha-base e, orientando quando surgirem mudanças de percurso;
- Monitorar e controlar o trabalho do projeto, sendo importante registrar cada atividade realizada;
- Controle de mudanças, sempre que elas ocorrerem devem se garantir que as partes que precisam ser mudadas sejam comunicadas e orientadas;
- Encerramento do projeto ou fase, é importante que sempre tenha um final definido e registrado de cada fase ou produto final.

Com esses passos é possível perceber que a gestão da integração do projeto, garante que o projeto será cumprido dentro dos prazos e com qualidade assegurada, podendo render mais projetos no futuro.

Seguindo na mesma premissa, o Guia PMBOK (2013) define que as ações corretivas são necessárias para realinhas o desempenho dos trabalhos com o plano de gerenciamento. As ações preventivas, por sua vez, garantem que o trabalho, no futuro, esteja alinhado com o plano de gerenciamento. As ações de reparo de defeito, podem ser efetuadas sempre que algum ponto não se encaixar como o esperado.

Scheidmandel et al. (2018), afirma que o plano de gerenciamento é um documento central, que define e coordena todos os planos auxiliares do projeto, como, por exemplo, os planos de comunicação, custos, recursos humanos, aquisições, qualidade, entre outros. Assim, o plano de gerenciamento do projeto tem a função de descrever como o projeto será executado, levando em consideração outros fatores, como o nível de implementação de cada processo, sua execução e até mesmo o ciclo de vida esperado para esse projeto. Por isso a integração do plano de gerenciamento com a linha-base dos processos de planejamento é necessária para garantir a perfeita harmonia do projeto.

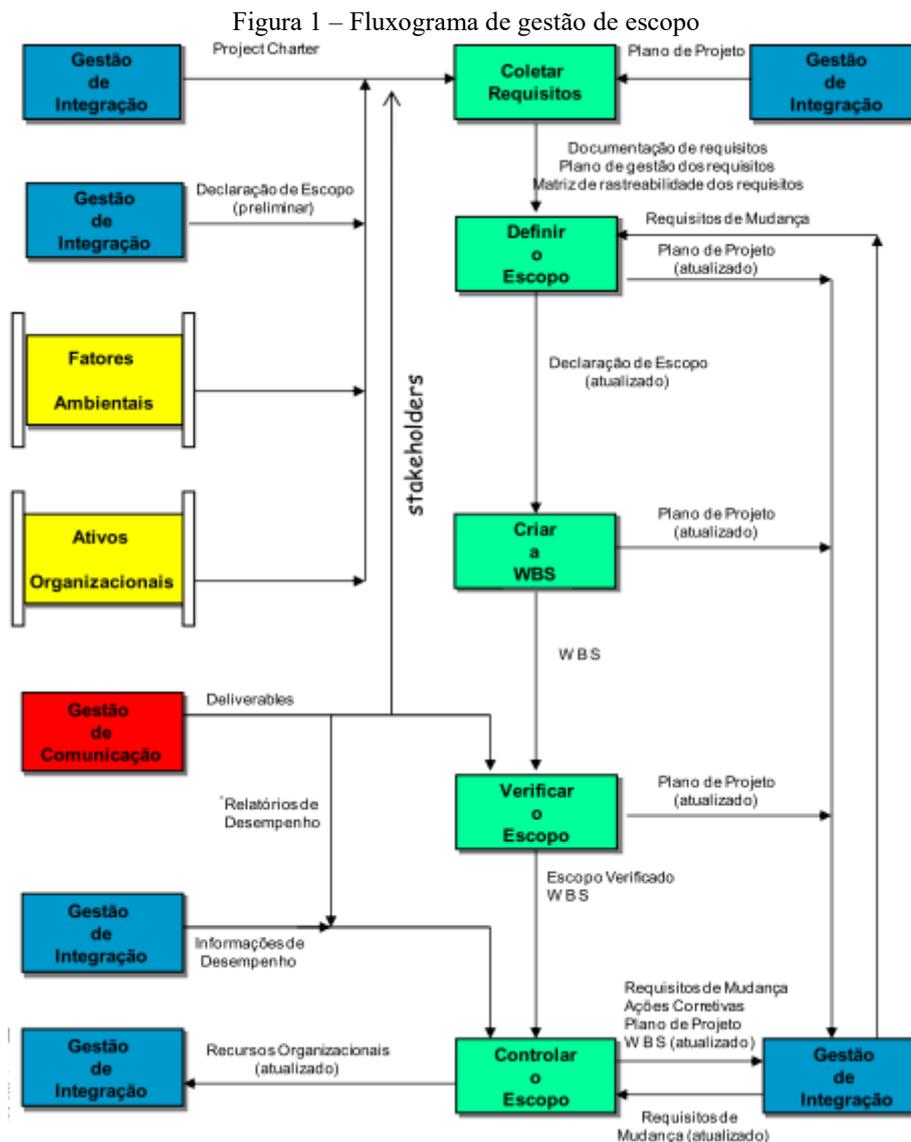
Outro ponto observado por Scheidmandel *et al.* (2018) é que o escopo do projeto precisa ser bem detalhado e planejado, pois o mesmo, irá definir e garantir que somente será incluído no projeto, trabalhos que trarão êxito ao seu final. Um escopo bem detalhado, será responsável por explicar as três principais perguntas de um projeto, que são elas:

- O que fazer?
- Como fazer?
- Por que fazer?

Ao responder essas três perguntas, consegue se definir a justificativa a ser apresentada, a metodologia de trabalho a ser aplicada e mensurar os dados a serem entregues, de acordo com as premissas pré-definidas pelas partes de interesse.

Carvalho e Rabechini Jr (2011) orienta que dividir as principais entregas do projeto em componentes menos torna-se mais fácil o gerenciamento do escopo do projeto. Esse processo é conhecido mundialmente por *Work Breakdown Structure* (WBS), sendo traduzido para o português como Estrutura Analítica de Projetos (EAP), portanto sempre que um trabalho não estiver incluído na WBS, ele está fora do escopo do projeto.

Como apresentado no fluxograma da Figura 1.



Fonte: Carvalho e Rabechini Jr (2011)

2.1.2 Gerenciamento do tempo

Tempo, atualmente, é considerado por muitos, como um bem precioso, pois num mundo onde estamos a todo momento “correndo atrás do tempo” ter uma organização é fundamental para conseguirmos executar as atividades no prazo requerido.

Segundo Prado (2011), existe um problema central em gerenciamento do tempo, que ele é basicamente, como atingir os objetivos propostos na vida pessoal e na vida profissional? Com base nessa problemática, o autor destaca três possíveis formas de utilizar melhor o tempo, que são elas:

- Esfera da importância: todas as atividades que realmente vão contribuir para o objetivo final, pois sem elas, o objetivo não sairá do papel com o esperado;

- Esfera da urgência: são as atividades importantes, que por algum motivo, não foi realizada no durante o período reservado a ela, por isso agora seu tempo para exercê-la é menor;
- Esfera das circunstâncias: para o alcance do propósito, será necessário gastar tempo inútil com algumas atividades.

