

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e
Infraestrutura**

Bruna Maggioni

**Uso do slack na fase de projeto para contribuir para as etapas de
fabricação e montagem em sistemas ETO**

Porto Alegre
2022

BRUNA MAGGIONI

**USO DO SLACK NA FASE DE PROJETO PARA
CONTRIBUIR PARA AS ETAPAS DE FABRICAÇÃO E
MONTAGEM EM SISTEMAS ETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia

Prof. Daniela Dietz Viana

Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Orientadora

Porto Alegre
2022

BRUNA MAGGIONI

**USO DO SLACK NA FASE DE PROJETO PARA
CONTRIBUIR PARA AS ETAPAS DE FABRICAÇÃO E
MONTAGEM EM SISTEMAS ETO**

Esta dissertação de mestrado foi julgada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL, na área de Gestão e Economia da Construção, e aprovada em sua forma final pelo Professor Orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 2022.

Prof. Daniela Dietz Viana

Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
Orientadora

Prof. Carlos Torres Formoso
Coordenador do PPGCI/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Tarcísio Abreu Saurin (RS)
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Prof. Iamara Rossi Bulhões (RS)
Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Prof. Ercilia Hitomi Hirota (RS)
Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

À minha família e ao Marcos Vinícius, por sempre terem acreditado em mim.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, de maneira especial, à minha orientadora, professora Daniela Dietz Viana, pelo inestimável suporte durante esta jornada, bem como pela paciência, principalmente na fase de revisão do trabalho. Gostaria de agradecer também por todo o conhecimento compartilhado no decorrer do desenvolvimento desta pesquisa. Também agradeço ao professor Carlos Formoso, por ter sido uma figura importante neste período, compartilhando seu conhecimento e experiência e tecendo comentários e sugestões para o desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), ao Núcleo Orientado para a Inovação da Construção (NORIE) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGCI) pela incrível experiência ao longo dos últimos anos, mesmo que à distância, por conta da pandemia.

Um agradecimento especial aos meus colegas de grupo: Thaís Gerhardt e Rafael Gering. Foi um prazer ter conhecido vocês. Nossas trocas de conhecimentos e experiências foram de grande importância para meu desenvolvimento durante esta caminhada.

À empresa de estruturas metálicas, onde todo este estudo foi realizado, gostaria de agradecer aos gerentes e à equipe técnica que, mesmo com a alta demanda de trabalho, sempre foram receptivos e estiveram dispostos a participar das discussões para analisar possíveis mudanças. Desta empresa, gostaria de destacar algumas pessoas cuja participação foi imprescindível: Graciela Rastelli, Eduardo Brusamarello e Cássio Bonatto. Ainda deste grupo, um agradecimento especial ao Eduardo Giacomello, pela oportunidade de desenvolver este estudo na empresa e, principalmente, pelo voto de confiança na universidade.

Gostaria de agradecer aos meus pais, Carlos Maggioni e Areci Maggioni, pelo apoio incondicional e amor, sempre sentidos, mesmo que à quilômetros de distância. Obrigada por me encorajarem a seguir meus sonhos, vocês são meu exemplo e minha inspiração. Como uma extensão dos meus pais, agradeço ao meu irmão, Rodolfo Maggioni, pela torcida e pelo amor. Sempre foste um exemplo para mim e sei que podemos contar sempre um com o outro.

Às minhas queridas amigas da vida: Luiza Mezzomo Donatti e Vanessa Pasinato. Obrigada pela paciência e por estarem sempre presentes tanto nos bons quanto nos difíceis momentos.

Por fim, e muito importante, gostaria de agradecer ao meu namorado, Marcos Vinícius, pelo amor e pela paciência do primeiro ao último dia desta caminhada. Por me compreender todas as vezes que precisei abdicar de certas programações, pelas diversas mudanças de plano, por se preocupar com o meu bem-estar e por acreditar em mim e no meu trabalho.

“É preciso que eu suporte duas ou três larvas se quiser
conhecer as borboletas.”

(Antoine de Saint-Exupéry)

RESUMO

MAGGIONI, BRUNA. **Uso do slack na fase de projeto para contribuir para as etapas de fabricação e montagem em sistemas ETO.** 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

A construção civil é uma das indústrias mais importantes da economia nacional, mas ainda é considerada um setor atrasado se comparado a outros setores industriais. A sua gestão apresenta diversos desafios devido à complexidade, incerteza e variabilidade inerentes aos processos. O uso de slack pode mitigar a variabilidade e proporcionar resiliência a estes sistemas, pois oferece recursos para ajuste de desempenho, além da manutenção das funções essenciais do sistema, durante situações esperadas e inesperadas. Este estudo foi desenvolvido em uma empresa ETO (Engineer-to-order), caracterizada pela dependência nos processos de projeto, fabricação e montagem. Os sistemas de produção ETO podem ser definidos como aqueles em que o ponto de desacoplamento do pedido do cliente (CODP) está localizado na fase de projeto. O objetivo geral deste estudo é compreender e aplicar o slack, através da dinâmica do sistema de produção, em empresas ETO. Sendo assim, através da análise das características do contexto no qual foi desenvolvido o estudo e das questões e objetivos apresentados, determinou-se como estratégia de pesquisa no presente trabalho o estudo de caso, juntamente com características relacionadas à Design Science Research (DSR), que contribuíram para o delineamento da pesquisa. Buscou-se a compreensão e aplicação do slack através da dinâmica do sistema de produção, além do desenvolvimento e discussão das oportunidades de melhorias, concomitantemente ao reconhecimento e à classificação dos diferentes tipos de slack. A partir disso, foi possível reconhecer um conjunto de oportunidades de melhorias e compreender e aplicar o slack na fase de projeto. Assim sendo, tem-se como importantes contribuições teóricas: a inserção do termo slack na fase de projeto de sistemas pré-fabricados ETO, o uso da dinâmica dos sistemas para analisar as interações entre as variáveis do sistema de produção de forma aprofundada, e a abordagem da modularidade e da padronização como importantes conceitos para contribuir para a aplicação do slack na fase de projeto de sistemas sociotécnicos complexos em empresas ETO.

Palavras-chave: Projeto, dinâmica dos sistemas, slack, Engineer-to-order.

ABSTRACT

MAGGIONI, BRUNA. **The Use of the Slack in the Design Phase to Contribute to the Manufacturing and Assembly Steps in ETO Systems.** 2022. Dissertation (Master of Science in Civil Engineering) - Postgraduate Program in Civil Engineering: Construction and Infrastructure, Engineering School, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

Civil construction is one of the most important industries in the national economy, but it is still considered a backward sector compared to other industrial sectors. Its management presents several challenges due to the complexity, uncertainty and variability inherent to the processes. The use of slack can mitigate the variability and provide resilience to these systems, as it offers features for performance tuning, in addition to maintaining essential system functions, during expected and unexpected situations. This study was developed in an ETO (Engineer-to-order) company, characterized by dependence on design, manufacturing and assembly processes. ETO production systems can be defined as those where the customer order decoupling point (CODP) is located in the design phase. The general objective of this study is to understand and apply slack, through the dynamics of the production system, in ETO companies. Thus, through the analysis of the characteristics of the context in which the study was developed and the questions and objectives presented, the case study was determined as the research strategy in the present work, together with characteristics related to Design Science Research (DSR), which contributed to the research design. The understanding and application of slack was sought through the dynamics of the production system, in addition to the development and discussion of improvement opportunities, concomitantly with the recognition and classification of different types of slack. From this, it was possible to recognize a set of improvement opportunities and to understand and apply slack in the design phase. Therefore, the following are important theoretical contributions: the insertion of the term slack in the design phase of prefabricated ETO systems, the use of system dynamics to analyze the interactions between the variables of the production system in depth, and the approach of modularity and standardization as important concepts to contribute to the application of slack in the design phase of complex sociotechnical systems in ETO companies.

Keywords: Design, system dynamics, slack, Engineer-to-order.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação dos sistemas de produção	33
Figura 2 - Fases genéricas de produção	34
Figura 3 - Relação entre os prazos de entrega do produto e do projeto	36
Figura 4 - Modularidade de produto, processo e cadeia de suprimentos	42
Figura 5 - Mapa Conceitual	44
Figura 6 - Padrão dos empreendimentos multiandares.....	48
Figura 7 - Delineamento da pesquisa	49
Figura 8 - Divisão das etapas do empreendimento A.....	51
Figura 9 - Montagem da escada concluída no empreendimento A	52
Figura 10 - Evolução da montagem do empreendimento A.....	52
Figura 11 - Empreendimento A concluído	53
Figura 12 - Divisão da empresa em setores	62
Figura 13 - Planejamento do processo de projeto	65
Figura 14 - Processo do PCP	66
Figura 15 - Recortes das peças na fábrica	67
Figura 16 - Primeira página do relatório de qualidade e lições aprendidas.....	70
Figura 17 - Peças das sapatas, vigas e miscelâneas	71
Figura 18 - Lista de peças.....	72
Figura 19 - Detalhamento das sapatas p3, p9, p10 e p17	74
Figura 20 - Lista de sapatas	75
Figura 21 - "Correções que falham"	77
Figura 22 - "Transferência do fardo/vício"	77
Figura 23 - Relações entre variáveis no arquétipo "Correções que falham"	78
Figura 24 - Relações entre variáveis no arquétipo "Correções que falham"	79
Figura 25 - Relações entre variáveis no arquétipo "Transferência do fardo/vício"	79
Figura 26 - Parte das relações entre variáveis do sistema de produção.....	80
Figura 27 - Parte das relações entre variáveis do sistema de produção.....	81
Figura 28 - Parte das relações entre variáveis do sistema de produção.....	82
Figura 29 - Parte das relações entre variáveis do sistema de produção.....	82
Figura 30 - Visão sistêmica do sistema de produção.....	83
Figura 31 - Chapas de ligação	85
Figura 32 - Viga metálica sem furação e recorte da viga metálica.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Diferenças entre manufatura e construção relevantes para a modularidade de produto.....	43
Tabela 2 - Registro das atividades realizadas na empresa A.....	56
Tabela 3 - Peças exclusivas das 6 primeiras etapas.....	73
Tabela 4 - Peças repetidas das 6 primeiras etapas.....	73
Tabela 5 - Porcentagem de peças repetidas das 6 primeiras etapas.....	73
Tabela 6 - Reconhecimento e classificação dos slacks.....	84
Tabela 7 - Oportunidades de slack.....	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATO: Assemble-to-order

CODP: Ponto de Desacoplamento do Pedido do Cliente

CSS: Sistema Sociotécnico Complexo

EE: Escola de Engenharia

ETO: Engineer-to-order

FTO: Fabricate-to-order

LC: Lean Construction

LP: Lean Production

MTO: Make-to-order

MTS: Make-to-stock

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Construção

PPGCI: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTO E JUSTIFICATIVA	13
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.3	QUESTÕES DE PESQUISA	19
1.4	OBJETIVOS DA PESQUISA	19
1.5	LIMITAÇÕES.....	19
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2	SLACK	21
2.1	O QUE É SLACK?	21
2.2	UTILIZAÇÃO DE SLACK	25
2.3	TEORIA ORGANIZACIONAL	31
3	ETO (ENGINEER-TO-ORDER)	32
3.1	CONCEITOS BÁSICOS	32
3.2	O PROCESSO DE PROJETO	37
3.3	MODULARIDADE	40
4	MÉTODO	45
4.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	45
4.2	DELINEAMENTO	46
4.3	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	50
4.3.1	Empreendimento A	50
4.4	FONTES DE EVIDÊNCIA	53
4.5	DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO E AVALIAÇÃO DO ARTEFATO	59
4.6	PECULIARIDADES DA ESTRUTURA METÁLICA	60
5	RESULTADOS	61
5.1	SISTEMA DE PRODUÇÃO DA EMPRESA.....	61
5.1.1	Projeto	64
5.1.2	Fabricação.....	66

5.1.3 Montagem	67
5.2 CASO DO HOSPITAL	70
5.2.1 Possibilidade de uso de redundância em projeto	72
5.3 ANÁLISE DA DINÂMICA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO	75
5.3.1 Arquétipos.....	76
5.3.2 Visão geral	80
5.4 RECONHECIMENTO E CLASSIFICAÇÃO DOS SLACKS	83
5.5 OPORTUNIDADES DE MELHORIAS NA FASE DE PROJETO	87
5.6 DISCUSSÕES.....	90
5.7 CONTRIBUIÇÕES TÉORICAS	94
6 CONCLUSÕES	96
6.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	97
REFERÊNCIAS	99

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo se inicia com o contexto e a justificativa do tema proposto, seguido pelo problema de pesquisa, que apresenta a lacuna do conhecimento. Esta discussão leva à definição do escopo da pesquisa, descrito nas as questões de pesquisa e nos objetivos da pesquisa.

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil representa um segmento de grande importância no cenário econômico nacional. No entanto, o setor é tido como atrasado quando comparado com outros setores da indústria, no que diz respeito a sua relevância para a economia nacional. (ALVES et al., 2007). Segundo Koskela (2000), seus problemas já são bastante conhecidos: a produtividade da construção é inferior à da manufatura, a segurança ocupacional é visivelmente pior em relação às demais indústrias, a mão de obra é escassa devido a condições inferiores de trabalho, e a qualidade da construção normalmente é considerada insuficiente. Ainda, a gestão da construção civil apresenta diversos desafios devido à complexidade, incerteza e variabilidade inerentes aos processos (KOSKELA, 1992). Sendo assim, Koskela (1992) criou uma filosofia de gestão que traduz as concepções do Sistema Toyota de Produção para o contexto da construção civil, o qual aborda a ideia de que para uma empresa se tornar mais eficiente é preciso reduzir custos, eliminando desperdícios (OHNO, 1988; SHINGO, 1989). Koskela (1992) argumenta que o desenvolvimento dessa filosofia de produção foi um processo de tentativa e erro, e que só após um certo tempo a comunidade acadêmica procurou entender essas mudanças em um nível teórico. Desde o início dos anos 1990, tem havido muito esforço para usar essas ideias de produção enxuta na indústria da construção. Este esforço foi inicialmente marcado pelo relatório de pesquisa produzido por Koskela (1992), no qual apontou a necessidade de se estabelecer uma fundamentação teórica para a gestão da produção neste setor. A construção enxuta (Lean Construction ou LC) contribui de maneira muito significativa na indústria da construção civil e se apresenta como uma tendência de melhoria dos seus processos produtivos. Além disso, é caracterizada como um fluxo de material e/ou informação, considerando todos os processos, isto é, desde a matéria prima até o produto final (KOSKELA, 2000).

Um dos principais pontos de adaptação das técnicas da produção enxuta é a consideração da complexidade e a natureza dinâmica da construção de obras, aprendendo a gerenciar as incertezas quando se trabalha com produtos únicos e em organizações temporárias. Existem vários tipos de incerteza relevantes para a gestão da produção em projetos de construção (BALLARD; HOWELL, 1998). Howell, Laufer e Ballard (1993) discutiram i) incerteza dos objetivos do projeto e ii) incerteza dos meios para alcançar esses objetivos. Além disso, iii) incerteza quanto ao fluxo de trabalho para unidades de produção dentro do projeto, e iv) incerteza em relação à disponibilidade de recursos trabalhistas, como ferramentas e equipamentos. Entregas de informações, desenhos ou materiais podem passar despercebidos. Trabalho que deve ser concluído antes de começar a executar, pois posteriormente pode não terminar conforme agendado ou prometido.

Tzortzopoulos (1999) afirma que a importância da melhoria na qualidade e no gerenciamento do processo de projeto é enfatizada pela possibilidade de melhorar o desempenho de empreendimentos como um todo, com investimentos relativamente reduzidos. Desse modo, justifica-se que o processo de projeto deve ser melhor planejado e gerenciado para que os efeitos de sua complexidade e da incerteza inerentes ao mesmo possam ser diminuídos. Ademais, é importante destacar que à medida que a qualidade do projeto aumenta, consequentemente apresentando uma maior quantidade de definições e informações, a probabilidade de aumento no percentual de erros de projeto é maior. Isto ocorre devido a omissões de projeto, como falta de detalhamento, que costumam não ser computadas como falhas. Sendo assim, um projeto com baixo nível de detalhamento pode apresentar um baixo percentual de falhas, todavia um grande número de erros de execução resultantes da falta de definições técnicas (TZORTZOPOULOS, 1999).

A cadeia produtiva da construção civil como um todo vem passando por uma série de atualizações nos últimos anos, buscando melhorar a qualidade final do produto gerado (PROGRAMA SETORIAL DA QUALIDADE, 1997). Da mesma forma, o setor de projetos também passa por uma série de mudanças, afinal este é o setor norteador do produto, que define quais estratégias deverão ser adotadas e quais produtos deverão ser desenvolvidos. Assim sendo, segundo a definição do Programa Setorial da Qualidade (1997), o setor de projetos é o elemento chave na qualidade do produto final e na produtividade da obra.