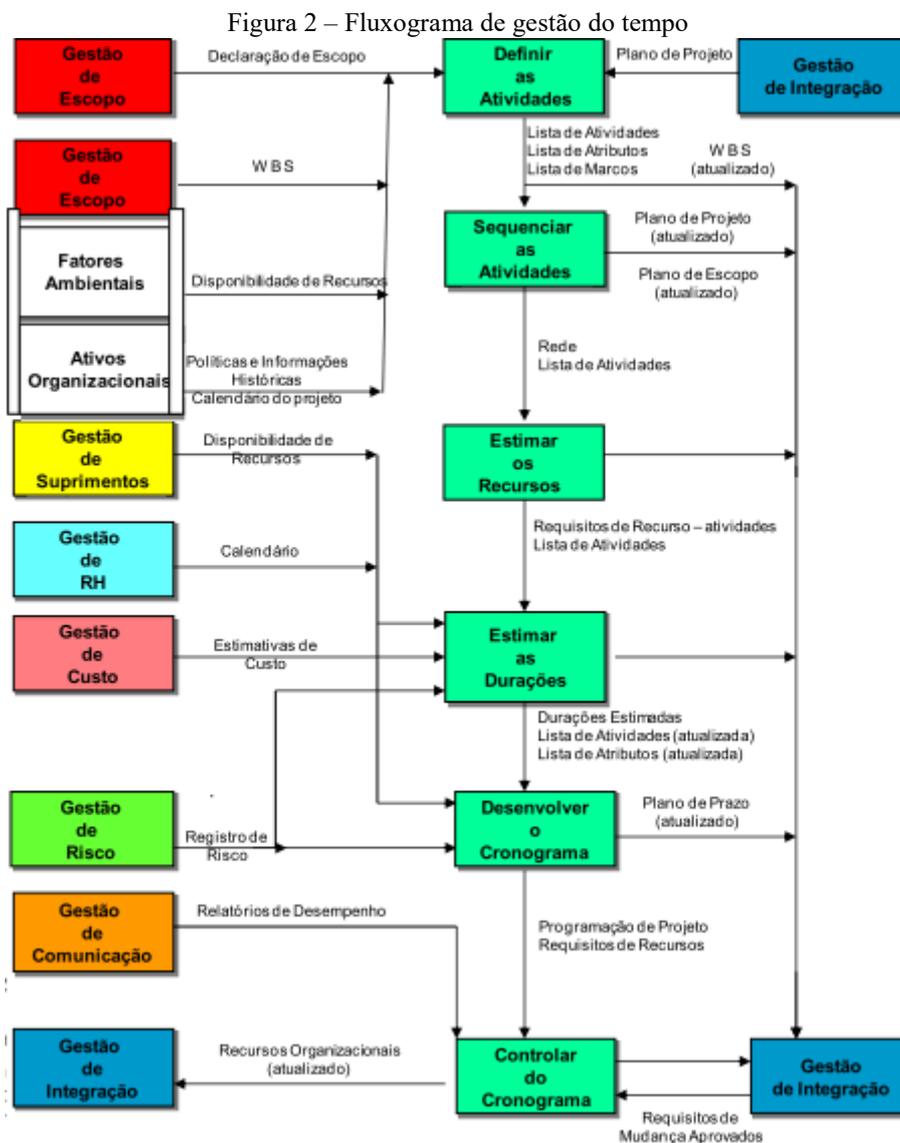
Prado (2011) ainda orienta que é importante ocupar o tempo de forma inteligente, executando com maior precisão possível as tarefas mais essenciais, por isso que a esfera priorizada deve ser aquela que contém as atividades mais importantes.

Scheidmandel et. al (2018) na gestão de um projeto as esferas são de grande utilidade, pois ficar rodeando as tarefas, sem executá-las ou finalizá-las, não traz benefícios para o projeto, sempre lembrando da premissa que tempo é dinheiro, quanto mais eficaz e eficiente se é realizando a tarefa, mais lucros serão alcançados.

Segundo Carvalho e Rabechini Jr (2011) para gerenciar o tempo é importante definir em partes, são elas:

- Definir as atividades: identificação das atividades específicas que devem ser elaboradas para se produzirem os produtos/serviços do projeto, bem como de suas várias entregas identificadas na WBS;
- Sequenciar as atividades: identificação e documentação das relações de dependência entre as atividades do projeto;
- Estimar os recursos das atividades: que são necessários para elaboração de cada atividade;
- Estimar as durações das atividades: estima a quantidade de períodos de trabalho que serão necessários para a implementação de cada atividade;
- Desenvolver o cronograma: analisa a sequência das atividades e respectiva duração, considerando os recursos necessários para elaborar o cronograma do projeto;
- Controlar o cronograma: controla as mudanças no cronograma do projeto.

Como representado a seguir no fluxograma da gestão de tempo na Figura 2.



Fonte: Carvalho e Rabechini Jr (2011)

Carvalho e Rabechini Jr (2011) define atividade como unidade de trabalho indivisível, com recursos, métodos de execução e tempos conhecidos. Permite uma base para a estimativa, elaboração de cronogramas, execução, monitoramento e controle do trabalho do projeto.

Scheidmandel *et al.* (2018) usa duas ferramentas para obter a definição das atividades a serem realizadas, são elas:

- Decomposição: a partir da definição da atividade, devem ser abstraídas outras subatividades que compõem a atividade central. Vale ressaltar que podem

existir quantas subatividades forem necessárias, e sempre que existir uma nova atividade ela poderá também poderá ser diluída;

- Planejamento em ondas sucessivas: assim que foram definidas as primeiras atividades a serem executadas no projeto a curto prazo, já se inicia o processo de identificação das próximas atividades, e assim seguindo, tornando a resolução das atividades em forma de sequenciamento.

O Guia PMBOK (2013) define que para sequenciar as atividades, é necessário definir dois pontos, que são eles:

- Definir a relação entre as atividades, averiguando se as atividades podem ser executadas concomitantes ou devem ser realizadas após o término da anterior;
- Definir prioridades de execução, garantido que o projeto tenha sequência lógica de como vai ocorrer na prática.

O Guia PMBOK (2013) ainda destaca três ferramentas úteis para realizar o sequenciamento. Elas são o Método do diagrama de precedência, determinação de dependência e antecipações e esperas.

O Método do diagrama de precedência, visa identificar a dependência das atividades. Nesse método também é possível definir as ordens de execução de tarefas, o seja, quais devem iniciar e finalizar para que as outras possam ser iniciadas e finalizadas também. A tabela 1 demonstra os tipos de precedências.

Tabela 1 – Tipo de Precedência.

| Tipo de Precedência | |
|---|---|
| Término/início (<i>finish to start</i>) | O início do trabalho da sucessora depende do término da predecessora. |
| Término/término (<i>finish to finish</i>) | O término do trabalho a sucessora depende do término da predecessora. |
| Início/início (<i>start to start</i>) | O início do trabalho da sucessora depende do início da predecessora. |
| Início/término (<i>start to finish</i>) | O término do trabalho da sucessora depende do início da predecessora. |

Fonte: Guia PMBOK (2013).

A Determinação da pendência busca classificar a sequência das atividades em duas classificações, a primeira é em obrigatórias ou arbitrárias e na segunda classificação em interna ou externa. A Tabela 2 apresenta a determinação da pendência.

Tabela 2 – Determinação da pendência

| Primeira classificação | |
|------------------------|---|
| Obrigatórias | São as atividades que não podem ser executadas de outra forma, ou seja, não podem sair do sequenciamento definido. |
| Arbitrárias | São aquelas que têm mais de uma possibilidade de sequenciamento. |
| Segunda classificação | |
| Interna | Refere-se às atividades que estão inseridas sob responsabilidade da equipe interna do projeto, podem ter dependência com fatores ou atividades externas do projeto. |
| Externas | Que dependem de outras partes envolvidas para serem executadas e finalizadas. |

Fonte: Guia PMBOK (2013).

Antecipações e esperas, buscam definir se a atividade pode vir a ser antecipada, e se por possível, por quanto tempo. Também define se a atividade deve esperar, por algum motivo referente a atividade anterior ou seguinte, para dar continuidade no seu processo.

2.1.3 Gerenciamento dos custos

Os custos de um projeto devem sempre ser bem programados e pensados, pois podem prejudicar a viabilidade da finalização do mesmo. O Guia PMBOK (2013) o gerenciamento dos custos do projeto inclui os processos envolvidos em planejamento, estimativas, orçamentos, financiamentos, gerenciamento e controle dos custos, de modo que o projeto possa ser terminado dentro do orçamento aprovado.

Carvalho e Rabechini Jr (2011) definem que o desenvolvimento de uma estimativa dos custos dos recursos necessários para completar as atividades do projeto. Elas podem ser análogas (*top down*) ou paramétrica (*bottom up*).

- Análogas (*top down*): tem por fundamento fazer uma analogia de custos, ou seja, uma comparação dos custos reais de outro projeto semelhante ou de projetos

anteriores. Muito utilizadas para estimar um valor quando há uma quantidade limitada de informações detalhadas sobre o projeto;

- Paramétricas (*bottom up*): utiliza características do projeto em modelos matemáticos para prever os custos do projeto. Os modelos podem ser simples, como, por exemplo, construções de casas onde é definido um valor para o metro quadrado (m²). Já os modelos mais complexos, que dependem do auxílio de *softwares* matemáticos, para o preenchimento de dados relevantes para o projeto.

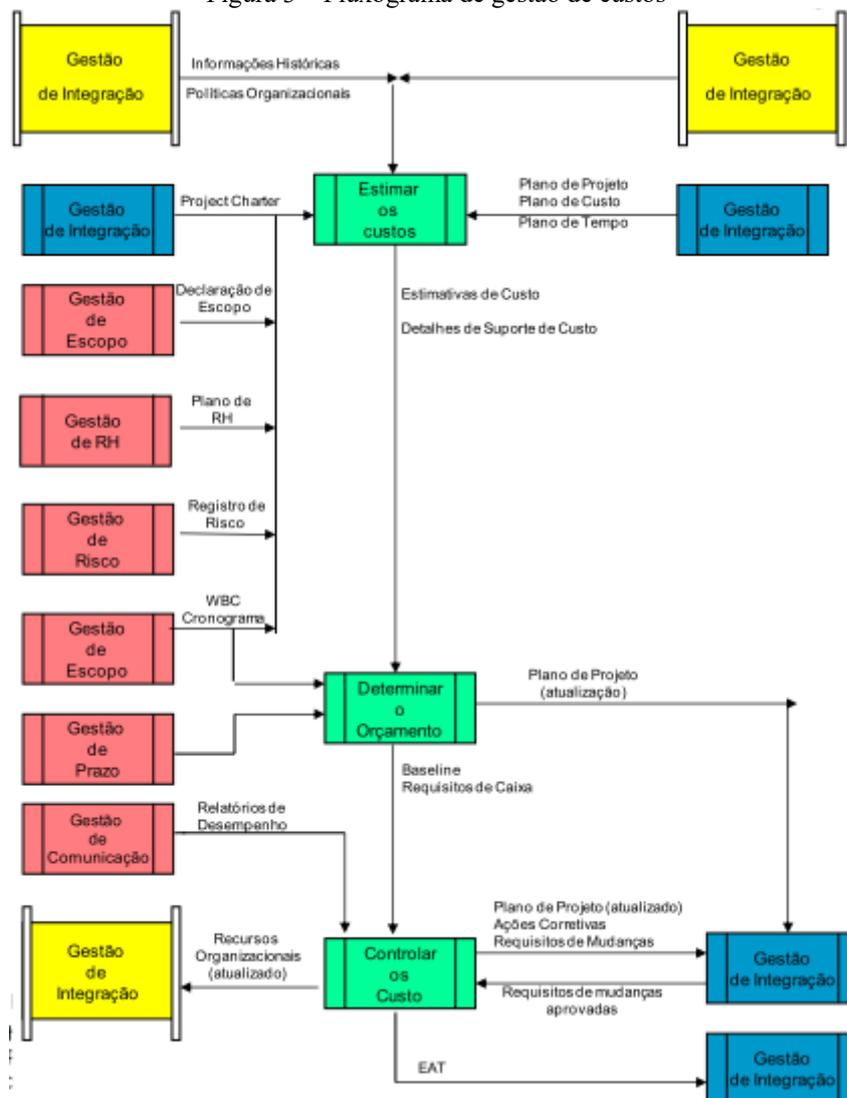
Para determinar o orçamento, segundo Carvalho e Rabechini Jr (2011) só poderá ser feito depois de estimado o custo de cada atividade do projeto, ao somar todos os valores obtidos, consegue-se estimar o custo do projeto, sendo esse valor o usado para orçar a viabilidade deste projeto. Outro ponto de suma importância é o controle dos custos, que demanda cautela ao gerenciar os custos, pois fatores externos podem influenciar em custos adicionais, por isso é sempre imprescindível ter um plano de controle de custos ao longo do projeto.

Scheidmandel *et al.* (2018) cita que é importante para que a estimativa de custos seja real, relacionar todos os gastos do desenvolvimento do projeto, que são eles:

- Mão de obra: salário dos funcionários envolvidos no projeto, de acordo com as horas trabalhadas em prol das atividades;
- Custos indiretos: impostos sobre atividade exercida e demais benefícios ao funcionário;
- Materiais: todos os itens de uso para o projeto, como matéria prima;
- Suprimentos: custos referentes a ferramentas de trabalho, bem com materiais de escritório. Devem ser orçados proporcional a durabilidade do projeto;
- Geral/administrativo: referente a administração de apoio do projeto, responsável pelas compras, contabilidade e trabalho de secretaria.
- Aluguel de equipamento: este custo deve ser bem avaliado, pois o projeto depende dele para a sua execução;
- Lucros e bônus: ao final, se obtiver um projeto bem-sucedido, os lucros serão calculados, os envolvidos serão recompensados.

Conforme indicado no fluxograma da Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma de gestão de custos



Fonte: Carvalho e Rabechini Jr (2011)

2.2 Estrutura metálica

As estruturas metálicas têm vasta aplicação no mercado da construção civil sendo empregada das mais diversas formas, projetos de múltiplos andares, projetos industriais, rodovias, entre outro. Nesta seção serão abordados projetos industriais, pois o ramo de atuação da empresa abordada nesse trabalho executa somente projetos deste âmbito.