Com base no exposto, a escolha do tema proposto surgiu a partir de um problema prático que se inicia no alto valor da matéria-prima que, no caso estudado, se refere ao aço. A partir desta realidade, há uma constante preocupação por parte da empresa quanto ao valor do produto final que é repassado ao cliente, considerando que este já costuma ser maior em relação aos demais métodos construtivos. Sendo assim, a otimização do peso ocorre desde a fase de orçamentação e é enfatizada na fase de projeto, o que acaba resultando em uma alta customização das peças, pois se busca detalhá-las com as menores dimensões possíveis, de modo que resultem no menor peso admissível. Esta alta customização das peças acaba reduzindo o nível de padronização do sistema de produção e, conseqüentemente, resulta em uma alta demanda do setor de projetos, que desenvolve os projetos de aprovação e de detalhamento com a premissa de considerar o menor peso possível e de repassar os projetos em tempo hábil para a fabricação e montagem das peças.

Em vista disso, observa-se uma grande quantidade de falhas e problemas que se originam na fase de projeto e que acabam sendo observados nas fases subsequentes, de fabricação e montagem. Esta dependência do processo de fabricação e montagem é característica do sistema de produção ETO, que faz referência à estratégia pela qual o projeto, a engenharia e a produção não começam até que um pedido do cliente seja confirmado. Além disso, as empresas ETO não podem prever com precisão a demanda, o pedido de materiais e a produção com antecedência, ou aplicar efetivamente métodos de produção em lote (STEVENSON; HENDRY; KINGSMAN, 2005).

A partir disso, define-se o estudo a ser desenvolvido, que consiste na aplicação do slack – termo ainda pouco utilizado na área da construção civil – na fase de projeto, para contribuir nas fases de fabricação e montagem, buscando um sistema de construção com etapas mais alinhadas e que consiga entregar seus produtos dentro dos custos, do prazo e da qualidade esperada. Para apoiar a aplicação e a compreensão do slack aplica-se neste estudo a dinâmica dos sistemas, que é baseada na análise dos objetivos e na tomada de determinadas decisões que irão afetar a realidade do sistema e, conseqüentemente, gerar efeitos colaterais, podendo estes serem manifestados na forma de problemas ou de soluções imprevisíveis, influenciando novamente na realidade, formando assim um ciclo (KIM, 1992).

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

À medida que a produção enxuta (Lean Production ou LP) se espalhou por vários setores, ela tem sido cada vez mais aplicada nos chamados sistemas sociotécnicos complexos (CSSs), que são conhecidos por suas características tais como um grande número de elementos em interações dinâmicas e variabilidade (PERROW, 1984), a qual é detectada através de estoques excessivos, vistos pela LP como prejudiciais, uma vez que os efeitos das interrupções não são imediatamente visíveis, não havendo, portanto, pressão para controlar suas causas subjacentes (LIKER, 2004). Além disso, a construção enxuta procura reduzir algumas folgas, também chamadas de slacks, principalmente slack de trabalho em progresso, isto é, folgas no fluxo de trabalho, e tempo parecem ser proeminentes, segundo Gonzalez, Alarcon e Gazmuri (2006), considerando a natureza do projeto de construção, em que um grande número de tarefas de projeto e de produção precisam ser sincronizadas em espaço e tempo, ao passo que a demanda por matérias-primas não é tão incerta e variável como na fabricação (SAURIN, 2017). Segundo Fryer (2004) slack significa recursos sobressalentes disponíveis, de qualquer tipo, que podem ser utilizados em momentos de necessidade. Esses recursos não implicam necessariamente em recursos extras ou ociosos, pois podem ser recursos existentes e estritamente necessários que podem ser realocados e usados de maneiras diferentes, conforme necessário (SAURIN, 2017).

De acordo com Saurin e Werle (2017), o slack tem sido bastante aplicado em sistemas sociotécnicos complexos (CSSs), que são conhecidos por serem propensos à variabilidade inesperada, que tende a se propagar rapidamente e de forma não linear, devido a processos fortemente acoplados, ou seja, que acontecem muito rapidamente e que não podem ser desligados, além disso, as partes com falha não podem ser isoladas das demais, já que não há outra maneira de manter a produção em segurança (PERROW, 1984). A partir disso, o slack pode mitigar a variabilidade e proporcionar resiliência aos CSSs, pois oferece recursos para ajuste de desempenho, além da manutenção das funções essenciais do sistema, durante situações esperadas e inesperadas (SAURIN, WERLE, 2017). Ainda, conforme Saurin (2017), o slack não pode ser completamente eliminado de um CSS, por meio da percepção da ciência da complexidade, já que se iguala a um desperdício que não pode ser reduzido abaixo de um determinado limite, dadas as tecnologias conhecidas e disponíveis.

Bourgeois (1981) destaca que o termo “buffer” é mais comumente utilizado do que “slack” em trabalhos sobre gestão da produção. No entanto, alguns autores preferem utilizar “slack” por possuir um significado mais amplo na literatura organizacional relacionado à criação de resiliência e à capacitação de inovação. Ainda, Bourgeois (1981) discute a perspectiva de slack organizacional, sugerindo seus três papéis principais: (i) poupar recursos para evitar rupturas diante de uma onda de atividade; (ii) recursos que permitam que uma organização se ajuste a mudanças em ambientes externos; e (iii) recursos que permitam que uma organização experimente novos produtos ou inovações na gestão.

Em relação às estratégias de desenvolvimento de slack apresentadas por Formoso et al. (2021), elas podem ser classificadas em duas categorias principais, sendo elas: redundância e flexibilidade. A redundância implica excesso, ou seja, recursos adicionais que são disponibilizados, como pessoas, materiais, equipamentos e informações (SAURIN; WERLE, 2017). A flexibilidade tem sido definida como a capacidade de uma organização de implantar e redistribuir seus recursos de forma eficaz em resposta às mudanças nas condições ambientais e internas (GERWIN, 1993). Outra categoria de estratégia, proposta por Saurin e Werle (2017), é denominada margem de manobra, que se preocupa com o grau de liberdade de agir, permitindo que recursos/pessoas sejam reordenados às condições necessárias. A margem de manobra representa uma combinação de redundância e flexibilidade, com base na autonomia de indivíduos ou grupos de pessoas.

O estudo em questão foi aplicado no contexto de uma empresa Engineer-to-order (ETO), que se refere ao sistema de produção em que o projeto, a fabricação e a montagem não começam até que um pedido do cliente seja confirmado. Assim sendo, as empresas ETO não conseguem prever a demanda, o pedido de materiais e a produção de forma precisa, resultando em ambientes complexos, que convivem com altas incertezas. Portanto, a aplicação do estudo no contexto apresentado busca utilizar o slack para lidar com a variabilidade do processo. Por isso, é de suma importância que haja um claro entendimento do seu sistema de produção, que pode ser definido como aquele em que o ponto de desacoplamento do pedido do cliente (CODP) está localizado na fase de projeto, ou seja, o pedido do cliente é entregue no início da fase de projeto de um produto (GOSLING; NAIM, 2009). Wortmann, Muntslag e Timmermans (1997 apud TOMMELEIN; BALLARD; KAMINSKY, 2008) diferenciam a produção que requer um pedido para partir (ETO) daquelas que produzem para um estoque, ou seja, a produção sob encomenda (MTO) e a produção para estoque (MTS), respectivamente.

A escolha do tema proposto surgiu a partir de uma análise dos problemas do mundo real no que diz respeito à gestão na indústria da construção civil, em que foi possível observar uma dificuldade das empresas apresentarem um processo bem estruturado, desde a fase de projetos até a fase de execução, acarretando, na maioria das vezes, em prazos mais longos do que os previstos, custos maiores do que os orçados e em uma qualidade mais baixa do produto final. Somado a isso, observou-se a falta de aproveitamento de recursos já disponíveis nas obras, além da dificuldade de detalhamento na fase de projetos, a qual acaba influenciando todas as demais fases.

Essa investigação implica um problema com importância prática e relevância teórica, prevendo contribuições para o mundo real e também para a literatura sobre a abordagem do slack e conceitos relacionados. Posto isso, destaca-se como um conceito relevante os sistemas sociotécnicos complexos (CSSs), que são conhecidos por serem propensos à variabilidade inesperada e por definirem seus ambientes como de alta incerteza e complexidade. Estas características são encontradas nos sistemas de produção ETO, que englobam desde a etapa de projeto até a etapa de execução do pedido do cliente, resultando em uma propagação da variabilidade no processo, que é influenciada por diversas variáveis, manifestadas tanto na fase de projeto, quanto nas fases de fabricação e montagem. Por conseguinte, evidencia-se a importância de aplicar o slack, aliado a conceitos de gestão de projetos, na primeira etapa do sistema de produção, ou seja, na fase de projeto, para que se consiga mitigar a variabilidade de todo o processo e proporcionar resiliência a este sistema, procurando contribuir para um melhor desempenho das etapas seguintes.

A partir do exposto, o presente estudo está inserido no contexto apresentado e tem como propósito contribuir para a compreensão e aplicação de slack, com ênfase na fase de projetos de sistemas sociotécnicos complexos em empresas ETO. Assim sendo, espera-se que haja uma melhoria no processo, permitindo uma melhor utilização das linhas de produção da fábrica, evitando erros, e facilitando a fase de montagem. Para desenvolver este estudo, utiliza-se de um importante referencial teórico para conectar os conceitos de slack com os sistemas de produção ETO, além de apoiar a análise dos resultados e identificar as possíveis contribuições teóricas acerca do assunto.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

Com base no problema de pesquisa, foi definida a questão principal de pesquisa:

Como o uso de slack na fase de projeto pode contribuir para as etapas de fabricação e montagem em sistemas ETO?

Como desdobramento da questão principal, foi definida a questão secundária:

- Como aplicar conceitos Lean aliados ao uso de slack?

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

Objetivo geral da pesquisa:

Compreender e aplicar o slack através da dinâmica do sistema de produção.

Objetivos específicos da pesquisa:

- Propor oportunidades de melhorias para contribuir para a compreensão e aplicação do slack, enfatizando na fase de projeto em empresas ETO.
- Reconhecer e classificar os diferentes tipos de slack para a fase de projeto em sistemas ETO.

1.5 LIMITAÇÕES

Esta pesquisa é limitada pelo estudo empírico na empresa A, que atua no mercado nacional e internacional em projetos, fabricação e montagem de estruturas metálicas para os mais diversos tipos de empreendimentos. O presente estudo foi desenvolvido em um contexto específico, portanto, poderá ser necessário adaptar os resultados a outros sistemas ETO.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo traz a introdução e seus respectivos subcapítulos: contexto e justificativa, problema, questões e objetivos da pesquisa, delimitação e estrutura do trabalho. Os dois capítulos seguintes se referem à revisão de literatura, onde o primeiro trata sobre slack e o segundo sobre ETO (Engineer-To-Order). O

quarto capítulo traz o método de pesquisa, apresentado através dos seguintes itens: estratégia da pesquisa, delineamento, estudo empírico, fontes de evidência, desenvolvimento da solução ou artefato e cronograma de atividades. Por fim, o quinto capítulo traz os resultados obtidos ao longo de todas as atividades realizadas.

2 SLACK

Este capítulo explora as características e aplicações do slack. Está dividido em três seções, em que a seção 2.1 caracteriza o termo slack, enquanto a seção 2.2 aborda a utilização de slack, principalmente em sistemas sociotécnicos complexos, e a seção 2.3 apresenta a teoria organizacional.

2.1 O QUE É SLACK?

Os recursos de slack não implicam necessariamente em recursos extras ou ociosos, pois podem ser recursos existentes e estritamente necessários que podem ser realocados e usados de maneiras diferentes, conforme necessário (SAURIN, 2017). Em outras palavras, slack refere-se a um buffer de reais ou potenciais recursos que uma empresa pode utilizar para desviar ou redistribuir a fim de alcançar objetivos organizacionais (BOURGEOIS, 1981). Esta interpretação vai ao encontro da ideia de que o slack pode assumir diferentes formas, dependendo da natureza dos recursos subjacentes (VOSS; ROTH; CHASE, 2008). Ainda, Bourgeois (1981) aponta quatro razões para possuir slack: (i) incentivo para atrair participantes organizacionais e manter sua parceria; (ii) resolução de conflito, principalmente devido à incoerência de meta da racionalidade local; (iii) buffer no processo de fluxo de trabalho (denominado buffer técnico); e (iv) facilitador do comportamento estratégico, que inclui iniciativas de melhoria e inovação.

Saurin e Werle (2017) propõem nove categorizações a fim de oferecer uma visão geral de importantes aspectos do slack, sendo elas: origem, natureza dos recursos, disponibilidade, estratégia de desenvolvimento, visibilidade, efeitos colaterais, durabilidade, escopo e requisitos gerais. Quanto à origem do slack, o mesmo pode ser projetado, o que geralmente ocorre em sistemas fortemente acoplados, ou oportunista, que geralmente ocorre em sistemas fracamente acoplados, nos quais o slack costuma ser intrínseco à sua natureza (SAURIN; WERLE, 2017). De acordo com Righi e Saurin (2015), slack projetado refere-se a recursos sobressalentes cuja quantidade, local de armazenamento e natureza são padronizados e resultam de decisões tomadas por grupos de indivíduos. Por sua vez, o slack oportunista intencional refere-se a iniciativas isoladas e informais da equipe em momentos de necessidade (RIGHI; SAURIN, 2015). No que diz respeito à natureza dos recursos, qualquer recurso físico ou virtual pode servir como slack em um determinado contexto, embora os recursos normalmente considerados

sejam tempo, pessoas, materiais, espaço e dinheiro (SAURIN; WERLE, 2017). Ainda, segundo Lawson (2001) o slack pode estar imediatamente disponível ou não. Conforme Sharfman et al. (1998) a disponibilidade é mais fácil se o slack estiver perto do ponto de uso, descentralizado e os usuários possuírem autonomia para implantar os recursos.

Quanto à visibilidade do slack, o seu status deve ser, na maioria das vezes, fácil e rapidamente visível no local de trabalho, a fim de apoiar os ajustes de desempenho desencadeados pela escassez de recursos (RIGHI; SAURIN, 2015). Já no que diz respeito aos seus efeitos indesejados, estes dependem da técnica e do contexto organizacional em que o slack é introduzido, uma vez que este tem um impacto na natureza das interações (RIGHI; SAURIN, 2015). Ainda, segundo Saurin e Werle (2017), a durabilidade se refere ao tempo em que o slack mantém as suas propriedades, mesmo se não for implantado, e com que frequência ele precisa ser substituído.

Outra categorização importante do slack apontada por Saurin e Werle (2017) é o escopo, o qual se refere à amplitude de fontes de variabilidade com as quais um recurso de slack pode corresponder, ou seja, quanto mais fontes de variabilidade puderem ser combinadas, mais geral é considerado o slack. Por fim, os requisitos legais dizem respeito a vários recursos de slack que são exigidos por regulamentos obrigatórios e que podem incluir especificações técnicas e de gestão relacionadas com as categorias mencionadas anteriormente (SAURIN; WERLE, 2017).

Foram identificadas cinco estratégias de desenvolvimento do slack, sendo redundância a primeira delas. Esta é definida por Nonaka (1990) como uma condição em que alguns tipos de recursos são fornecidos além do mínimo necessário para desempenhar uma função específica, ou quando mais de um recurso desempenha uma função exigida (AZADEH; KOLAEI; SALEHI, 2016). Ainda, a redundância implica excesso, ou seja, recursos adicionais que são disponibilizados, como pessoas, materiais, equipamentos e informações. A segunda estratégia para implantação de slack é através do projeto do trabalho em progresso (WIP), que se refere à criação de filas entre estações de trabalho (SAURIN; WERLE, 2017). A quantidade de trabalho em progresso é normalmente uma função da estabilidade dos processos, ou seja, quanto mais instável, maior será o trabalho em progresso. Segundo Saurin e Werle (2017), a terceira

estratégia se refere à margem de manobra, que se preocupa com o grau de liberdade de agir, permitindo que recursos/pessoas sejam reordenados às condições necessárias (SAURIN; WERLE, 2017). No entanto, a margem de manobra representa uma combinação de redundância e flexibilidade, com base na autonomia de indivíduos ou grupos de pessoas (SAURIN; WERLE, 2017). A quarta estratégia é o slack conceitual ou diversidade cognitiva, que faz referência a uma divergência nas perspectivas analíticas entre os membros de uma organização. A quinta estratégia é a folga de controle, o que implica graus individuais de liberdade na atividade organizacional, com algum intervalo de ação individual não restringida por estruturas formais de coordenação ou comando (SAURIN; WERLE, 2017).

Já Formoso et al. (2021) afirma que as estratégias do slack podem ser classificadas em duas categorias principais: redundância e flexibilidade. Redundância implica excesso, ou seja, recursos adicionais que são disponibilizados. Diferentes formas de redundância podem ser usadas, incluindo backup por meio de duplicação e procedimentos redundantes (SAURIN; WERLE, 2017) ou funções (ROBERTS, 1990). Hoepfer, Saleh e Marais (2009) sugeriram duas categorias de redundâncias: (i) standby, quando os recursos não estão carregados nem operacionais; e (ii) ativo, quando o indivíduo que desempenha uma função redundante está envolvido na tarefa em questão e, portanto, está plenamente operacional. Quanto à flexibilidade, está relacionada ao fato de que vários recursos podem ser utilizados de diferentes maneiras, por exemplo, trabalhadores polivalentes e equipamentos polivalentes. No caso dos recursos humanos, o conceito de adaptabilidade tem sido utilizado para explicar a capacidade dos atores humanos de mudarem por auto-organização, geralmente com o objetivo de serem resilientes em resposta a estímulos internos ou externos (WALKER et al., 2004). Pulakos et al. (2000) afirmam que esta é uma função da porção social do sistema, preocupando-se com a facilidade com que os trabalhadores se ajustam e lidam com a natureza imprevisível das situações, com que eficiência e facilidade eles podem mudar sua orientação ou foco quando necessário, e para que tomem ações razoáveis.

A partir do exposto, observa-se que o slack pode assumir várias formas, tais como: equipamentos redundantes, trabalhadores treinados, espaço subutilizado, excesso de mão de obra e maquinário, e generosas margens de tempo para a conclusão da tarefa (SAURIN et al., 2013). Sendo assim, segundo Saurin et al. (2021), é possível encontrar exemplos de diferentes formas do slack no cotidiano, como é o caso da realocação de trabalhadores entre equipes e turnos para atender às metas de produção diária na construção de um terminal aeroportuário,

em que a conclusão de determinada fase de construção fora do prazo estava sujeita à penalidade contratual. Outro exemplo é a execução de projetos alternativos, considerando diferentes tipos de solo, para a fundação de torres de transmissão de energia elétrica, por conta do projeto padrão das fundações não ser aplicável, devido à heterogeneidade do solo e às pesquisas limitadas a seu respeito. Ainda, diferente dos exemplos descritos, a utilização de alas regulares de internação que podem ser adaptadas para tratamento intensivo, é um exemplo da utilização de recursos de espaço e equipamentos em situações em que são necessários leitos extras para terapia intensiva, como ocorreu com os picos de demanda durante a pandemia de COVID-19 (SAURIN et al., 2021).

Logo, o papel do slack é essencial onde os acidentes podem ser catastróficos e, portanto, especialmente nessas situações, a gestão não deveria ser tão focada em pequenos ganhos de eficiência, já que isso pode empurrar o sistema em direção a um estado de segurança crítico (DEKKER, 2011). A escolha do tipo certo e da quantidade de slack é limitada pelas particularidades de cada domínio. Por exemplo, enquanto o projeto de buffers de tempo é uma estratégia bastante comum e eficaz na gestão de projetos (BERTELSEN; KOSKELA, 2005), a mesma abordagem é muito difícil, e muitas vezes tecnicamente impossível, em alguns processos de indústrias (HOLLNAGEL; WOODS, 2005). De fato, o slack tem a possibilidade de tornar os sistemas mais fracamente acoplados, uma vez que isso pode absorver os impactos das variabilidades esperadas e inesperadas, concedendo tempo e outros recursos que podem colaborar com o ajuste de desempenho, o qual é considerado a característica central dos sistemas resilientes (SAURIN, 2015).

Segundo Formoso et al. (2021), o slack é necessário por duas razões principais. Uma destas razões é possuir recursos para atender demandas ou realizar ações em nível estratégico, por exemplo, inovação e estabelecimento de acordos, do ponto de vista organizacional (BOURGEOIS, 1981). A outra razão, pelo ponto de vista do sistema produtivo, se relaciona à realidade de que muitos projetos devem ser considerados como CSSs, especialmente na construção civil (FORMOSO et al., 2021).

2.2 UTILIZAÇÃO DE SLACK

Segundo Rasmussen (1997), devido ao slack, os agentes em um CSS podem perceber que estão consumindo margens de segurança e recuperar o controle antes da ocorrência de perdas irreversíveis. Assim, a visibilidade do status dos recursos de slack é essencial para apoiar o seu gerenciamento (SAURIN, 2017). Além disso, Dekker (2011) aponta que a escassez de recursos é uma tendência natural nos CSSs, devido aos contínuos ajustes de desempenho por múltiplos agentes, em melhor desempenho.

Saurin (2017) afirma que a teoria e a prática do LP normalmente se referem explicitamente ao slack apenas em termos de tempo e pedidos de materiais. Independentemente da ênfase diferente de cada estudo realizado sobre os princípios básicos do LP, há um consenso de que o LP é caracterizado essencialmente como um conjunto de princípios de gestão, que não podem ser facilmente copiados de Toyota (SPEAR; BOWEN, 1999), considerando que seus fundamentos são: eliminação de resíduos, melhorias contínuas, estreita colaboração dentro da empresa e em toda a cadeia de suprimentos, foco no cliente, e processos estáveis e padronizados, integrados em um sistema de produção (WOMACK; JONES; ROSS, 1990; LIKER, 2004).

Quanto ao tempo, o slack encontra-se normalmente embutido no cálculo de eficiência do processo, o qual é sempre inferior a 100% devido aos desperdícios inevitáveis e às paradas de trabalho obrigatórias, como é o caso dos intervalos para as refeições. Quanto aos estoques, a prática de projetar estoques de segurança e trabalho em progresso pode ser considerada como um slack. (SMALLEY, 2004).

De acordo com Liker (2004), o estoque excessivo é entendido pela LP como prejudicial, considerando que os efeitos das interrupções não costumam ser imediatamente visíveis, fazendo com que não haja pressão para controlar suas causas implícitas. Portanto, o estoque excessivo acaba sendo um grande princípio para detectar a variabilidade (SAURIN, 2017).

Na construção enxuta, as preocupações mais relevantes quanto ao slack são as de trabalho em progresso e tempo (GONZALEZ; ALARCON; GAZMURI, 2006). Isso pode ocorrer, segundo Saurin (2017) devido à natureza de projeto da construção, a qual um vasto número de tarefas de projeto e produção necessitam ser sincronizadas em um espaço de tempo, enquanto que a demanda por matéria-prima não é tão incerta e variável como na manufatura. Além disso, o

trabalho em progresso é reconhecido por Saurin e Werle (2017) como uma categoria de estratégia de slack, embora também possa ser considerado um caso particular de redundância. Este é um tipo de slack bastante utilizado em projetos de construção. De uma perspectiva, é considerado um apanhado de produtos inacabados ou, de maneira alternativa, uma carteira de locais de trabalho disponíveis, os quais muitas vezes são utilizados como um mecanismo para fazer frente à falta de confiabilidade dos fluxos (VIANA, 2015).

Além do exposto, de acordo com Nohria e Gulati (1996) o slack é definido como a quantidade de recursos em uma organização que está em excesso do mínimo necessário para produzir um determinado nível de produção organizacional. Porém, Saurin (2015) alega que esta definição se aplica melhor para o slack formado por recursos que podem ser facilmente quantificados, como no caso de estoques de materiais, dinheiro e equipamentos. Enquanto que para outros recursos, como graus de liberdade dos funcionários em relação a trabalho padronizado, e diversidade cognitiva, a definição do que conta como o “mínimo necessário” é considerada mais imprecisa (SAURIN, 2015).

Singh (1986) distingue slack de absorvido e de não absorvido. O slack absorvido existe na empresa como excesso de custos, como capacidade não utilizada e funcionários qualificados (GREVE, 2003; VOSS; ROTH; CHASE, 2008). Ao contrário do slack absorvido, as empresas podem facilmente redistribuir slack não absorvido e se comprometer a usá-lo. Exemplos de slack não absorvido incluem o nível de caixa disponível, ativos líquidos, fundos de reserva ou lucros retidos (TAN, PENG; 2003). Portanto, Huang e Li (2011) salientam a importância e efetividade da aprendizagem em equipe para melhorar o desempenho de projeto em diferentes níveis destes recursos de slack absorvidos e não absorvidos. Isto é, quando os membros da equipe de projeto adquirem novos conhecimentos e habilidades, eles podem necessitar de recursos de slack apropriados para resolução de conflitos e podem ser empregados como amortecedores para isolar o núcleo técnico da organização da turbulência ambiental, e assim, aumentar o seu desempenho (TAN; PENG, 2003). Alguns slacks absorvidos, como excesso de capacidade, instalações subutilizadas e tempo do empregado para o desenvolvimento de inovações, dão aos indivíduos recursos suficientes para o pensamento criativo e para a aprendizagem (GREVE, 2003; HAAS, 2006). No entanto, Galbraith (1973) reconhece que os recursos de slack representam um custo adicional para a organização e que um nível excessivo

de slack é insustentável. Assim, pesquisadores indicam a aplicação do slack como um incentivo para assumir riscos e experimentar novas estratégias (GEORGE, 2005; TAN; PENG, 2003; YANG; WANG; CHENG, 2009), além de ser considerado especialmente importante por permitir que a empresa “agente firme” em um ambiente turbulento (SHARFMAN; WOLF; CHASE, 1988).

Portanto, a presença de recursos de slack protege as empresas de um potencial esgotamento e de riscos associados à experimentação (VOSS; ROTH; CHASE, 2008; YANG; WANG; CHENG, 2009), além de conceder a margem de manobra na gestão de mudanças em resposta a um ambiente (CYERT; MARCH, 1963). Finalmente, o slack pode facilitar o comportamento estratégico, o que possibilita à empresa experimentar novas estratégias, como a introdução de novos produtos e a entrada em novos mercados (TAN; PENG, 2003). Segundo Guo et al. (2017), estes recursos dependem das decisões estratégicas das empresas para serem utilizados de forma eficaz.

Ainda, segundo George (2005) e Nohria e Gulati (1996), o slack adequado ou excessivo fornece a flexibilidade para alocar recursos de forma consistente para projetos inovadores, facilitando assim atividades de aprendizagem que levam a um desempenho favorável do projeto. Por outro lado, segundo Ferrier (2001) a falta de recursos de slack pode inibir a capacidade dos membros da equipe para mobilizar os recursos necessários e, assim, impedem a sua propensão de aprendizagem para a realização do projeto de metas. De acordo com o exposto, os recursos de slack podem desempenhar um papel moderador na relação entre aprendizagem em equipe e atuação no projeto (HUANG; LI, 2011). Além disso, Moreno, Fernandez e Montes (2009) afirmam que as organizações podem desenvolver vantagens através da combinação e fusão sinérgica de vários recursos da empresa, sendo estes os recursos de slack e capacidades da organização, incluindo a gestão da qualidade e a aprendizagem organizacional.

Apesar de o slack organizacional ter recebido considerável atenção da pesquisa, as suas classificações diferem devido a diferentes premissas e perspectivas (CHENG; KESNER, 1997). Nohria e Gulati (1996) consideram o slack organizacional um dos conceitos mais importantes da teoria organizacional, devido ao seu impacto em fenômenos organizacionais, tais como: eficiência, conflitos e inovação. Litschert e Bonham (1978) propuseram que o slack organizacional pode minimizar os efeitos negativos das inconsistências entre ambiente e estrutura, reduzindo assim a necessidade de reestruturação organizacional. Finalmente, March

e Simon (1958) consideraram as empresas como coleções de coalizões, cada uma com objetivos e interesses diferentes, em que, segundo Cyert e March (1963) o slack organizacional é frequentemente considerado como uma “moeda de barganha” usada pelos gerentes para coordenar os interesses e objetivos da coalizão e induzir coalizões a perseguir objetivos comuns. Conseqüentemente, conforme o slack aumenta, as empresas se tornam mais capazes de atingir seus objetivos e adquirir poder de barganha para manter as coalizões existentes (CYERT; MARCH, 1963). Bourgeois e Singh (1983) aplicaram o conceito de “facilidade de recuperação” para classificar slack organizacional em três categorias: slack disponível, recuperável e potencial. Essas três classificações são amplamente aceitas na literatura devido à sua conveniência e objetividade. Além disso, Sharfman et al. (1988) adotou o nível de discricção necessária para classificar slack, como mais discricção (por exemplo, dinheiro) para menos discricção (por exemplo, capacidade da máquina). As medidas adotadas por diferentes estudos aparentemente se distinguem, mas são essencialmente semelhantes e enfatizam a dimensão da “facilidade de recuperação” (MISHINA; POLLOCK; PORAC, 2004).

Por outro lado, os opositores do slack organizacional argumentam que o excesso de recursos induz os gerentes a agir em seu próprio interesse, causando problemas de agência que podem comprometer o desempenho (FAMA, 1980). Os teóricos da agência caracterizam o slack como recursos que são “usados indevidamente”, particularmente em situações em que as tarefas gerenciais são difíceis de monitorar e controlar. Os gerentes muitas vezes acumulam recursos desnecessários em busca de seus próprios objetivos ou interesses, como poder, prestígio e ganho financeiro que podem não estar alinhados com a visão da empresa (DAVIS; STOUT, 1992). Essa visão sugere essencialmente a eliminação total do slack, já que o slack ideal é possivelmente zero (LOVE; NOHRIA, 2005). Além disso, a teoria da restrição de recursos propõe que as empresas com menos recursos tendem a utilizar seus recursos mais eficientemente (BAKER; NELSON, 2005). Essa teoria assume que os gerentes são compelidos a alterar seu comportamento para melhorar a eficácia e a eficiência da coleta de recursos e despesas, melhorando assim o desempenho. Conseqüentemente, neste caso, os recursos de slack sempre serão considerados indesejáveis (CHIU; LIAW, 1980).

Portanto, segundo Herold, Jayaraman e Narayanaswamy (2006), o slack tem sido visto tanto como a criação de oportunidades de financiamento para a inovação, quanto como um incentivo

ao desperdício e a gastos indisciplinados que prejudicam os resultados da inovação. Assim sendo, para conciliar essas posições, Bourgeois (1981) supôs uma relação curvilínea entre slack e “sucesso” organizacional em geral. Ao mesmo tempo, a partir de evidências empíricas para apoiar a relação entre slack e inovação em particular, pesquisadores sugerem que muito pouco slack pode inibir a experimentação levando à inovação, enquanto muito slack pode levar a retornos decrescentes, como consequência de gastos indisciplinados e supervisão imprópria da inovação de projetos (NOHRIA; GULATI, 1996; GEIGER; CASHEN, 2002).

O pensamento sobre slack organizacional e inovação paralela diz respeito ao slack e ao desempenho organizacional, em geral. Ao examinar se o slack facilitará ou inibirá a inovação, Nohria e Gulati (1996) propuseram que a aparente contradição entre aqueles que dizem que o slack incentiva a exploração e aqueles que dizem que gera ineficiência pode ser reconciliado se o relacionamento for visto como não linear. Em primeiro lugar, há um consenso geral de que o slack promove a experimentação ou gastos em vários projetos. A única diferença entre os campos "pró-" e "anti-slack" são sua opinião sobre se os recursos serão ou não gastos sabiamente. Em segundo lugar, o número de novas iniciativas aumenta logicamente com o aumento do slack, embora os resultados de tais iniciativas podem refletir retornos decrescentes. Terceiro, há evidências de diminuição da disciplina sobre seleção, apoio e término oportuno de projetos com aumento de slack (NOHRIA; GULATI, 1996). Embora se expresse sua reconciliação dessas explicações concorrentes em termos de slack tendo uma "influência não linear na inovação", sugerindo que "há um nível intermediário de slack em qualquer ambiente organizacional que seja ideal para inovação", a hipótese que se testa é para um caso especial de curvilinearidade, especificamente, que a relação é inversa em forma de U, não apenas para retornos marginais decrescentes, mas também retornos totais decrescentes além de um certo ponto (NOHRIA; GULATI, 1996).

No que diz respeito ao slack operacional, este consiste em excessos temporais, trabalhistas ou físicos no processo de produção da empresa, como exemplo: manter a capacidade excedente de produção, mão de obra ociosa ou recursos físicos, como estoque, são formas comuns pelas quais as empresas realizam excesso de recursos para mitigar potenciais instabilidades (HENDRICKS; SINGHAL; ZHANG, 2009). Em qualquer uma dessas formas, o slack operacional permite adicionar “graus de liberdade” para remediar rapidamente uma série de prováveis interrupções. Para reduzir o risco destas interrupções, segundo Azadegan, Patel e Parida (2013) é particularmente importante considerar duas perspectivas: idade da empresa e incerteza

ambiental. Do ponto de vista da idade da empresa, as disrupções desafiam a sobrevivência de uma empresa durante seus estágios iniciais do ciclo de vida. Já em comparação com empresas maiores e mais antigas, as responsabilidades que surgem na novidade e pequenez tornam os novos empreendimentos mais suscetíveis a distúrbios externos (AZADEGAN; PATEL; PARIDA, 2013). Em relação à incerteza ambiental, quando uma empresa está exposta a esta condição, a sua operação bem-sucedida em ambientes dinâmicos, complexos ou hostis exige não apenas proteger o empreendimento contra os perigos do meio ambiente, mas também destaca a necessidade de uma seleção cuidadosa e utilização de recursos (AZADEGAN; PATEL; PARIDA, 2013).