2.2.1 Projetos industriais

Os projetos industriais são empreendimentos planejados e estruturados para desenvolver soluções específicas no ambiente industrial. Eles envolvem a criação, a otimização ou de a expansão de processos produtivos, a fabricação de novos produtos e a implementação de melhorias em instalações industriais.

Segundo Bellei (1998) os ambientes externos e internos devem ser levados em consideração na hora de conceber um projeto industrial. O autor enfatiza que a estrutura deve ser projetada de maneira em harmonia com as redondezas e ter um layout que favoreça o alto desempenho do processo industrial que a estrutura faz parte.

Como todos os projetos, existem fases para a concepção de um projeto industrial, Bellei (1998) cita as principais fases:

Arquitetura: onde é definido todo o estudo da obra, materiais, dimensões e características da obra. Nesta etapa se define o melhor aproveitamento da estrutura para sua finalidade.

- Projeto estrutural: etapa onde será calculado a estrutura, de acordo com a arquitetura. Aqui se dimensiona os perfis de aço usado em vigas, pilares e sistemas de travamento de estrutura. Aqui também são dimensionadas as ligações entre estrutura e as bases do projeto. Lembrando que quando uma estrutura é bem dimensionada, ela se torna economicamente viável;
- Sondagem do solo: é fundamental para poder dimensionar as bases que dão suporte a estrutura, pois dependendo das características físicas do solo, pode mudar a concepção estrutural;
- Detalhamento: também conhecido como projeto de fabricação, consiste em detalhar peça por peça, dando suas dimensões, elementos que devem ser soldados e outras informações pertinentes de cada fabricante;
- Fabricação: processo de fabricação das peças que foram previamente detalhadas, que iram compor toda a estrutura;
- Limpeza e proteção: após o processo de fabricação as peças devem passar pelo processo de proteção contra corrosão, após isso, deve ser feita a limpeza para receber o tratamento final, seja ele pintado ou galvanizado;
- Transporte: para o transporte, deve ser feito nos passos anteriores, a verificação do comprimento das peças, para que seja possível transportar para o local da obra;

- Montagem: é a montagem de cada peça correspondente ao projeto, para a execução da obra. No projeto deve estar marcado qual peça deve ser montada e qual o tipo de ligação deve ser feito;
- Controle de qualidade: atua em todas as fases, estabelecendo os procedimentos de soldas, inspecionando peças, verificando se estão dentro das tolerâncias de norma.

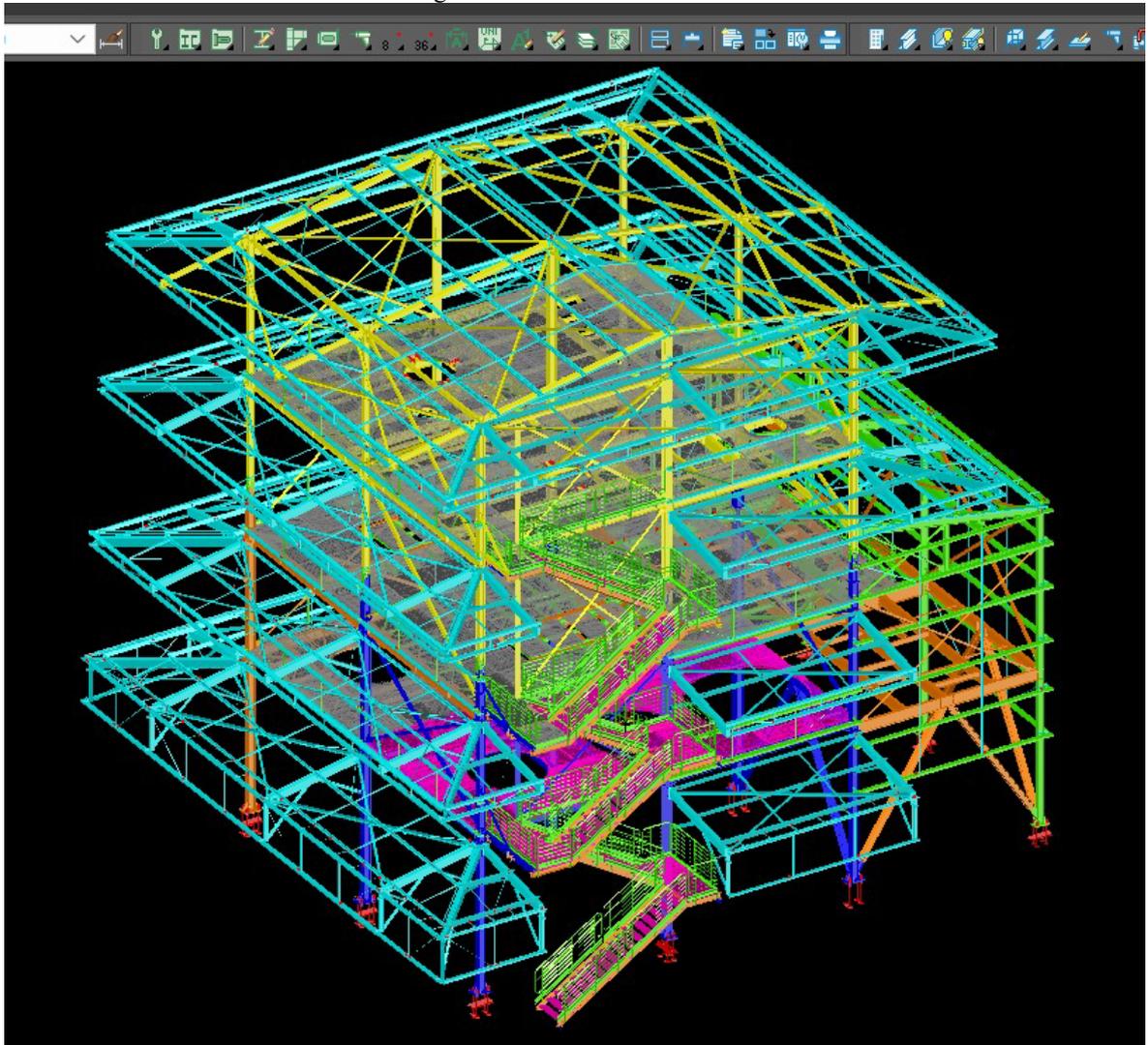
É importante ressaltar que quanto mais controlado for cada um dos passos, melhor se torna o desempenho dos projetos industriais. Por isso o controle de qualidade deve ser atuante em todos os passos.

2.1.1.1 Software

O TecnoMetal é um *software* de solução BIM, sendo empregado na utilização de modelagem 3D, para o desenvolvimento de projetos industriais. De acordo com Steel & Graphics, fabricante do *software*, após a modelagem em 3D, o TecnoMetal extrai as peças do modelo 3D para desenhos 2D para projetos de fabricação. O *software* também exporta arquivos de DBF e CAM, usados para verificação de projeto.

O modelo 3D da obra serve para ter uma visão realista de como cada elemento estrutural se conecta, compondo a geometria da obra. Os projetos de fabricação, são executados em arquivos 2D, que se tem uma visão mais planejada dos elementos estruturais. Como representa o modelo abaixo da figura 4.

Figura 4 – Modelo 3D



Fonte: Autor (2023)

3 MÉTODO DO TRABALHO

Na seção a seguir apresentam-se todos os métodos utilizados para a obtenção dos resultados desse trabalho.

3.1 Descrição do objeto de estudo

O objeto de estudo é uma empresa de projetos de estruturas metálicas, com atuação no ramo há mais de 20 anos, atuando em todo território nacional e em diversos países. Atualmente possui cerca de 20 funcionários. O presente trabalho tem por finalidade mostrar como o *software* de comparação de modelagem 3D tende a reduzir os erros entre projetos em modelos 3D e projetos de fabricação mecânica.

Esse *software* pode ser utilizado em qualquer tipo de estrutura, seja ela de uso industrial ou arquitetônico. Para a realização do estudo a estrutura escolhida será estrutura metálica de uso industrial

3.2 Procedimento metodológico

Para o desenvolvimento do presente trabalho, serão utilizados os procedimentos metodológicos descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Procedimentos Metodológicos

| METODOLOGIA | CARACTERIZAÇÃO |
|-------------------------------------|--------------------|
| NATUREZA DA PESQUISA | AVALIATIVA |
| ABORDAGEM DO ESTUDO | QUALI-QUANTITATIVA |
| DELIMITAÇÃO DO UNIVERSO DA PESQUISA | ESTUDO DE CASO |

Fonte: Autor (2023).

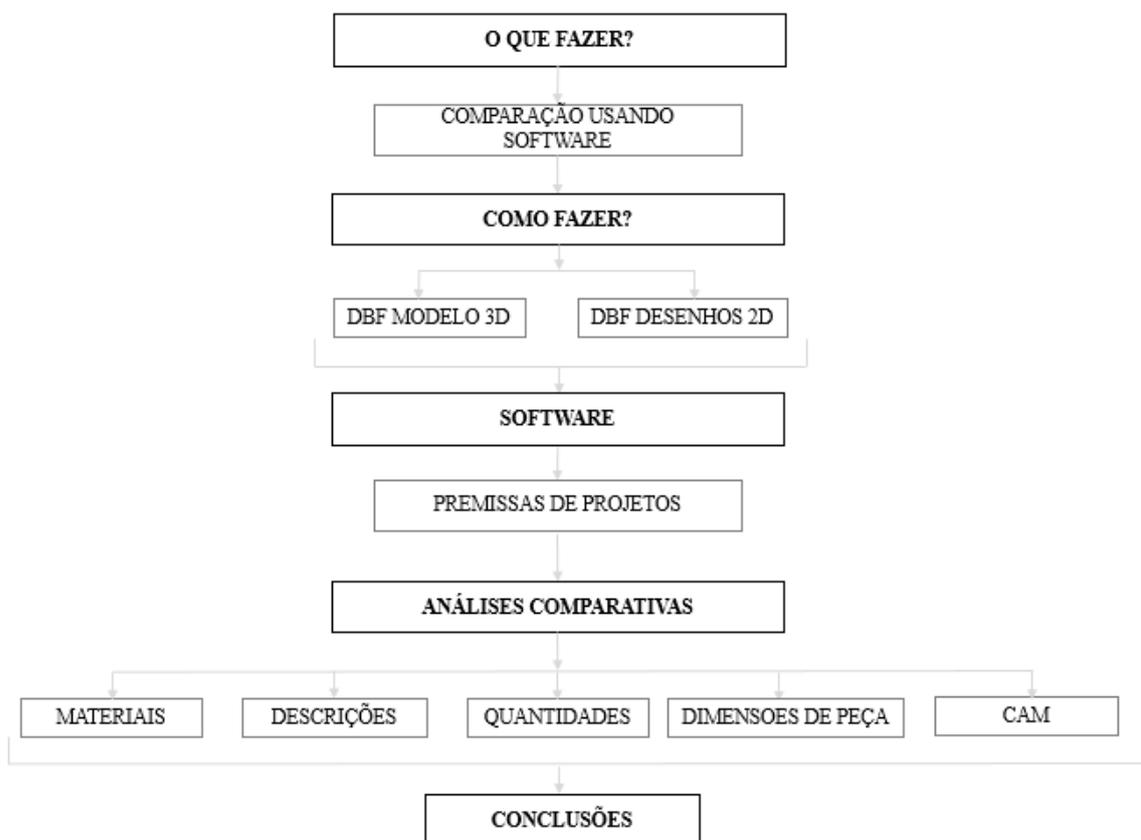
A natureza dessa pesquisa é avaliativa que é definida, segundo Gil (2002) em um processo de avaliar o propósito de uma investigação em vez de usar um método específico. Consiste em avaliar sistematicamente o mérito do tempo, recurso e esforço utilizado para alcançar o objetivo.

A abordagem do estudo definida para essa pesquisa é a quali-quantitativa, que é compreendida como a combinação do método de abordagem qualitativo e o método de abordagem quantitativo. Baptista e Campos (2007) dizem que as duas abordagens devem coexistir pacificamente no estudo e não estabelecer uma oposição sobre qual é mais eficaz. Elas exercem um exercício de cooperação mútua.

Para a delimitação do universo da pesquisa usou-se o estudo de caso que é definido por uma modalidade de pesquisa de ampla utilização. Consiste em um estudo profundo e detalhado de um ou mais produtos e/ou objetos. De acordo com Gil (2002) a crescente utilização do estudo de caso no âmbito das ciências tem diferentes propósitos, um deles é, por exemplo, descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação.

O fluxograma descrito na Figura 5, representa a forma como foi conduzida a pesquisa até a obtenção dos resultados ao fim das análises.

Figura 5 - Fluxograma



Fonte: Autor (2023)

3.2.1 Caracterização da obra

Antes de iniciar o desenvolvimento do projeto, foi definido, junto ao cliente, os tipos de materiais que seriam utilizados, bitolas de perfis metálicos, tipo de pintura e arquitetura da estrutura. Essas informações serviram para a criação do banco de dados da obra.

3.2.2 Modelagem da obra

Com o modelo finalizado, se extraiu cada elemento estrutural, seja ele, soldado ou parafusado, em peças que foram usadas nos projetos de fabricação. Os projetos de fabricação foram realizados de forma manual, utilizando *software* TecnoMetal e AutoCad, das fabricantes, Steel Graphics e Autodesk, respectivamente.

Os projetos de fabricação foram atribuídos listas, que contém as informações sobre a peça, conforme a Figura 6. Para cada peça do modelo 3D, foi necessário gerar essa lista com os dados.