Segundo Wan e Yiu (2009) o slack operacional pode não apenas ser útil no processo de produção do empreendimento, como também pode ser facilmente redistribuído para enfrentar uma série de ameaças ambientais imprevistas. Ainda afirma que parte do segredo para o sucesso na sobrevivência sob a incerteza é capitalizar em circunstâncias favoráveis (WAN; YIU, 2009). Portanto, o slack operacional pode auxiliar o empreendimento na preparação para novas oportunidades, de modo a reduzir as chances de falha (HAVEMAN, 1992). Em suma, conforme Shepherd, Douglas e Shanley (2000), o slack operacional se encaixa nas características do que é rotulado na pesquisa de risco como “estratégias de redução de riscos”, que ajudam a limitar os riscos negativos enfrentados pelo empreendimento.

Ademais, Azadegan, Patel e Parida (2013) investigaram o papel do slack operacional na sobrevivência de empreendimentos sob aumento do dinamismo, complexidade e diminuição da munificência, inferindo que a versatilidade e rapidez na redistribuição oferecida pelo slack operacional permite que um empreendimento seja resistente a ameaças e aumente as oportunidades em seu ambiente de maneira mais rápida, mais eficaz e com mais autossuficiência, reduzindo assim a probabilidade de falha do empreendimento. Os resultados empíricos confirmam que o slack operacional, nas formas de reserva da capacidade de produção, excesso de mão de obra ou estoque disponível, aumenta a sobrevivência do empreendimento ao operar sob esses contextos difíceis (AZADEGAN; PATEL; PARIDA, 2013).

2.3 TEORIA ORGANIZACIONAL

A teoria organizacional pressupõe que um baixo nível de slack organizacional está positivamente relacionado ao desempenho da empresa (TAN; PENG, 2003). As empresas podem implantar recursos de slack para explorar novas oportunidades e desenvolver novos produtos, o que pode levar a um melhor desempenho. Ao mesmo tempo, os problemas de agência não são salientes porque um nível relativamente baixo de slack deixa poucos recursos extras para os gerentes abusarem. Sob estas condições, um alto nível de planejamento estratégico pode ajudar as empresas a traduzir novas oportunidades para aumentar o seu desempenho, fornecendo detalhes e táticas (MOORMAN; MINER, 1998).

O planejamento estratégico também permite que as empresas explorem os recursos de slack com mais eficiência, pois efetivamente controla e implementa ações (MENON et al., 1999) e leva a mais racionalidade nos processos de decisão (SALOMO; WEISE; GEMÜNDEN, 2007). Assim sendo, de acordo com Miller e Cardinal (1994), o aumento da taxa de sucesso pode compensar qualquer barreira que o planejamento estratégico possa colocar nas empresas inovadoras. De fato, alguns estudos mostraram que, embora o planejamento estratégico afete negativamente a atividade inovadora, afeta positivamente a lucratividade das empresas médias (AREND et al., 2017). Em outras palavras, a curva de benefícios da relação slack–desempenho pode ser mais acentuada quando há um nível mais alto de planejamento estratégico. Assim, propõe-se que em baixos níveis de slack organizacional, a relação positiva entre slack organizacional e o desempenho da empresa é, em geral, mais forte para empresas com níveis mais altos de planejamento estratégico, enquanto que em altos níveis de slack organizacional, a relação negativa entre slack organizacional e o desempenho é, em geral, mais fraca para empresas com níveis mais altos de planejamento estratégico (GUO et al., 2020).

3 ETO (ENGINEER-TO-ORDER)

Este capítulo explora o sistema de produção ETO (Engineer-to-order) e está dividido em três seções. A seção 3.1 aborda os conceitos básicos deste tipo de sistema, a seção 3.2 trata do processo de projeto e, por fim, a seção 3.3 aborda a modularidade, considerada de grande relevância para este sistema de produção.

3.1 CONCEITOS BÁSICOS

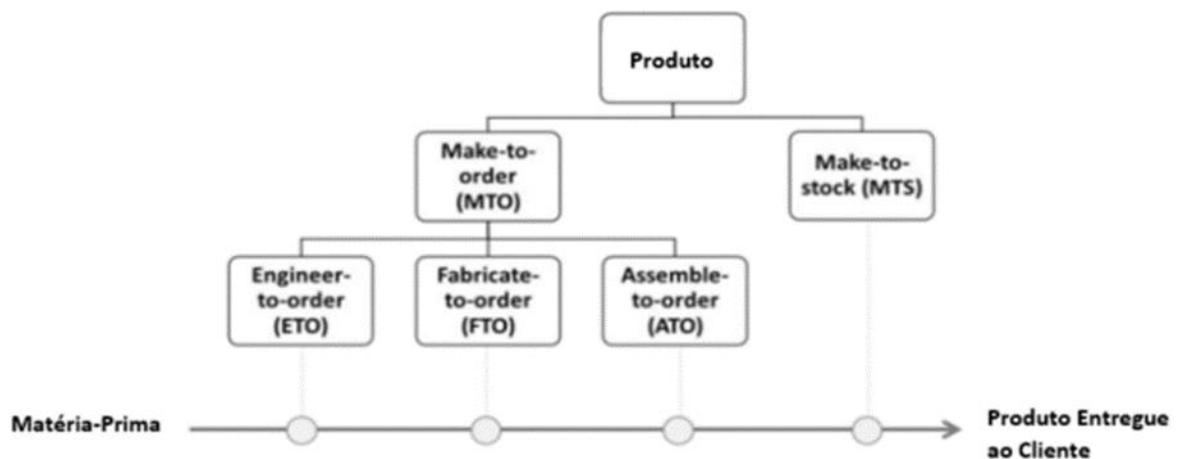
ETO refere-se à estratégia pela qual o projeto, a engenharia e a produção não começam até que um pedido do cliente seja confirmado. Em termos das características de produto-processo deste tipo de ambiente, os produtos são itens específicos do cliente, altamente personalizados, produzidos em pequenos volumes (muitas vezes únicos), e os processos são tipicamente não repetitivos, mas intensivos em mão de obra, muitas vezes exigindo mão de obra altamente qualificada (STEVENSON; HENDRY; KINGSMAN, 2005). Como tal, as empresas ETO não podem prever com precisão a demanda, o pedido de materiais e a produção com antecedência, ou aplicar efetivamente métodos de produção em lote (STEVENSON; HENDRY; KINGSMAN, 2005).

O CODP anterior significa que um maior grau de personalização pode ser oferecido em um ambiente ETO, embora ao custo de prazos de entrega mais longos e maior incerteza, sendo esta enfrentada pelos fabricantes de ETO em várias dimensões, incluindo incerteza na especificação e na diversidade de produtos, na especificação do processo e no volume (DVIR; LECHLER, 2004). Segundo Powell et al. (2014), devido à extensão da incerteza vivida pelos fabricantes de ETO, o planejamento e o controle se tornam mais complexos e difíceis para essas empresas, assim como a busca do ideal enxuto. Isso é particularmente verdadeiro quando consideramos o conceito de incerteza em termos de Lean, onde o sucesso do Lean no sentido tradicional foi construído sobre a eliminação da incerteza e variação através do nivelamento da demanda e da produção (POWELL et al., 2014). Na verdade, é esse foco no nivelamento que foi criticado por tornar o Lean muito inflexível e não aplicável em mercados mais voláteis (POWELL et al., 2014).

Em termos gerais, planejar e controlar a produção e gerenciar a capacidade depende da posição do ponto de desacoplamento do pedido do cliente (CODP) (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993; OLHAGER; RUDBERG; WIKNER, 2001). As configurações de CODP influenciam a quantidade de trabalho que as empresas realizam antes (ou seja, atividades orientadas por previsões) e após (ou seja, atividades orientadas a pedidos do cliente) o recebimento de solicitações do cliente (GIESBERTS; TANG, 1992; HOEKSTRA; ROMME, 1992).

Os produtos MTS são normalmente aqueles considerados repetitivos e que podem ser produzidos em massa (TOMMELEIN; BALLARD; KAMINSKY, 2008), possibilitando que os clientes encontrem esses produtos mais facilmente. Já os produtos MTO, conforme Wortmann, Muntslag e Timmermans (1997 apud TOMMELEIN; BALLARD; KAMINSKY, 2008), podem ser divididos em três principais subcategorias, conforme demonstra a Figura 1, sendo elas: Engineered-to-order (ETO), quando os produtos são projetados de acordo com a demanda do cliente; Fabricated-to-order (FTO), quando o projeto está pronto e todo o processo de fabricação é realizado após a conclusão do pedido; e Assembled-to-order (ATO), quando apenas a montagem final do produto segue um pedido do cliente.

Figura 1 - Classificação dos sistemas de produção



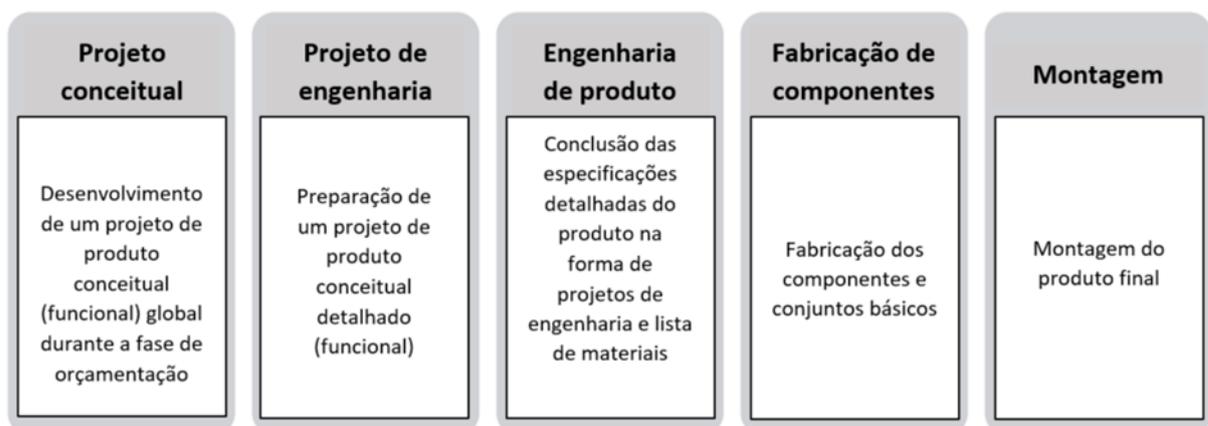
Fonte: adaptado de Tommelein, Ballard e Kaminsky (2008)

As configurações genéricas de desacoplamento de produção referem-se às atividades de produção iniciais após a entrada dos pedidos do cliente: compra de matérias-primas, produção de componentes e subconjuntos, usando alguns componentes em estoque e fazendo ou comprando os componentes personalizados para finalizar a montagem, montagem final usando

componentes e submontagem em estoque, e entrega de produtos acabados do estoque (CANNAS; GOSLING; ROSSI, 2019).

Como um processo em que o desenvolvimento do projeto faz parte do processo de produção, os sistemas de produção ETO são divididos por Bertrand e Muntslag (1993) em quatro fases de produção genéricas: projeto conceitual, projeto de engenharia, fabricação de componentes e montagem, conforme mostra a Figura 2, que adapta a divisão e inclui a engenharia de produto. Ainda, Bertrand e Muntslag (1993) distinguem o controle do fluxo de mercadorias (GFC) e o controle da unidade de produção (PUC), em que o primeiro se refere ao controle do produto no decorrer das fases de produção, enquanto o último se concentra no controle dos diferentes projetos dentro de uma unidade de produção (PU). Uma PU é definida como um agrupamento organizacional de recursos organizados internamente com o objetivo de fazer com que as operações possam ser realizadas de maneira independente das demais unidades. Além disso, uma PU consegue assumir compromissos confiáveis sob os quais as operações podem ser realizadas, respeitando as condições específicas, tais como: os níveis de utilização, os tempos de processamento, etc. Por fim, a PU é responsável por uma das fases de produção, ou seja, uma organização pode ter várias PUs encarregadas pela mesma fase de produção, para atender a um grande número de projetos (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993).

Figura 2 - Fases genéricas de produção



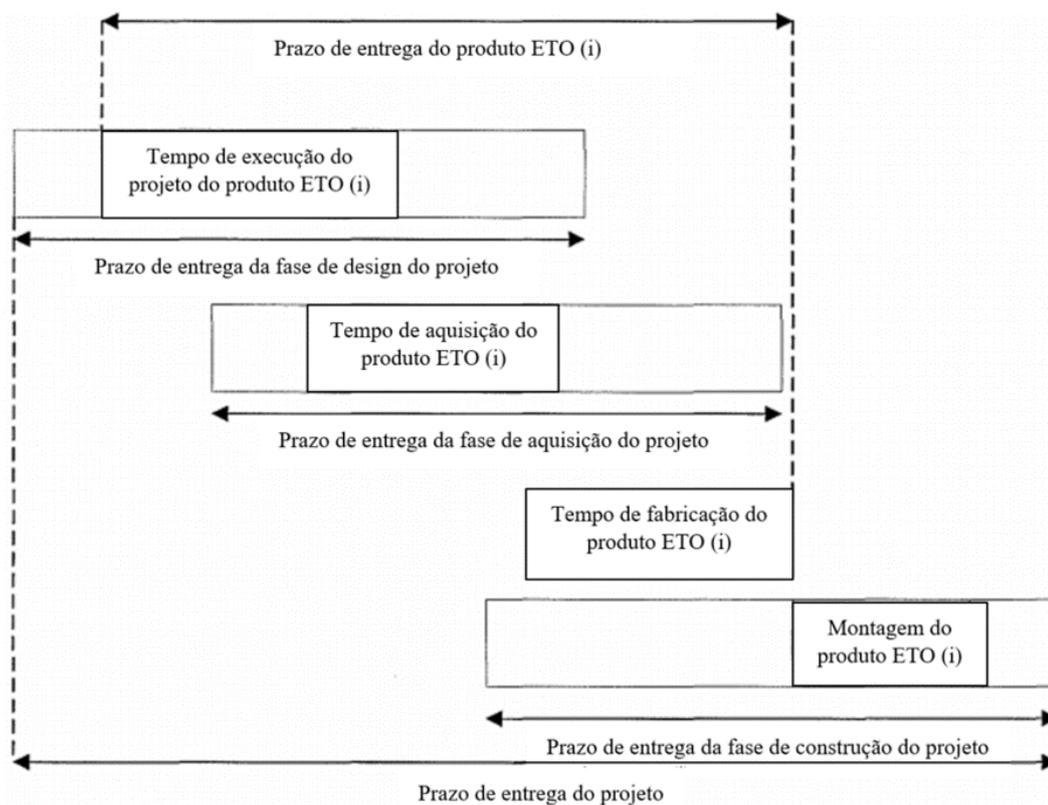
Fonte: adaptado de Bertrand e Muntslag (1993)

Ainda, segundo Ballard (2005), projetos de construção usualmente possuem um grande número de peças, como materiais de construção e componentes, muitas interdependências entre as partes, bem como um alto grau de incerteza tanto na demanda, quanto nos processos. Além disso, em alguns projetos de construção, um alto nível de customização é exigido pelos clientes. Portanto, é possível inferir que, neste setor, os sistemas de produção ETO tendem a ter um grau de complexidade ainda maior do que em um produto fabricado exclusivamente sob encomenda (BALLARD, 2005).

Elfving, Tommelein e Ballard (2004) estudaram o desafio de reduzir os prazos de entrega em sistemas de produção ETO e observaram que quando cada uma das fases é administrada de maneira isolada, existe um aumento significativo no tempo de entrega geral, como é possível observar na Figura 3. Longos prazos de entrega contribuem para serem tomadas mais decisões com base em vagas suposições, levando a soluções abaixo do ideal, defeitos de qualidade e retrabalhos. Todavia, uma ampla gama de causas contribui para estes longos prazos de entrega. Uma das principais razões consiste nas partes interessadas que não possuem ciência do processo de entrega como um todo, ou seja, não possuem uma visão sistêmica do processo. Portanto, as melhorias costumam ser locais, focadas em uma determinada unidade funcional, e não em melhorias globais de processos. Um ponto central na melhoria dos processos de entrega é reconhecer que projeto, aquisição e fabricação têm interdependências significativas. Portanto, é necessário analisá-los de forma integrada, e não como disciplinas separadas como é tão comum na construção civil (ELFVING; TOMMELEIN; BALLARD, 2004).

Em muitos casos, os ciclos de feedback do campo para o fornecedor são tão longos e ineficientes que alguns defeitos de qualidade continuam a se repetir ao longo da produção, mesmo após a identificação dos problemas. Isso é impulsionado ainda mais pela alta incerteza e variabilidade, de maneira mais característica na indústria da construção (TAVISTOCK INSTITUTE, 1996; KOSKELA, 1999).

Figura 3 - Relação entre os prazos de entrega do produto e do projeto



Fonte: adaptado de Elfving, Tommelein e Ballard (2004)

De acordo com Elfving, Tommelein e Ballard (2004), os prazos de entrega costumam ter um slack de tempo considerável, pois há uma tendência de separar os prazos de projeto, aquisição, fabricação e instalação, para então alocar separadamente o slack de tempo significativo para cada tempo de entrega “funcional”. O prazo de entrega de projeto é o tempo para definir e especificar as características do produto. O prazo de entrega de aquisição é o tempo para aquisição do produto. O prazo de entrega de fabricação, segundo Hopp e Spearman (2000) se refere ao prazo de entrega do cliente, isto é, o tempo entre fazer um pedido com um fabricante e recebê-lo. O tempo de entrega de instalação é o tempo reservado para a instalação do equipamento no edifício, neste caso, para a instalação da estrutura metálica no empreendimento. Na verdade, na maioria das vezes, os limites não são tão nítidos e os vários prazos de entrega tendem a se sobrepôr (ELFVING; TOMMELEIN; BALLARD, 2004).

Segundo Powell et al. (2014), ao analisar e refletir sobre os princípios existentes para produção enxuta, construção enxuta e desenvolvimento do produto enxuto, busca-se propor um novo conjunto de princípios que permitirão aos fabricantes de ETO perseguir o ideal enxuto, resultando na categorização de dez princípios fundamentais definidos ainda mais no contexto dos fabricantes de ETO, sendo eles: definição de valor para as partes interessadas; liderança, pessoas e aprendizado; flexibilidade; modularização; fluxo de processo contínuo; demanda puxada; integração de partes interessadas e de sistemas; transparência; tecnologia; e melhoria contínua (POWELL et al., 2014).

3.2 O PROCESSO DE PROJETO

Lawson (1980) aponta que a palavra projeto, em diferentes contextos, pode representar uma variedade tão grande de situações, que os processos relacionados a estas parecem ter pouco em comum. Portanto, sua principal semelhança é a ênfase na criação de objetos ou lugares que tem um propósito prático e que serão observados e utilizados. Assim sendo, a tarefa de projetar pode ser descrita como a produção de uma solução, com destaque para o produto, e também como a resolução de problemas, com destaque para o processo (LAWSON, 1980).

O projeto é definido por Gray, Huges e Bennett (1994) como uma forma de expressão pessoal, além de um tipo de arte. Ainda, consideram que o projeto é uma resposta aos requisitos do cliente, requerendo criatividade e originalidade para seu desenvolvimento. Logo, definem o projeto como uma solução criativa e eficiente para um problema.

A maior parte das descrições do processo de projeto, tanto as teóricas como as baseadas em estudos empíricos, reconhecem dois padrões básicos. O primeiro é o processo criativo, que descreve uma sequência de tomadas de decisões que ocorrem individualmente com cada projetista e que é descrito através de modelos que buscam exprimir como os projetistas desenvolvem seu trabalho, com base em informações previamente definidas. O segundo processo é o gerencial, em que uma fase é seguida pela outra. Este é descrito por meio da subdivisão do processo em etapas, em que o tempo total é dividido para a tomada de decisões em fases que se desenvolvem do geral e abstrato ao detalhado e concreto (MARKUS; ARCH, 1973).

Segundo Tzortzopoulos (1999), levando-se em consideração as características do projeto como processo criativo, podem ser desenvolvidas análises que permitam um melhor entendimento

dos problemas gerenciais que ocorrem no seu decorrer, e assim, podem ser propostas melhorias para o processo de projeto. Além disso, o primeiro passo para a análise do projeto como processo criativo é a compreensão do problema de projeto e das diferentes abordagens adotadas por projetistas quanto a sua solução (TZORTZOPOULOS, 1999). Para isso, o uso do Set-Based Design (SBD) seria de grande relevância, já que inicia considerando de maneira ampla os conjuntos de soluções possíveis, estreitando de forma gradual o conjunto de possibilidades, de modo a convergir para uma solução final. Uma larga rede desde o início e a eliminação gradual das soluções mais fracas, faz com que seja encontrada a melhor solução ou as soluções mais prováveis. Como resultado, pode-se levar mais tempo no início para que sejam definidas as soluções, porém é possível avançar mais rapidamente em direção à convergência (SOBEK; WARD; LIKER, 1999).

Com base no exposto, é importante salientar que o SBD se refere a uma metodologia de projeto que possui diversas aplicações nas indústrias de arquitetura, engenharia e construção (AEC). Foi descoberto quando pesquisadores estudaram o processo de engenharia e projeto na Toyota (DO, 2019). Conhecido como o “segundo paradoxo da Toyota”, os pesquisadores ficaram surpresos ao descobrir que a Toyota considerou uma gama maior de decisões possíveis, além de ter produzido mais modelos físicos, adiando decisões importantes por um tempo mais longo e, mesmo diante destas ações, apresentou o ciclo de desenvolvimento de veículos mais rápido e eficiente do setor (DO, 2019).

A ampliação da visão de etapa para processo de projeto, fortemente interligado ao processo do empreendimento da empresa, procura contribuir para a gestão e a simplificação do processo, enquanto torna as interfaces dos processos internos da empresa facilmente gerenciáveis e identificáveis, resultando na melhoria contínua. A análise do projeto como um processo gerencial busca uma forma de avaliar e implementar a importância da visão sistêmica ao longo do processo construtivo (TZORTZOPOULOS, 1999).

Segundo Hopp e Spearman (2000), a gestão eficaz de um projeto apresenta uma capacidade crítica de medir, compreender e gerenciar a variabilidade. Esta aparece em muitas formas e tipos, sendo a variabilidade de demanda um deles, e podem ser entendidos como mudanças nas solicitações após os compromissos terem sido cumpridos. Ademais, poucas ideias são mais

centrais para a literatura sobre a gestão de grandes projetos de engenharia (capital) do que a noção que o cliente - a empresa ou instituição governamental que governa o projeto (CLEGG, 2000) - precisa investir tempo e esforço antecipadamente na definição de requisitos de projeto (CHAPMAN; WARD, 1997). Como Morris sugere: "a história da gestão de projetos tem demonstrado consistentemente a importância de uma definição abrangente do projeto, e de gastar tempo planejando no "front-end". Para melhorar o desempenho do projeto em termos de qualidade de design de produto, esforço de desenvolvimento e liderança do tempo, os clientes são instigados a: investir na definição minuciosa do projeto e no planejamento de tarefas, analisar riscos e oportunidades, trabalhar de forma colaborativa para desenvolver a "missão" do projeto, e envolver os usuários finais no início (GIL; BECKMAN, 2007).

Por fim, pensando em reduzir incertezas e o risco de que instalações complexas não funcionem, bem como para acelerar a entrega do projeto, Gil e Beckman (2007) apresentam a reutilização de projeto, a qual envolve o uso da mesma arquitetura de sistemas de um projeto para outro, e os buffers de projeto, que envolvem a criação de slack em uma arquitetura de sistemas comprovada para diminuir ou absorver os impactos de mudanças previsíveis durante e após a entrega do projeto (GIL; BECKMAN, 2007). Estes são especialmente eficazes quando o custo da capacidade extra de componentes de construção é baixo em comparação aos altos riscos de falha do sistema (SHEFFI, 2005).

Ainda, Gil e Beckman (2007) complementam que escolher as quantidades adequadas de reutilização de slack depende da incerteza da tecnologia de fabricação ao longo do ciclo de vida da infraestrutura. Embora os projetos de infraestrutura comprovados possam acomodar economicamente mudanças incrementais na tecnologia, os custos de adaptação aumentam quando buffers suficientes não estão embutidos e as mudanças são radicais. São descobertos interesses opostos das partes interessadas ao determinar até que ponto a reutilização ou os buffers são usados. A reutilização do projeto é atraente ao cliente para reduzir o risco de uma instalação não funcionar, porém limita o trabalho do projetista ao tedioso trabalho de customização. Os buffers de projeto são atraentes para o projetista fazer soluções de problemas originais e limitar os riscos de não responder à incerteza, mas não ao cliente que não tem garantia de que os investimentos se pagarão. Acredita-se que a desigualdade entre as duas partes interessadas, no poder governante na tomada de decisões de projeto, agrava as dificuldades na avaliação e implementação da reutilização versus buffers (GIL; BECKMAN, 2007).

3.3 MODULARIDADE

Powell et al. (2014) se referem à modularidade como um elemento chave para o sucesso na busca do ideal Lean em empresas de manufatura ETO, considerando que um projeto modular permite que uma organização combine as vantagens da padronização (por exemplo, custos mais baixos associados a volumes mais altos) com as de personalização (por exemplo, maior variedade de ofertas de produtos/serviços) (POWELL et al., 2014).

O conceito baseia-se na ideia de decompor um sistema em subsistemas funcionalmente independentes, minimizando, assim, sua interdependência (BALDWIN; CLARK, 2000). Ainda, é focado na ideia de dividir um produto em partes gerenciáveis, chamados de módulos, que usam uma forma padrão de interação entre si (GERSHENSON; PRASAD; ZHANG, 2003).

A adoção da modularidade como um conceito de design de produto ainda traz uma variedade de benefícios que podem ser avaliados em relação a diversos fatores como as economias obtidas durante projeto e produção dos produtos, a capacidade de resposta do cliente, ou, ainda, a organização e operação dos sistemas de projeto e produção (ULRICH, 1994). Além disso, Ballard e Howell (1998) afirmam que uma das ações para reduzir as singularidades na construção civil, está na adoção de boas práticas ainda na fase de design do produto, como o conceito da modularidade. Segundo Ulrich (1994), essa prática do design se baseia na divisão dos produtos em componentes independentes, permitindo, assim, a padronização e a variedade dos mesmos. Uma das principais vantagens da modularidade está na redução dos custos de produção, devido à padronização de componentes, resultando em atividades de produção mais especializadas (ULRICH, 1994). Ainda segundo o autor, a performance técnica de um produto sempre pode ser melhorada se for aumentado o seu grau de modularidade. Sendo esse conceito, portanto, um fator determinante para melhorar a facilidade da montagem dos produtos.

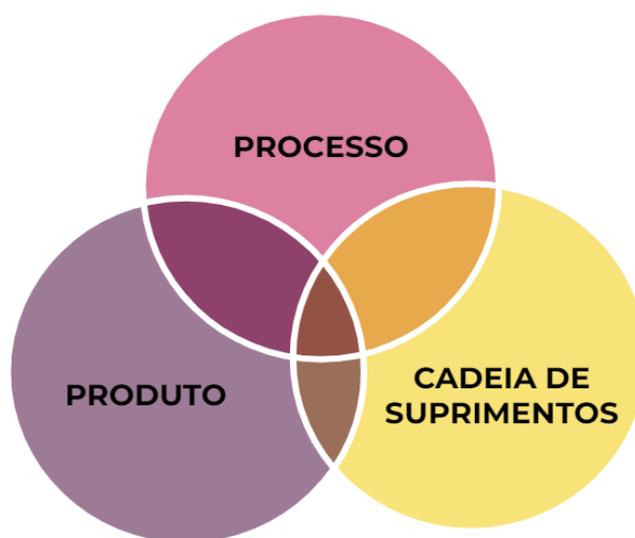
A modularidade do produto (ou arquitetura modular) trata-se do uso de um conjunto limitado de módulos para criar várias variantes de produtos (GERSHENSON; PRASAD; ZHANG, 2003). A mistura e combinação de diferentes módulos leva a uma alta variedade de produtos, enquanto um alto volume é alcançado usando um número limitado de módulos em um grande número de variantes de produtos (PINE, 1993). A utilização de um conjunto de subconjuntos de componentes intercambiáveis (módulos) para a construção de uma ampla gama de

habitações tem sido apontada como uma das estratégias necessárias para melhorar o desempenho da indústria de construção de habitações (VOORDIJK; MEIJBOOM; DE HAAN, 2006; HOFMAN; VOORDIJK; HALMAN, 2009). Neste contexto, grande parte do esforço de projeto vai para o projeto de módulos que podem ser combinados para produzir uma ampla gama de soluções (HALMAN; VOORDIJK; REYMEN, 2008). Isso determina, em grande medida, o grau de customização das habitações e o nível de eficiência que pode ser alcançado na produção (HOFMAN; VOORDIJK; HALMAN, 2009).

De acordo com Salvador (2007), apesar dos potenciais benefícios da modularidade do produto, existem duas dificuldades principais na disseminação deste conceito no setor de construção. A primeira dificuldade está relacionada à falta de consenso sobre a conceituação da modularidade do produto. Um grande número de perspectivas, linguagens e definições são apresentadas na literatura, de diferentes áreas do conhecimento, como gestão de engenharia, ciência da gestão e gestão de operações (SALVADOR, 2007). De acordo com Gershenson, Prasad e Zhang (2003), não há uma medida clara da modularidade do produto nem um método sistemático amplamente adotado para ajudar os projetistas a aumentar o grau de modularidade do produto. Tal diversidade de definições constitui uma grande barreira ao avanço do conhecimento científico (SALVADOR, 2007). Isso dificulta a criação de medidas válidas, que são necessárias para testes empíricos e construção de teorias (FIXSON, 2005; SALVADOR, 2007). Já a segunda dificuldade está relacionada às diferenças entre as indústrias de construção e manufatura, pois as considerações de modularidade de produto existentes não consideram as peculiaridades da construção, como produção no local, cadeias de suprimentos temporárias e edifícios como produtos únicos (KOSKELA, 2003). Reforçando a relevância da modularidade do produto na construção, Voordijk, Meijboom e De Haan (2006) exploraram a ideia de alinhar produto, processo e arquitetura da cadeia de suprimentos, enquanto Halman, Voordijk e Reymen (2008) e Veenstra, Halman e Voordijk (2006) investigaram o desenvolvimento de arquiteturas de plataforma de produtos para a indústria da construção. Além disso, o conceito de modularidade do produto tem uma forte conexão com a abordagem de construção aberta, que se concentra na introdução de diferentes níveis de tomada de decisão no processo de construção e na possibilidade de desacoplar partes do edifício com diferentes ciclos de vida (KENDALL; TEICHER, 2010). Contudo, nenhum desses estudos propôs uma estrutura conceitual para modularidade de produto para produtos de construção, abordando as diferenças entre manufatura e construção (DA ROCHA et al., 2015).

Voordijk, Meijboom e De Haan (2006) destacaram a importância de analisar a modularidade na indústria da construção através de três perspectivas: produto, processo e cadeia de suprimentos, de acordo com a Figura 4. Essas perspectivas podem ser usadas para discutir as diferenças entre construção e manufatura que afetam a adoção da modularidade do produto na entrega das edificações.

Figura 4 - Modularidade de produto, processo e cadeia de suprimentos



Fonte: Fine (2009)

A principal diferença entre manufatura e construção através da perspectiva de produto, representada na Tabela 1, está relacionada à natureza das partes que formam o próprio produto. A maioria dos produtos de manufatura é simplesmente dividida em componentes, que possuem um papel central na definição da arquitetura do produto. Neste contexto, os componentes são necessários para desempenhar funções específicas que contribuam para a função do produto ao mais alto nível. Por exemplo, para permitir que um computador desempenhe suas funções em um nível superior, vários subconjuntos (monitor, teclado, unidade central de processamento, mouse) são necessários (DA ROCHA; FORMOSO; TZORTZOPOULOS, 2015). Ao contrário, o foco apenas nos componentes não é apropriado para um edifício porque os edifícios precisam ser considerados como uma mistura de componentes e vazios espaciais. De fato, a função principal dos edifícios, ao nível mais alto, não é assegurada pelos componentes, mas pela disponibilização de vazios espaciais para pessoas (DA ROCHA; FORMOSO;

TZORTZOPOULOS, 2015). Já através da perspectiva de processo, segundo Salvador (2007), a noção de módulos como subconjuntos mecanicamente estáveis, muitas vezes envolvendo um “componente de cola” que mantém as peças unidas, é outra noção subjacente de modularidade do produto que não é completamente aplicável a edifícios.