Figura 6 – Lista de liberação dos projetos de fabricação

| LISTA DE LIBERAÇÃO DE DESENHOS | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|-----|--------------|------|------|------------------|-------|-----------|-----------------|------------|-----------|
| Descrição ESCADA | | | | | | Lote: █████ | | | Revisão: 00 | | |
| Cliente: █████ | | | | | | Prédio: █████ | | | Data: █████ | | |
| Obra N°: █████ | | | | | | Fabricação: 4990 | | | Peso Total: 512 | | |
| Marca Maior | Marca Menor | P/S | Descrição | Qtde | Lar. | Esp. | Comp. | Mat. | Peso Unit. | Peso Total | Obs. |
| 4990A | | S | ESCADA | 1 | | | | | 512 | 512 | AM2378553 |
| | a18341 | S | L4X4X3/8 | 2 | | | 140 | A36 | 2 | 4 | |
| | a18343 | S | L75X75X8 | 2 | | | 150 | A572-GR50 | 1 | 3 | |
| | c18344 | S | U203X17.1 | 3 | | | 1200 | A36 | 21 | 62 | |
| | c18352 | S | U203X17.1 | 1 | | | 3623 | A36 | 62 | 62 | |
| | c18354 | S | U203X17.1 | 1 | | | 3623 | A36 | 62 | 62 | |
| | c18377 | S | U203X17.1 | 1 | | | 1502 | A36 | 26 | 26 | |
| | c18378 | S | U203X17.1 | 1 | | | 1502 | A36 | 26 | 26 | |
| | c18379 | S | U203X17.1 | 1 | | | 1998 | A36 | 34 | 34 | |
| | c18380 | S | U203X17.1 | 1 | | | 1998 | A36 | 34 | 34 | |
| | p18338 | S | PL. 8 | 10 | 120 | 8 | 126 | A572-GR50 | 1 | 10 | |
| | p18345 | S | Z30X290X30X6 | 10 | | | 1200 | CH.XADREZ | 18 | 185 | |

Fonte: Autor (2023).

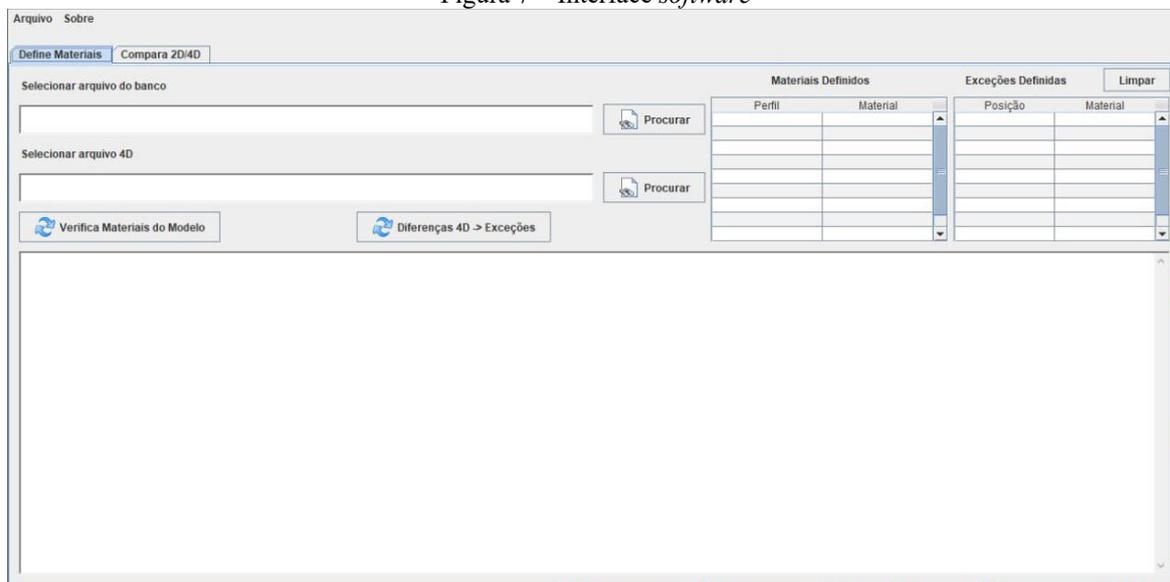
3.2.3 Software de comparação

A utilização do *software* de comparação, foi iniciada após a finalização do modelo 3D e projetos de fabricação 2D. Foi necessário extrair os arquivos de DBF tanto do modelo 3D quanto o DBF dos projetos de fabricação 2D.

Os arquivos DBF (Data Base File) são arquivos de informações gerados a partir do Modelo 3D e dos desenhos de Fabricação 2D, nesses arquivos constam todas as informações do desenho sendo elas, materiais, descrições, quantidades, marcas, posições e pesos.

Na Figura 7, tem-se a interface do programa com os campos a serem preenchidos com informações da obra.

Figura 7 – Interface *software*



Fonte: Autor (2023).

O *software* compara cinco parâmetros, que estão descritos abaixo:

- Materiais: do que são fabricados os elementos estruturais, por exemplo, perfis laminados são fabricados em Aço A572GR50;
- Descrições: o que é cada elemento, por exemplo, viga, coluna;
- Quantidade: quantas vezes cada peça deve ser fabricada;
- Dimensões da peça: seu tamanho real, de largura, comprimento e espessura;
- CAM: Os arquivos CAM (*Computer-Aided Manufacturing*), são os arquivos de *input* para as máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado) utilizados para a fabricação das peças das estruturas. As primeiras máquinas CNC recebiam as instruções para fabricação por meio de codificação em papel perfurado. Hoje em dia, com a evolução da tecnologia, foram desenvolvidos códigos mais eficientes para programação das máquinas, que são transmitidos por meio dos arquivos CAM.

Posterior, todos os dados vinculados ao *software*, o qual emitiu um relatório onde apresenta os resultados obtidos.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

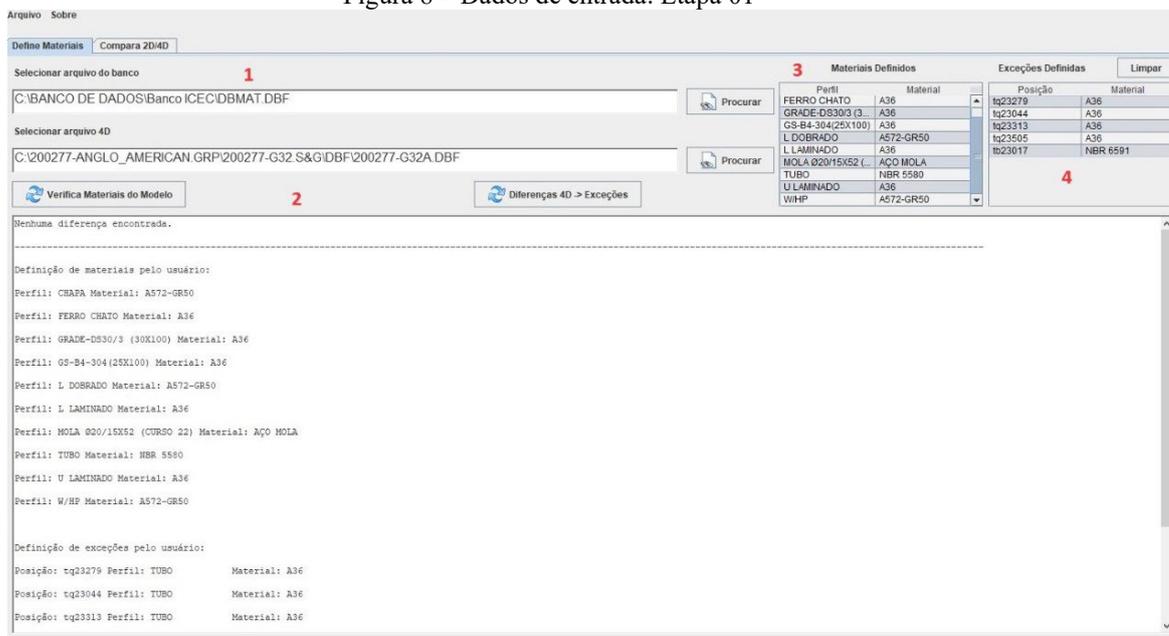
Os resultados aqui mostrados, seguem a sequência proposta na metodologia.