Na manufatura, os fornecedores são capazes de entregar módulos complexos que são simplesmente montados pelo fabricante principal, tornando esse processo simples (ALFORD; SACKETT; NELDER, 2000). No entanto, na maioria dos projetos de construção é difícil utilizar este tipo de módulos. Embora os módulos mecanicamente estáveis possam ser aplicados em alguns projetos altamente industrializados, ou na produção de alguns subsistemas de construção em projetos regulares, grande parte do trabalho na construção de edifícios geralmente é realizada no local, usando tecnologias tradicionais. Isso está fortemente relacionado ao caráter único e à imobilidade dos edifícios (KOSKELA, 2003). Portanto, grande parte do trabalho ainda precisa ser realizado no local, como nas etapas de escavação e fundação. Além disso, muitas vezes as etapas de acabamento são adiadas e concluídas no local, imediatamente antes da entrega do projeto, a fim de evitar danos no produto acabado, que podem ser causados pelas atividades de produção que estão ocorrendo no interior do edifício (DA ROCHA; FORMOSO; TZORTZOPOULOS, 2015). Conforme apontado por Voordijk, Meijboom e De Haan (2006), nas técnicas tradicionais de construção, a arquitetura do processo é dispersa no tempo, mas apertada no espaço.

Tabela 1- Diferenças entre manufatura e construção relevantes para a modularidade de produto

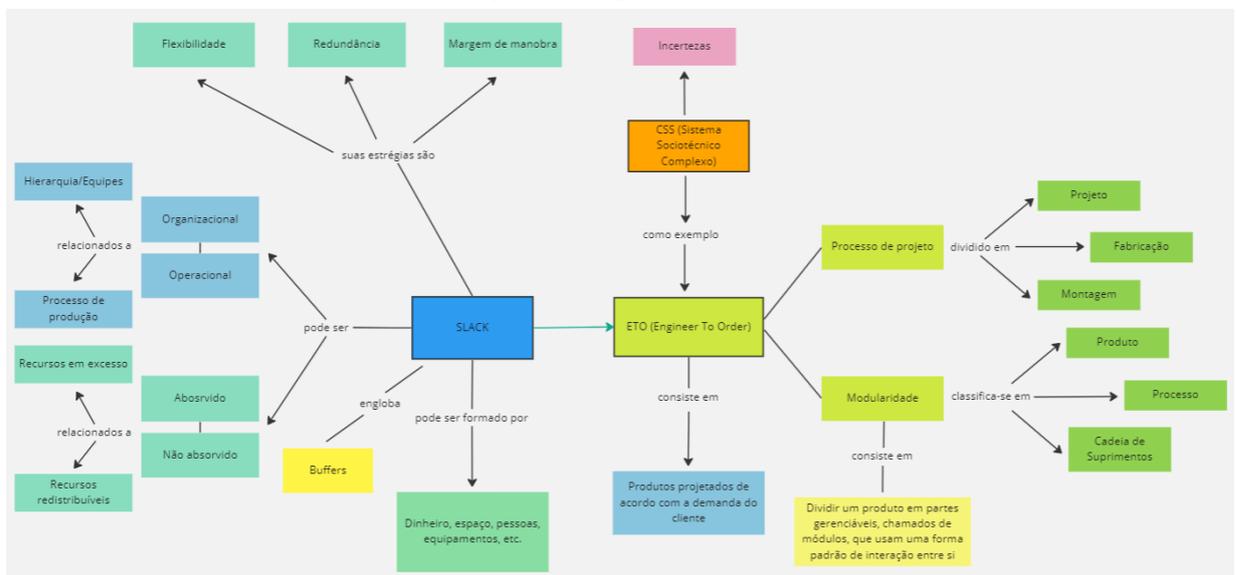
Perspectivas	Manufatura	Construção
Produto	Os componentes têm um papel central na definição da arquitetura do produto.	Os edifícios combinam componentes e vazios espaciais, que desempenham as funções mais importantes do produto.

Processo	Os fornecedores entregam módulos complexos que são simplesmente montados pelo fabricante principal.	Muito trabalho geralmente é realizado no local, usando tecnologias tradicionais.
Cadeia de Suprimentos	A cadeia de suprimentos se envolve no projeto e na produção de módulos para um grande número de produtos.	As cadeias de suprimentos temporárias geralmente têm incentivos limitados para produzir o mesmo módulo para um grande número de projetos.

—
Fonte: Da Rocha, Formoso e Tzortzopoulos (2015)

Com o objetivo de obter uma visão geral da revisão bibliográfica realizada, foi desenvolvido um mapa conceitual, representado na Figura 5 abaixo, com o objetivo de relacionar os principais conceitos abordados.

Figura 5 - Mapa Conceitual



Fonte: elaborado pela autora.

4 MÉTODO

Este capítulo apresenta o método que será utilizado no desenvolvimento desta pesquisa, incluindo: a estratégia de pesquisa; o delineamento; a caracterização da empresa, referente ao estudo empírico; as fontes de evidência, juntamente com as atividades realizadas; o desenvolvimento da solução e a avaliação do artefato; e, por fim, a discussão das peculiaridades da estrutura metálica.

4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Através da análise das características do contexto no qual foi desenvolvido o estudo e das questões e objetivos apresentados, foi possível determinar como estratégia de pesquisa predominante no presente trabalho o estudo de caso, juntamente com características relacionadas a Design Science Research (DSR). Isto se explica, pois a participação no caso teve um caráter menos prescritivo, principalmente devido ao contato virtual do início ao fim do estudo. Entretanto, a compreensão do problema passou pelo desenvolvimento de um artefato como parte da solução, fazendo com que o estudo apresente características de ambas as estratégias.

Com relação ao estudo de caso, Yin (2009) afirma que como método de pesquisa, o estudo de caso é usado em muitas situações para contribuir com o conhecimento de fenômenos individuais, de grupos, organizacionais, sociais, políticos e relacionados. Não surpreendentemente, o estudo de caso tem sido um método de pesquisa comum em psicologia, sociologia, ciência política, antropologia, serviço social e muitos outros. Estudos de caso são encontrados até mesmo na economia, em investigações sobre a estrutura de uma determinada indústria ou a economia de uma cidade ou região. Qualquer que seja o campo de interesse, a necessidade distinta da pesquisa de estudo de caso surge do desejo de entender fenômenos sociais complexos. Em resumo, um estudo de caso permite que os investigadores se concentrem em um "caso" e mantenham uma perspectiva holística e do mundo real - como no estudo de ciclos de vida individuais, comportamento de pequenos grupos, processos organizacionais e gerenciais, amadurecimento das indústrias, etc. (YIN, 2009).

De acordo com Yin (2002), o estudo de caso deve ser utilizado quando: (a) colocam-se questões do tipo “como” e “por que”; (b) quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos; e

(c) quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real, permitindo, dessa forma, uma investigação que preserve as características holísticas e significativas dos eventos.

Holmström, Ketokivi e Hameri (2009) destacam que a DSR é a pesquisa que busca explorar novas alternativas de resolução de problemas, para explicar este processo exploratório e para melhorar o processo de resolução de problemas. Além disso, acaba sendo um modo de produzir conhecimento científico por meio da intervenção humana no mundo natural, produzindo um artefato inovador que possa resolver um problema prático e realizar uma contribuição científica prescritiva (HOLMSTRÖM; KETOKIVI; HAMERI, 2009).

Assim sendo, o objetivo proposto nesta pesquisa consiste na compreensão e aplicação do slack, através da dinâmica do sistema de produção, e no desenvolvimento de um conjunto de oportunidades de melhorias. Tanto as melhorias quanto a compreensão do slack foram elaboradas para a fase de projeto em empresas ETO. Além disso, haverá os resultados dos diferentes tipos de slack que foram identificados e classificados ao longo do estudo empírico. A partir disso, espera-se que os resultados desta pesquisa contribuam para com o avanço das teorias existentes, considerando que as contribuições teóricas dizem respeito a contribuições conceituais de slack na indústria da construção, já que é um termo que está em bastante ascensão, apesar de ainda pouco utilizado nesta área, e ao auxílio na compreensão e aplicação de slack no processo de projeto em sistemas de produção ETO.

4.2 DELINEAMENTO

A Figura 7 apresenta o delineamento da pesquisa, incluindo as atividades realizadas, sua sequência e os ciclos de aprendizagem principais. Estas atividades estão inseridas em três etapas: compreensão, desenvolvimento, análise/reflexão.

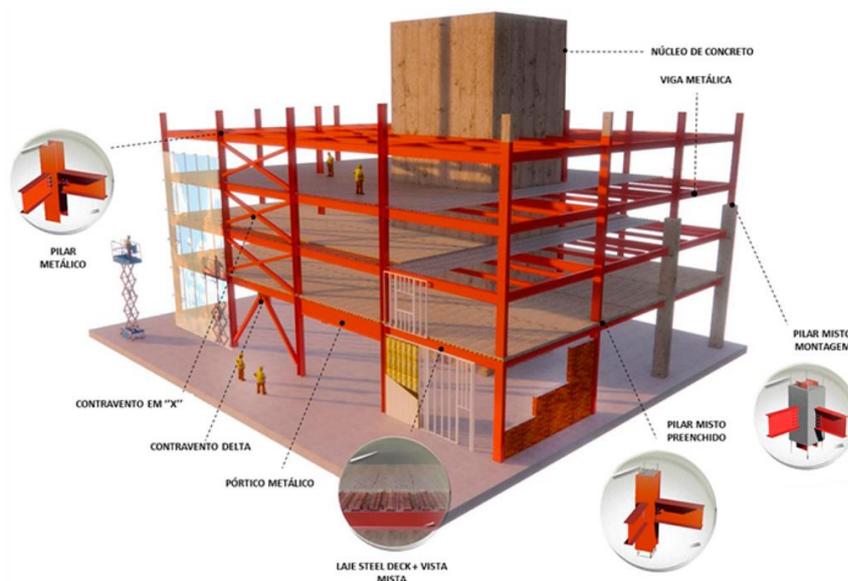
Na etapa de compreensão é desenvolvida uma revisão de literatura para um entendimento aprofundado sobre a aplicação do slack na fase de projeto dos sistemas ETO. Busca-se entender o termo slack, quando inserido no contexto da construção civil, além dos conceitos associados ao mesmo. Busca-se também entender o funcionamento dos sistemas ETO e dos sistemas sociotécnicos complexos, além de aprofundar os conhecimentos a respeito do processo do

sistema de produção e do processo de desenvolvimento do produto. É importante destacar que foram sendo incorporados novos conceitos ao longo do estudo, já que o referencial teórico foi constante durante toda a pesquisa, permeando todo o seu processo, pois considera-se a fundamentação teórica essencial para auxiliar no entendimento do problema, compreensão e concepção do artefato e na própria contribuição para o avanço teórico. A compreensão teórica sobre o tema auxilia na identificação de pontos que são importantes no momento da coleta dos dados do estudo empírico.

Ainda na etapa de compreensão, buscou-se compreender o processo de projeto e a variabilidade ao longo do desenvolvimento do produto. Para isso, foi necessária uma análise acerca das dificuldades enfrentadas pela empresa em suas diferentes fases e em seus diferentes setores - contratos, projetos, suprimentos, fabricação e montagem. Essa etapa viabilizou um direcionamento da pesquisa para que fosse encontrado um problema de relevância prática.

Com base na definição do escopo e do contexto de pesquisa, o estudo empírico ocorreu na fase de desenvolvimento do delineamento de pesquisa. O estudo foi desenvolvido a partir de uma parceria com uma empresa de estruturas metálicas que adota o sistema de produção ETO. Ocorreu em um empreendimento específico, classificado como multiandares, conforme padrão demonstrado pela Figura 6, caracterizado por uma alta complexidade, pela necessidade de compatibilização entre diferentes disciplinas e por possuir diversas soluções customizáveis à necessidade do empreendimento, sendo estas características relevantes para o desenvolvimento da pesquisa.

Figura 6 - Padrão dos empreendimentos multiandares



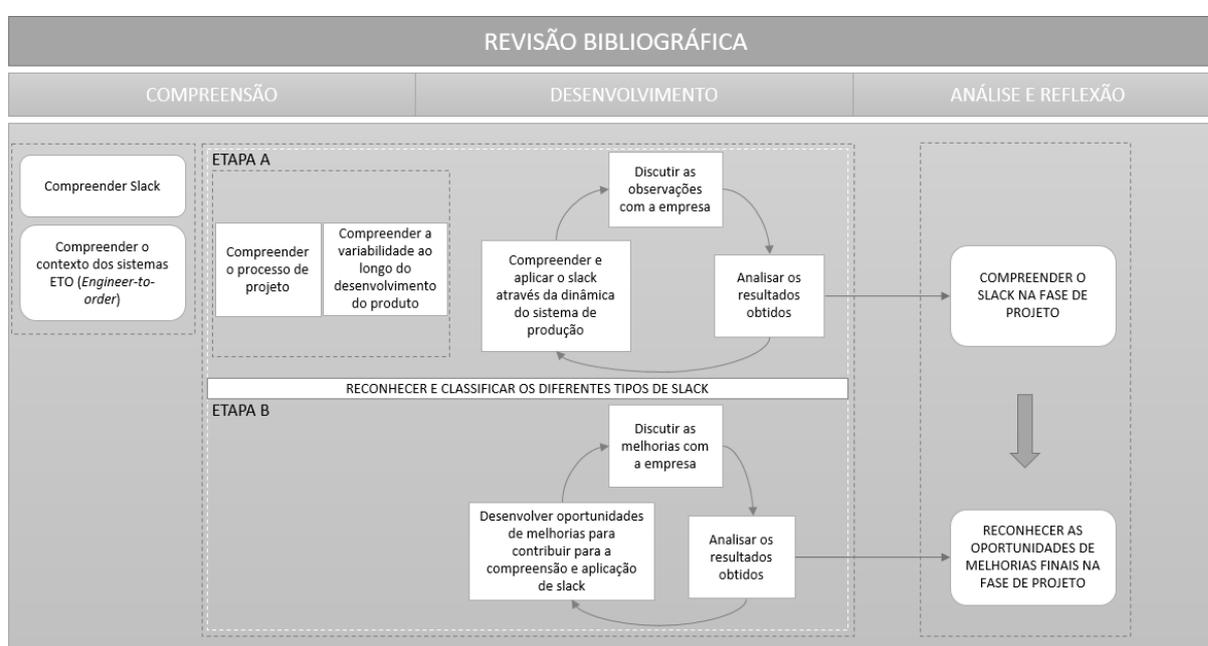
Fonte: fornecido pela empresa.

Este estudo empírico está dividido em duas etapas, representadas no delineamento da pesquisa, denominadas etapa A e etapa B. É importante salientar que ambas as etapas geraram contribuições para a compreensão e aplicação de slack e para o desenvolvimento de oportunidades de melhorias. As etapas estão descritas a seguir.

Etapa A: A primeira etapa do estudo em questão teve como finalidade compreender o processo de projeto e também a variabilidade ao longo do desenvolvimento do produto. Após esse passo, o objetivo foi compreender e aplicar o slack, a partir da análise da dinâmica do sistema de produção, na fase de projeto de sistemas ETO. Buscou-se discutir as observações com a empresa e, a partir dos apontamentos gerados na discussão, foram analisados os resultados obtidos. Esta etapa formou um ciclo de aprendizagem que, assim como na etapa A, se repetiu diversas vezes, até obter a compreensão final do slack na fase de projeto. O resultado desta etapa foi uma versão inicial da compreensão que, juntamente à etapa anterior, conseguiu revelar uma versão preliminar do artefato desta pesquisa.

Etapa B: Na segunda etapa buscou-se desenvolver um conjunto de oportunidades de melhorias para contribuir para a compreensão e aplicação de slack durante a fase de projeto, em empresas ETO. Após definidas as melhorias, ocorreu uma discussão de maneira aprofundada com alguns colaboradores da empresa. Por fim, procurou-se analisar as soluções sugeridas e os resultados obtidos para possíveis adaptações. Todavia, é importante ressaltar que desde o desenvolvimento do conjunto de oportunidades de melhorias até a análise das soluções sugeridas e dos resultados obtidos, formou-se um ciclo de aprendizagem, que se repetiu por diversas vezes, até a apresentação da proposta final destas melhorias para a fase de projeto.

Figura 7 - Delineamento da pesquisa



Fonte: elaborado pela autora.

Por fim, a etapa de análise e reflexão do delineamento avalia e expõe as contribuições práticas e teóricas da solução a partir da compreensão e aplicação do slack e do conjunto de oportunidades de melhorias, além dos resultados obtidos através do reconhecimento e da classificação dos diferentes tipos de slack, que ocorrem simultaneamente às etapas A e B. Deste modo, foram reconhecidas as oportunidades de melhorias finais e as compreensões e aplicações do slack na fase de projeto, a partir da análise da dinâmica do sistema de produção deste estudo, a qual possibilita a visualização de interações entre variáveis, com foco em sistemas complexos. Ainda, foram reconhecidos e classificados os diferentes tipos de slack e, a partir de então, foram

fornecidas as contribuições práticas e teóricas relacionadas ao uso de slack na fase de projeto para contribuir para as etapas de fabricação e montagem em sistemas ETO.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa é referência em soluções construtivas e atua com projetos, fabricação e montagem de estruturas metálicas para os mais diversos tipos de empreendimentos. Com mais de 50 anos de atividade, atua em todo território nacional e em mais de 20 países da América Latina, Europa e África. Possui um dos complexos industriais mais modernos do mercado mundial para produção de estruturas metálicas, formado por duas unidades fabris, desenhadas para atender diferentes segmentos da construção. Comprometida com qualidade, segurança, inovação e meio ambiente está constantemente investindo para trazer novos conceitos e soluções cada vez mais completas, inclusive através da pesquisa acadêmica, propiciando qualidade e maior eficiência nos produtos e serviços, tanto para a própria empresa quanto para os seus clientes.

A oportunidade de realização do estudo foi reconhecida por meio de estudos que já vêm sendo realizados, com destaque para Saurin (2015), Fireman et al. (2018), Saurin e Werle (2017), Bataglin (2017) e Marczyk (2022). Destaca-se que a empresa ao qual o presente trabalho está vinculado é responsável por projetar, fabricar e executar estruturas em aço, caracterizando um sistema pré-fabricado ETO. Possui um histórico de parcerias com o Núcleo Orientado a Inovação em Edificações (NORIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), incluindo importantes trabalhos como Fabro (2010), Viana (2015) e Wesz (2013).

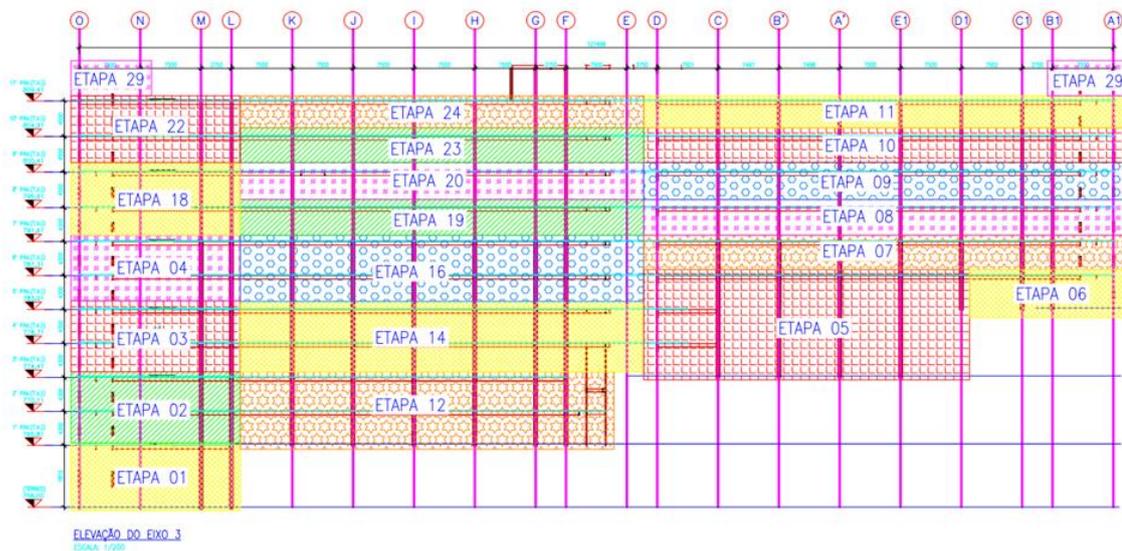
4.3.1 Empreendimento A

O empreendimento A se refere a um hospital, localizado na cidade de Barueri, estado de São Paulo, e é caracterizado como um empreendimento de multiandares. A sua fase de fabricação teve início no mês de março, enquanto que a de montagem se iniciou em maio de 2021, quando o presente estudo empírico começou a ser desenvolvido.

De acordo com o sistema produtivo da empresa, todos os empreendimentos são divididos em etapas de execução, conforme a Figura 8. A construção deste hospital está dividida em 37 etapas. Esta divisão ocorre de acordo com os projetos de detalhamento, com a matéria-prima

que, conseqüentemente, influencia na fabricação e entrega dos componentes, e com as frentes de trabalho no canteiro de obras. É importante destacar que cada etapa se refere a um tipo de produto e se divide em sub etapas, com o objetivo de facilitar o planejamento e controle por parte da área de engenharia da empresa. No cronograma deste empreendimento, constam as fases de projeto (engenharia), fabricação, logística e montagem, com as datas definidas de acordo com as etapas. A conclusão deste empreendimento estava prevista, inicialmente, para o final do mês de dezembro de 2021, porém foi concluída em maio de 2022, considerando alguns atrasos no decorrer do processo.

Figura 8 - Divisão das etapas do empreendimento A



Fonte: elaborado pela empresa.

Considerando que este empreendimento é de multiandares, é relevante salientar que, diferente da maioria dos demais tipos de empreendimentos executados pela empresa, este tipo, em específico, não necessita passar por todas as etapas de concepção do produto, já que as primeiras são realizadas e concluídas pelo cliente. Deste modo, após a realização da licitação, a responsabilidade da empresa inicia a partir do projeto de detalhamento e segue para as etapas de especificação de componentes, fabricação, transporte e montagem. Na Figura 9 é possível visualizar a finalização da montagem da escada, parte importante da execução. Já na Figura 10 verifica-se uma evolução da montagem do empreendimento, com o início da colocação das

placas de concreto na fachada e, por fim, na Figura 11, verifica-se o empreendimento A concluído e entregue ao cliente em maio deste ano.

Figura 9 - Montagem da escada concluída no empreendimento A



Fonte: fornecido pela empresa.

Figura 10 - Evolução da montagem do empreendimento A



Fonte: fornecido pela empresa.

Figura 11 - Empreendimento A concluído



Fonte: fornecido pela empresa.

4.4 FONTES DE EVIDÊNCIA

Foram diversas as fontes de evidência utilizadas para o presente estudo empírico, sendo elas: observações participantes, observações diretas, registros em arquivos (fotográficos e gravações de áudio), análise de documentos e projetos, entrevistas abertas e entrevistas semiestruturadas.

De acordo com Yin (2003), a utilização de um maior número de fontes de evidência proporciona solidez à pesquisa e contribui para a confiabilidade e validade dos resultados da investigação. Ainda, torna possível realizar a triangulação dos dados, que permite um maior embasamento para os constructos e artefatos desenvolvidos (EISENHARDT, 1989).

Sendo assim, a triangulação foi realizada considerando o ponto de vista do usuário, o qual é influenciado de maneira direta pelo uso do slack; do pesquisador, que é considerado um observador externo ao processo; e de outros pesquisadores acadêmicos, que possuam experiência no tema e que não estejam participando da observação direta.

Os usuários em foco neste trabalho referem-se a alguns profissionais da empresa como: gerentes de contratos, coordenadores e engenheiros de projetos, projetistas, engenheiros de obras/montagem e gerentes e trabalhadores da fábrica.

É de grande relevância destacar a participação da pesquisadora em reuniões de equipe da empresa, principalmente naquelas em que se fizeram presentes a coordenadora de projetos e o gerente de contratos. Neste caso, tem-se como fonte de evidência as observações participantes,

já que podem ocorrer discussões e trocas de informações no decorrer das reuniões. Quanto às observações diretas, estas ocorreram no momento em que foi realizada a visita à fábrica, onde não houve nenhum envolvimento por parte da pesquisadora, mas sim, apenas a visualização do processo.

Quanto à análise de documentos e projetos, teve início a partir das reuniões realizadas, primeiramente, com o engenheiro de projetos e, após, com o engenheiro de montagem e o projetista, ambos do empreendimento A. Através destas reuniões foi possível solicitar o envio de todos os documentos e projetos, além de outros arquivos atualizados, como fotos e planilhas, enviados semanalmente ou quinzenalmente, juntamente com a descrição de problemas e dificuldades, pertinentes ao desenvolvimento do presente estudo.

Além das fontes de evidência apresentadas acima, as entrevistas abertas e semiestruturadas também são consideradas de grande relevância para o presente estudo. Quanto às entrevistas semiestruturadas, criou-se um escopo com questões relevantes para a etapa de compreensão do estudo, que foram direcionadas a colaboradores de diferentes setores e hierarquias, por exemplo: gerente de contratos, gestor de projetos, coordenadora de projetos, gerente de engenharia, engenheiro de montagem e projetista. Estas entrevistas foram compostas por questões abertas guiadas pela seguinte estrutura:

- Como é a relação do seu setor com os demais?
- Quais são os maiores desafios do processo?
- Quais são as principais dificuldades encontradas no seu setor?
- Existe alguma estratégia de contingência no seu setor? Qual?

Já em relação às entrevistas abertas, estas foram realizadas principalmente nas três edições de *workshops* organizados pela aluna, juntamente com sua orientadora, e apresentados e discutidos na empresa. Na primeira edição, marcada pelo início do estudo, foi realizada uma apresentação com foco no conceito do termo slack, nas estratégias de slack e seus respectivos exemplos e na apresentação do diagnóstico do processo de projeto da empresa, incluindo as dificuldades encontradas e sugerindo uma discussão acerca da seguinte questão: “De que forma o projeto

pode contribuir para evitar esses problemas?”. Na segunda edição foram abordados diversos assuntos, já que a aluna se encontrava na metade do estudo. Primeiramente foi explicada a diferença entre buffer e slack, pois ainda não estava clara entre os colaboradores, considerando que este item precisa estar bem esclarecido para um andamento eficaz do trabalho. Logo após, foram apresentados os conceitos de sistemas de produção ETO, de complexidade e de modularidade, além de um exemplo de caso em que estes princípios são bastante aplicados. Ainda como parte importante da segunda edição do *workshop*, foi possível demonstrar as interdependências dentro do sistema de produção através de uma visão sistêmica, o que possibilitou uma melhor visualização das deficiências e necessidades, principalmente em relação ao processo de projeto, permitindo a sugestão de implementação de determinados recursos para evitar retrabalhos no processo. Por fim, foram expostos problemas recorrentes encontrados na etapa de montagem e diretamente relacionados à fase de projetos, portanto foi sugerida uma discussão com base na seguinte questão: “Quais soluções de projeto já foram criadas com o objetivo de mitigar a variabilidade de montagem?”.

No terceiro e último *workshop*, realizado ao final do estudo, foram reforçadas as definições e aplicações de slack, sistema de produção ETO e modularidade, juntamente com seus respectivos exemplos práticos. Ademais, foram apresentadas todas as análises realizadas, através de tabelas e arquétipos, a partir da visita à fábrica e com base nos dados coletados no decorrer do estudo empírico. Ao final, discutiu-se a respeito de problemas encontrados nas três fases - projeto, fabricação e montagem - e sugeriu-se algumas melhorias e alterações ao longo do processo.

A Tabela 2 mostra as atividades realizadas pela pesquisadora no decorrer do estudo empírico. Foram realizados vinte e cinco encontros no total, incluindo reuniões com entrevistas semiestruturadas e abertas, participações em reuniões de equipe, visita à fábrica e análise de documentos fornecidos pela empresa, dentre eles: planilhas de planejamento e controle, relatórios semanais, projetos e registros fotográficos.

Tabela 2 - Registro das atividades realizadas na empresa A

Fonte de evidência	Duração total	Número	Participantes ou local	Descrição
Entrevistas semi-estruturadas	2 horas e 15 minutos	5 pessoas	Gerente de Engenharia, Coordenadora de Projetos, Engenheiro de Montagem e Projetista	Nas entrevistas foram questionadas as principais dificuldades na relação do setor de cada colaborador com os demais setores.
Reuniões abertas	12 horas e 45 minutos	16 encontros	Gerente de Engenharia, Coordenadora de Projetos, Engenheiro de Montagem, Engenheira de Padronização e Inovação, Projetista, Gerente de Suprimentos	Esclarecimento de dúvidas em relação aos documentos fornecidos pela empresa e discussão sobre as dificuldades encontradas em cada setor e seus principais problemas no processo de projeto.
Análise de documentos	-	Aproximadamente 300 documentos	Setores de Engenharia e de Montagem	Análise de projetos, listas de peças, relatórios semanais, <i>dashboards</i> , relatórios fotográficos e relatórios de lições aprendidas.
Observação direta	6 horas	1 encontro	Gerente de Fábrica, Gerente de PCP, Gerente de Engenharia, Gerente de Suprimentos, Coordenador de Fábrica.	Visita à fábrica e visualização do fluxo de trabalho de cada setor.
Observação participante	2 horas e 30 minutos	2 encontros	Gerente de Engenharia, Coordenadora de Projetos, Projetistas	Participação na reunião semanal de planejamento de todo o setor de engenharia.
Workshops	6 horas	3 encontros	Gerente de Contratos, Coordenadora de Projetos, Projetista, Engenheira de padronização, Engenheiro de Montagem e Orientadora	Apresentação do diagnóstico do processo de projeto da empresa, de conceitos (slack, sistemas ETO, complexidade e modularidade), análises com base na visita à fábrica, problemas no planejamento do processo de projeto e sugestões de melhorias.

Fonte: elaborado pela autora.

O início do estudo na empresa A ocorreu em maio de 2021, quando foi realizada a primeira reunião com a participação do gerente de contratos e do gerente de engenharia da empresa. Nesta primeira reunião, foi apresentado o plano de trabalho que havia sido desenvolvido pela mestranda juntamente com a sua orientadora. A partir desta apresentação, foram realizadas

Uso do slack na fase de projeto para contribuir para as etapas de fabricação e montagem em sistemas ETO

discussões acerca do estudo que se pretendia desenvolver, sempre atentando às maiores dificuldades observadas e apresentadas pelos gerentes. Assim sendo, esta reunião deu início ao desenvolvimento deste estudo, pois a partir dela foi possível definir o problema real e a lacuna de pesquisa.

Além da aprovação do plano de trabalho, a primeira reunião foi importante para compreensão da divisão dos setores, juntamente com suas hierarquias. A partir disso, foi possível visualizar e compreender os colaboradores que deveriam participar do estudo.

A segunda reunião ocorreu com a participação do gerente de engenharia e da coordenadora de projetos. Neste encontro, a mestranda apresentou novamente a proposta do trabalho a ser desenvolvido na empresa. Foram apresentados alguns conceitos relacionados ao slack, de forma simples e exemplificada, já que este termo é considerado novo entre os colaboradores. Nesta mesma reunião, foi realizada uma entrevista semiestruturada, que resultou nas primeiras informações relevantes para o período de diagnóstico do estudo. Além disso, foram enviados alguns documentos para uma primeira análise individual da mestranda, seguida de discussões com a orientadora. Ficou definido, ainda na segunda reunião, que a partir de então seriam realizados encontros semanais, com uma duração mínima de trinta minutos.

A análise das plantas baixas, do projeto em 4D e do cronograma da obra, onde foi desenvolvido o estudo empírico, foi realizada antes de ocorrer a terceira reunião, já que nesta se tinha como finalidade esclarecer as dúvidas que surgiram a partir da análise realizada no decorrer daquela semana. Neste encontro, estavam participando apenas o gerente de engenharia e a mestranda deste estudo.

Após a terceira reunião, foram realizados encontros individuais, isto é, um apenas com a coordenadora de projetos e outro apenas com o gerente de engenharia, de modo a tratar de maneira mais aprofundada e isolada sobre cada setor. Nestas reuniões, foi possível ter uma visão mais clara sobre determinados processos nas três fases do sistema de produção (projeto, fabricação e montagem), além de discutir sobre algumas possibilidades de melhorias levantadas pela mestranda.

Ainda, entre as reuniões individuais semanais, a mestranda participou como ouvinte de duas reuniões da equipe de engenharia, que ocorrem todas as terças-feiras à tarde, sendo também uma grande oportunidade para visualizar e compreender o processo de projeto e a variabilidade

ao longo do desenvolvimento do produto, já que, neste encontro, se fazem presentes todos os gerentes de engenharia, além da coordenadora de projetos, com o objetivo de alocar as equipes de projeto conforme as demandas de fabricação e montagem. Neste caso, realiza-se um planejamento de curto a médio prazo.

Nos primeiros dois encontros individuais, tanto com o engenheiro de montagem quanto com o projetista, a mestranda realizou as mesmas atividades, ou seja, entrevistas semiestruturadas, considerando que estava sendo o primeiro contato com ambos. Além da realização das entrevistas, a aluna, juntamente com cada profissional, buscou apresentar e discutir sobre slack, além de encontrar exemplos de possíveis slacks dentro dos seus respectivos setores (engenharia e montagem). Ademais, buscou-se instigar ambos os profissionais, separadamente, para que apresentassem as maiores dificuldades encontradas nos seus setores. Por fim, a partir do primeiro contato com estes profissionais, foi possível manter uma comunicação direta e frequente, em que os mesmos informavam, a qualquer momento, não necessariamente apenas nas reuniões, situações cotidianas que poderiam contribuir para o andamento do estudo do slack.