4.1 Dados de entrada

O processo de comparação foi dividido em duas etapas, sendo a Etapa 01 referente a comparação do modelo 3D com o banco de dados. A Etapa 02 é referente a comparação entre o modelo 3D e os projetos de fabricação.

Para a Etapa 01, os dados de entrada que foram usados no *software*, são os arquivos de DBF e banco de dados da obra. A Figura 8 ilustra a Etapa 01.

Figura 8 – Dados de entrada: Etapa 01



Fonte: Autor (2023).

O item 1 da Figura 8, representa o campo onde foi vinculado o banco de dados da obra. Já no item 2, é o campo onde foi vinculado o DBF do modelo 3D. Os itens 3 e 4, foram preenchidos manualmente com as informações de materiais, definidas no início da obra.

Posterior a inserção de todos os dados, foi verificado os materiais do modelo 3D, através da opção do *software*, que o mesmo apresentou um relatório, conforme a Figura 9.

Figura 9 – Relatório de erros de material

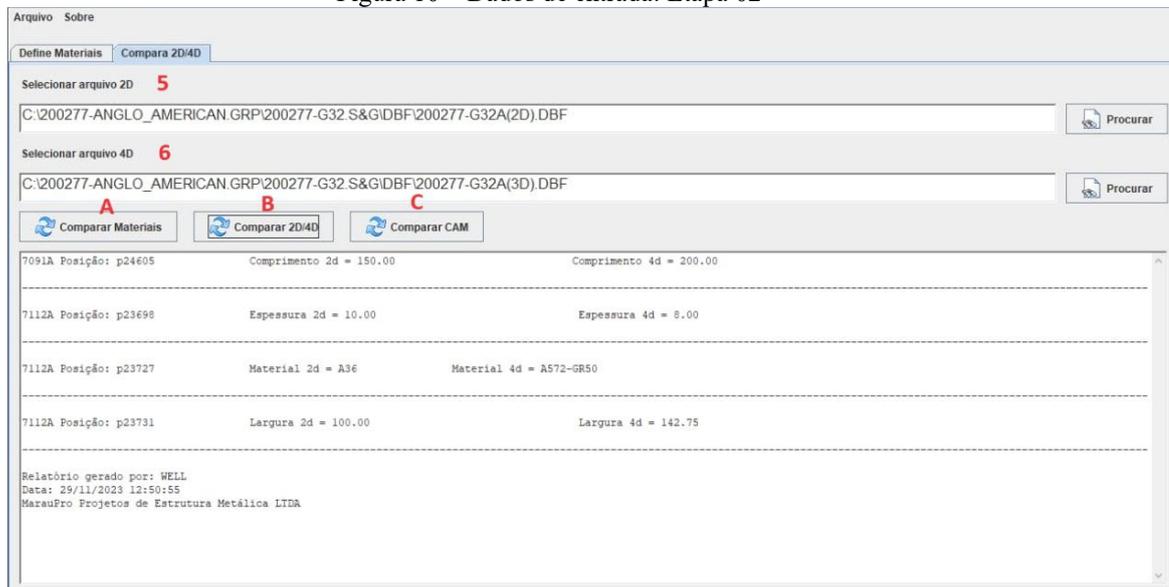


Fonte: Autor (2023).

No relatório obtido, referente a divergências entre materiais, o *software* informou: “nenhum erro encontrado”. Por tanto a Etapa 01 da comparação foi concluída.

A Etapa 02 os dados de entrada que foram usados no *software*, são os arquivos de DBF do modelo 3D e os arquivos DBF dos projetos de fabricação. A Figura 10 ilustra a Etapa 02.

Figura 10 – Dados de entrada: Etapa 02



Fonte: Autor (2023).

O item 5 da Figura 10, representa o campo onde foi vinculado o DBF dos projetos de fabricação. Já no item 6, é o campo onde foi vinculado o DBF do modelo 3D. O item A é referente ao relatório de comparação entre materiais do modelo 3D e dos projetos de fabricação.

A Figura 11 apresenta o relatório de erros de material.

Figura 11 – Relatório de erros de material



Fonte: Autor (2023).

Pode-se observar que o *software*, encontrou uma divergência em um projeto de fabricação, onde a posição referente ao elemento estrutural está em desacordo com o modelo 3D.

O item B da Figura 10, gerou um relatório de comparação referente a quantidade, dimensões e descrições das peças. A Figura 12, apresenta o relatório, onde é possível observar que foi encontrada divergências, referentes as especificações de: comprimento, espessura, largura e material.

Figura 12 – Relatório de erros

| | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 7091A Posição: p24605 | Comprimento 2d = 150.00 | Comprimento 4d = 200.00 |
| 7112A Posição: p23698 | Espessura 2d = 10.00 | Espessura 4d = 8.00 |
| 7112A Posição: p23727 | Material 2d = A36 | Material 4d = A572-GR50 |
| 7112A Posição: p23731 | Largura 2d = 100.00 | Largura 4d = 142.75 |

Relatório gerado por: WELL
 Data: 29/11/2023 12:50:55
 MarauPro Projetos de Estrutura Metálica LTDA

Fonte: Autor (2023).

O item C da Figura 10, gerou um relatório de comparação referente ao CAM das peças. A Figura 13, apresenta o relatório, onde é possível observar que não foram encontradas divergências, gerando a mensagem “nenhum erro encontrado”.

Figura 13 – Relatório de erros



Fonte: Autor (2023).

4.2 Vantagens e desvantagem

Como todo *software*, existem vantagens em seu uso, porém existem também desvantagens que podem dificultar o uso do mesmo. A seguir estão listados alguns tópicos com as principais vantagens e desvantagens no uso do *software*.

4.2.1. Principais vantagens

As principais vantagens no uso do *software* comparar é a agilidade em detectar problemas garantido um controle de qualidade. Algumas vantagens do seu uso.

- **Deteção de erro:** ao comparar automaticamente os dados do modelo 3D com os desenhos de fabricação, pode-se identificar alguma discrepância entre os arquivos de DBF, sejam elas: materiais incorretos, dimensões inconsistentes ou alguma nomenclatura divergente. Isso garante que o produto final vai estar de acordo com a definição inicial e pelo cliente;
- **Automação:** a automação do processo de verificação economiza tempo em relação à revisão manual, além e garantir a comparação, pois todo trabalho manual está mais suscetível ao erro, ainda permite que engenheiros e projetistas se concentrem em tarefas mais complexas e criativas;

- **Rapidez:** a análise automatizada, além de economizar tempo, permite que o processo de verificação e validação da obra, seja feito de forma mais rápida e garantido que o cliente receba um produto de qualidade;
- **Conformidade:** ao utilizar o *software* de comparação, se assegura que os desenhos de fabricação estejam fiéis ao modelo 3D, reduzindo assim, possíveis erros na produção das peças;
- **Feedback imediato:** ao finalizar as comparações, o *software* já demonstra os possíveis problemas, permitindo correções rápidas e eficientes;
- **Minimização de retrabalho:** quando se identifica e corrige as discrepâncias antes do destino final, a fabricação, evita-se custos extras com desperdício de material e de tempo de funcionário, para achar o erro e pensar numa forma de ajuste;
- **Controle de qualidade:** da mesma forma que minimiza o retrabalho, garante uma qualidade de produto, pois se garante que toda as peças para montar a estrutura serão enviadas, com tamanhos, materiais e seus atributos essenciais, para garantir a fabricação da obra em questão;
- **Histórico de verificações:** todas as verificações ficam registradas em um histórico detalhado, facilitando assim, possíveis auditorias e também rastreabilidades ao longo do ciclo de vida do produto.

4.2.2. Principais desvantagens

As principais desvantagens no uso do *software* comparar é o aporte financeiro e de implementação no uso do mesmo em demanda, por horas alta e em outras mais baixas. Foi Algumas desvantagens do seu uso.

- **Investimento no *software*:** a aquisição de um *software* com desenvolvimento tecnológico, se torna um investimento financeiro alto, sendo um valor significativo para a empresa;
- **Implementação do *software*:** a implementação de um *software* que possa lidar com diferentes formatos de arquivos e especificações pode ser

complexa, exigindo um investimento em *hardware* para que ele tenha seu melhor desempenho;

- **Treinamento:** a necessidade de treinar os colaboradores para usar o novo o *software*, para que se atinja os objetivos com sua implantação, tornando o investimento mais custoso e demorado;
- **Curva de aprendizagem:** as equipes acostumadas a uma metodologia de trabalho, vão requerer mais tempo de adaptação a nova forma de verificação;
- **Falhas técnicas:** o programa pode estar sujeito a falhas técnicas, bugs e incompatibilidades de *software* que podem interromper o processo de verificação;
- **Atualização e suporte:** manter o *software* atualizado e fornecer suporte contínuo pode exigir custos extra, como recursos adicionais e uma equipe técnica dedicada;
- **Cultura organizacional:** a implementação de novas tecnologias pode encontrar resistência dentro da organização, com alguns membros da equipe preferindo métodos tradicionais de verificação e validação.

4.3 Melhorias propostas

Ao usar um *software* diariamente, é imprescindível não se deparar com situações das quais, pequenos ajustes facilitariam, ainda mais, o trabalho. Um dos pontos que se tem mais necessidade de melhorias, são os parâmetros de comparação e as exportações das listas.

4.3.1. Parâmetro de comparação

Devido alguns critérios definidos pelos clientes, como por exemplo, a não utilização das letras I, N, O, Q, R, S, U, W, Y por motivos de confundir com números ou nomes de perfis utilizados em fábrica, isso se torna mais um parâmetro de comparação.

Esse parâmetro, não é comparado pelo *software*, em questão. Portanto, a inclusão desse parâmetro, que vai comparar as letras e números usados na marcação das peças com as letras e números definidos com o cliente, fazendo com que, não tenha divergências de nomenclaturas nas peças fabricadas.

4.3.2. Exportação de lista utilizadas

Ao realizar uma entrega de uma etapa da obra, sempre é necessário enviar listas que são definidas pelo cliente. Algumas delas são:

- Listas de materiais;
- Listas de marcas;
- Listas de parafusos.

Os dados que são incluídos nessas listas de documentação, são comparados pelo *software*, porém o mesmo não exporta essas listas. Elas precisam ser preenchidas de forma manual, sendo susceptível ao erro.

Portanto outra melhoria proposta ao *software* é, a exportação das listas necessária de acordo com cada parâmetro definido pelo cliente, evitando erros, como por exemplo, compras de materiais em excesso, que podem ter custos elevados não previsto anteriormente.

5 CONCLUSÃO

5.1 Conclusões do trabalho

Considera-se que foi possível atingir os objetivos específicos que são: a apresentação da ferramenta de comparação 3D e 2D, identificar quais as vantagens e desvantagens da utilização da mesma e por fim quais as melhorias propostas para tornar a ferramenta mais atrativa, visando a redução de erros em projetos de fabricação metálica. A análise detalhada da aplicação desta tecnologia revelou seus benefícios significativos na minimização de falhas e na melhoria na qualidade do projeto.

Dessa forma, conclui-se que a introdução e adoção do *software* de comparação modernizam os processos, e se mostram como uma abordagem estratégica para aprimorar a qualidade e a confiabilidade dos projetos, ao mesmo tempo em que reduzem custos associados a retrabalhos e correções. A integração dessa ferramenta no ambiente de trabalho é importante para as equipes que buscam inovação, eficiência e excelência na execução de projetos.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

A partir dos resultados obtidos, sugere-se como trabalho futuros, os seguintes tópicos:

- Análise da viabilidade econômica do investimento em um escritório de projetos de pequeno à médio porte;
- Desenvolver *softwares* que abrangem as melhorias do mesmo, propostas nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR ISO 10006 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (Rio de Janeiro). NBR ISO 10006 – **Gestão da qualidade – Diretrizes para qualidade no gerenciamento de projetos**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2006. 3 p.
- BAPTISTA, M. N.; CAMPOS, D. C. **Metodologias de pesquisa em ciências: análises quantitativas e qualitativas**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- BELLEI, I. H. **Edifícios industriais em aço**. 2 ed. São Paulo: Pini, 1998.
- CÂNDIDO, M. S. **Gestão da qualidade em pequenas empresas: uma contribuição aos modelos de implantação**. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
- CARVALHO, M. M.; RABECHINI, R. Jr. **Fundamentos em gestão de projetos: Construindo competências para gerenciar**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- DE CONTO, L. **Proposta de uma metodologia de projetos aplicada no detalhamento de estruturas metálicas**. 96 f. Trabalho de conclusão de curso (Conclusão de graduação) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2021.
- FILHO, E. R. **Projeto do produto: apostila do curso**. 8 ed. Belo Horizonte: LI DEP/DEP/EE/UFMG, 2004.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- MACIEL, L. L.; MELHADO, S. B. **Qualidade na construção civil: fundamentos**. São Paulo: EPUSP, 1996, 23 p. TT/PCC/15. Texto técnico.
- MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso e exemplos**. 1 ed. São Paulo: Pini, 2006.
- PRADO, D. **Planejamento e controle de projetos**. 7 ed. Nova Lima: Falconi, 2011.
- PROJECT MANAGEMET INSTITUTE (Ed.). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos: Guia PMBOK**. 5. ed. Filadélfia: Project Management Institute Inc., 2013.
- SCHEIDMANDEL, N. A. et al. **Gestão de projetos a Engenharia de Produção: uma visão acadêmica**. Passo Fundo: UPF EDITORA, 2018.
- VARGAS, R. V. **Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferencias competitivos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.