É importante ressaltar que entre todos os setores da empresa, o setor de montagem foi o que possibilitou um melhor contato e participação da aluna para o desenvolvimento do estudo, sendo possível a realização de diversas reuniões com o engenheiro de montagem, além da análise de diversos documentos disponibilizados pelo mesmo, viabilizando um estudo de retrospectiva.

Além das reuniões em equipe e individuais, realizadas de forma online, com exceção de uma presencial, a aluna promoveu três *workshops* ao longo de todo o estudo, distribuídos na etapa inicial, intermediária e final do trabalho, com o intuito de promover discussões acerca dos resultados obtidos e de possíveis inovações para melhorias dos processos. Nestes encontros, participaram os colaboradores-chave para o desenvolvimento deste estudo, sendo eles: gerente de contratos, coordenadora de projetos, projetista, engenheiro de montagem, engenheira do setor de padronização, além da importante presença da orientadora deste estudo.

4.5 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO E AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

O objetivo geral deste trabalho é compreender e aplicar o slack através da dinâmica do sistema de produção, enfatizando na fase de projeto em empresas ETO. Para este processo de compreensão, o trabalho passa pelos ciclos de aprendizagem, onde as análises são discutidas e refinadas. Ao final de todos os ciclos, o artefato é apresentado, a fim de reconhecer as contribuições das soluções.

A fase de desenvolvimento da pesquisa inclui as etapas de desenvolvimento de uma solução para o problema e a implementação, teste e avaliação prática da solução. Ainda como artefato principal, tem-se a compreensão do slack e o conjunto de oportunidades de melhorias para contribuir para a compreensão e aplicação de slack na fase de projeto de sistemas ETO. Ademais, de maneira simultânea ao desenvolvimento do artefato principal, são reconhecidos e classificados os diferentes tipos de slack na fase de projeto. Por fim, espera-se obter duas saídas do artefato principal: a compreensão do slack e as melhorias.

Buscou-se avaliar e discutir os constructos, de modo a demonstrar a utilidade das melhorias, além de melhorar a compreensão dos usuários em relação ao slack, através dos conceitos trabalhados ao longo do estudo e da utilização da dinâmica dos sistemas de produção.

A pesquisa percorreu todas as fases apresentadas no delineamento, sendo elas: compreensão, desenvolvimento, análise e reflexão e, simultaneamente a todas estas fases, revisão bibliográfica. Primeiramente, nas etapas da fase de compreensão, foi possível compreender o slack e o contexto dos sistemas de produção ETO de maneira aprofundada. Em relação à fase de desenvolvimento, que abrange a etapa de desenvolvimento de uma solução para o problema e a etapa de implementação, teste e avaliação da contribuição prática da solução, buscou-se compreender e aplicar o slack através da dinâmica do sistema de produção e desenvolver oportunidades de melhorias para contribuir para a compreensão e aplicação de slack na fase de projeto de sistemas ETO. Finalmente, após a conclusão da fase de desenvolvimento, foi possível avaliar e expor as contribuições teóricas da solução na fase de análise e reflexão, através da compreensão do slack e do reconhecimento das melhorias finais na fase de projeto, além da realização de uma análise crítica de todo o andamento do estudo.

No que diz respeito à avaliação do artefato, esta ocorreu na fase de desenvolvimento do delineamento da pesquisa, em que tanto as melhorias quanto a compreensão e aplicação do

slack foram discutidas e desenvolvidas juntamente com a empresa, principalmente durante os *workshops*. Com relação às melhorias, estas foram sendo definidas a partir da observação das maiores dificuldades encontradas ao longo de todo o sistema de produção, aliadas a inovações que foram sendo propostas conforme as condições e características da empresa em questão, tornando possível a sua avaliação concomitantemente ao seu desenvolvimento. Quanto à compreensão e aplicação do slack, realizaram-se a partir da revisão bibliográfica, juntamente com o diagnóstico do sistema de produção da empresa, através de discussões com os gerentes e a equipe técnica, e também por meio da análise de documentos disponibilizados. A partir das informações coletadas, realizou-se uma análise aprofundada da dinâmica do sistema de produção, procurando verificar as variáveis que criam os comportamentos observados no sistema, tornando possível alterar a origem dos problemas encontrados, ao invés de apenas lidar com os seus sintomas. Sendo assim, esta análise também foi discutida diretamente com a empresa, destacando novamente os *workshops*, onde foi possível visualizar as variáveis e suas interações, positivas e negativas, permitindo assim uma melhor compreensão e aplicação do slack.

4.6 PECULIARIDADES DA ESTRUTURA METÁLICA

Ao longo do estudo foi possível observar determinadas peculiaridades da estrutura metálica, isto é, características importantes deste sistema construtivo que, quando reconhecidas, auxiliam para uma maior precisão no planejamento do processo de projeto. Uma das principais peculiaridades identificadas neste estudo é o foco excessivo no peso final da estrutura, já que o mesmo influencia diretamente no custo final do produto, considerando que o aço, como sendo a matéria prima deste sistema construtivo, possui custos elevados e com altas variações no mercado. Portanto, a empresa procura customizar as peças de acordo com cada projeto, com o objetivo de reduzir ao máximo o peso de cada uma.

Devido à alta customização para redução do peso total da estrutura, verifica-se uma elevada variedade de peças, o que dificulta o detalhamento por parte dos projetistas e aumenta sua demanda de trabalho, já que não há um padrão a ser seguido, devido às variações de medidas. Ainda, dependendo do detalhamento realizado pelo setor de projetos, observa-se a necessidade de demandar processos específicos, como cortes especiais e soldas, executados na fábrica.

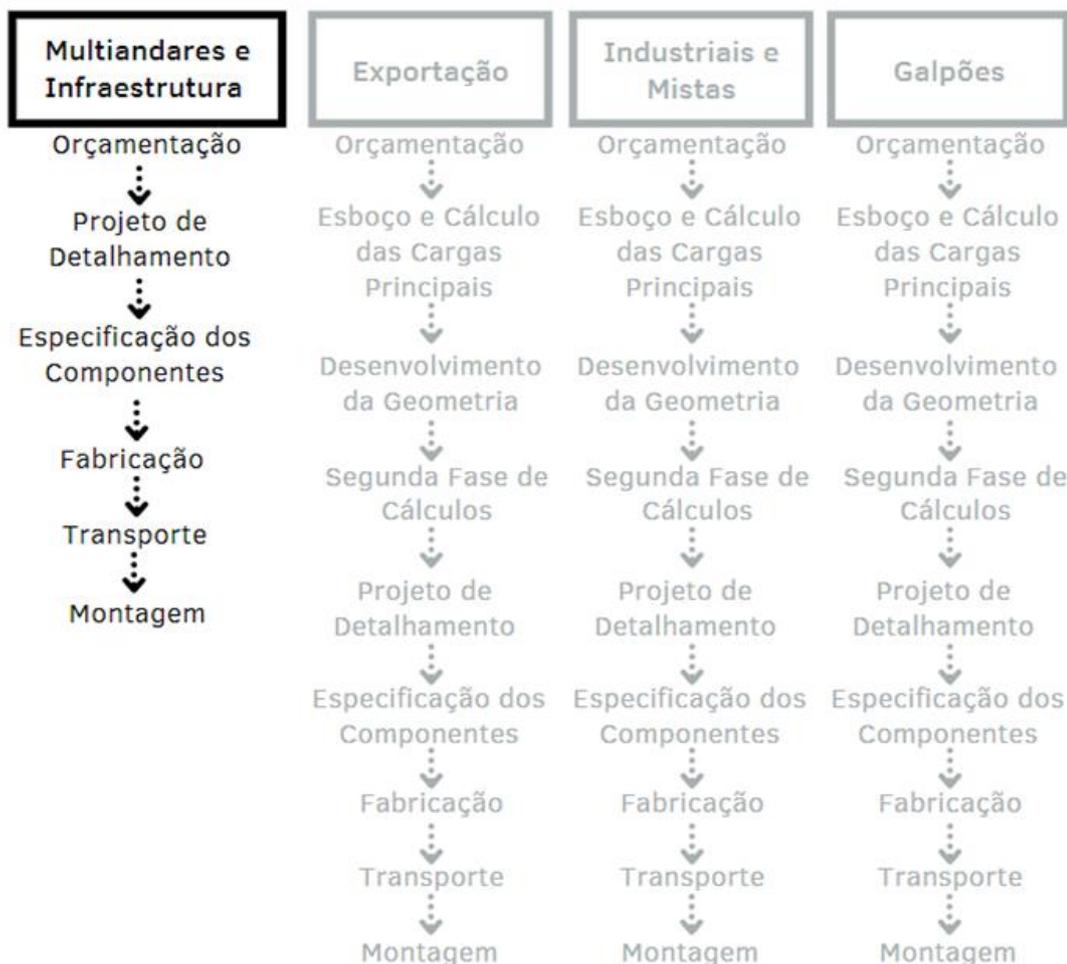
5 RESULTADOS

Este capítulo descreve os resultados obtidos a partir do estudo realizado. Primeiramente, aborda sobre uma visão geral do sistema de produção da empresa, destacando as principais etapas de projeto, fabricação e montagem. Após, apresenta o caso do hospital, onde foi realizado o estudo. Como terceira seção, apresenta uma análise da dinâmica do sistema, seguida do reconhecimento e da classificação dos slacks.

5.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO DA EMPRESA

A empresa está dividida em três unidades, localizadas nas cidades de: Nova Bassano - RS (matriz), Chapecó - SC e Porto Alegre - RS. Internamente, sua estrutura é dividida em quatro diferentes setores, conforme mostra a Figura 12 abaixo, sendo eles: Multiandares e Infraestrutura; Exportação; Industriais e Mistos; e Galpões. Cada uma destas quatro divisões possui uma equipe coordenada por um gestor de projetos. Todas as equipes possuem seus projetistas e engenheiros de obras/montagem. Ainda, é importante destacar que cada setor possui suas particularidades e seu próprio processo de produção. Assim sendo, a mestranda desenvolveu seu estudo empírico na primeira divisão, ou seja, na parte de multiandares e infraestrutura.

Figura 12 - Divisão da empresa em setores



Fonte: elaborado pela autora.

A partir das reuniões realizadas e dos documentos analisados, foi possível obter uma visão geral do processo, incluindo as principais atividades pelas quais os projetos precisam passar, bem como os marcos em que o gestor de projetos precisa estar ciente. Com base nisso, verificou-se que, no caso de o cliente solicitar um projeto do zero, o processo é dividido em dez etapas sucessivas: orçamentação, fase de esboço, cálculo das cargas principais, desenvolvimento da geometria, projeto de detalhamento, segunda fase de cálculos, especificação dos componentes, fabricação, transporte e montagem.

No decorrer do processo de **orçamentação**, existe uma grande interação entre os departamentos de planejamento e de vendas. O departamento de planejamento é responsável por definir o

cronograma de longo prazo, além de verificar a viabilidade de entrega do projeto dentro do prazo solicitado pelo cliente. Quando o cliente e a empresa chegam a um acordo, o negócio é formalizado por meio de documentação específica contendo os principais requisitos do projeto. Esta documentação é então enviada para o departamento de planejamento, concluindo a fase de orçamentação.

Na **fase de esboço**, ocorre a primeira tentativa de converter os requisitos do cliente em especificações do produto, tornando possível a definição da geometria principal do edifício. A partir desta definição, a equipe de projeto é capaz de **calcular as cargas principais**, fornecendo as cargas da estrutura nas fundações para que o cliente inicie seu projeto e sua construção. Para encerrar esta fase, realiza-se uma reunião com o cliente para aprovação da geometria da estrutura metálica desenvolvida até o momento. Após o cálculo das cargas principais, passa-se para a próxima fase, que consiste no **desenvolvimento da geometria** escolhida, que ocorre até que o projeto esteja pronto para ser detalhado.

Posteriormente à aprovação do anteprojeto por parte do cliente, que costuma ocorrer através de trocas de informações por meios eletrônicos e que leva em torno de dez dias, inicia-se o **projeto de detalhamento**. Depois de concluído, inicia-se a **segunda fase de cálculos**, onde se realiza a estimativa de custo do projeto em relação ao que foi negociado na fase de orçamentação, podendo resultar em aditivo ou em lucro, ou seja, se a estimativa inicial assumiu mais toneladas do que o obtido na segunda fase de cálculos, significa que a empresa terá um lucro extra. Entretanto, se for verificado, nessa fase, que o projeto possui um peso maior do que o previsto, a margem de lucro será menor do que o esperado. Neste caso, na maioria das vezes, o projeto é interrompido, sendo necessária a aprovação da diretoria da empresa para dar seguimento. Importante ressaltar que quando a diferença do que foi previsto na fase da orçamentação com o que foi estimado na segunda fase de cálculos for muito significativa, a empresa procura renegociar o preço do projeto com o cliente.

Normalmente, o engenheiro de projetos realiza duas visitas ao local onde será iniciada a montagem da estrutura, 45 e 30 dias antes das atividades de montagem começarem. Caso seja detectado algum problema, o projeto de detalhamento e a fabricação das peças pode ser interrompido até que o problema seja solucionado. Estas visitas preliminares são realizadas com o objetivo de analisar o local, evitando a fabricação de peças que não podem ser entregues ou montadas, por motivos variados. Além disso, após a segunda fase de cálculos e para que seja

possível dar início à fabricação, realiza-se a **especificação dos componentes**, em que os componentes, ou peças, definidos no projeto de detalhamento são nomeados e enviados à máquina correta na fábrica. Concluída esta etapa, inicia-se o processo de **fabricação**. Assim que um determinado número de componentes estiver fabricado, realiza-se o processo de **transporte** para o local de montagem. Com base nisso, o fluxo do projeto acaba no canteiro de obras, onde ocorrem os processos de **montagem**.

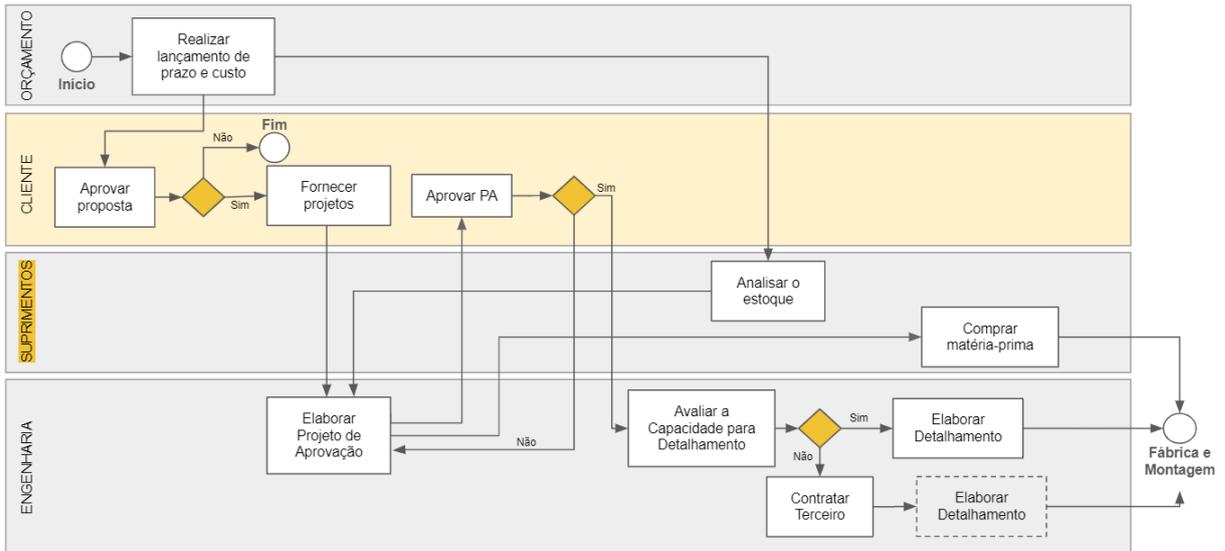
5.1.1 Projeto

Na etapa de projeto, ou etapa de engenharia, conforme identificada pela empresa, ocorre a elaboração do projeto de aprovação a partir dos projetos fornecidos pelo cliente após a aprovação da proposta. Após a conclusão do projeto, este é enviado ao cliente para aprovação, considerando que, em caso negativo, o projeto retorna ao setor de engenharia para a realização das alterações necessárias e em caso positivo, segue o fluxo do processo, isto é, os projetistas do setor avaliam a sua capacidade para a realização dos detalhamentos, considerando que, se verificarem excesso de capacidade, a demanda é encaminhada para um terceiro. Este realiza o detalhamento e, assim que concluído, encaminha todos os projetos para o setor de engenharia da empresa, o qual é responsável por repassá-los para a fábrica iniciar a produção das peças.

Os setores de orçamento e suprimentos possuem relação direta com o setor de engenharia, pois são considerados interdependentes para a execução do projeto de aprovação. O setor de orçamento é responsável por realizar o lançamento de prazo e custo, o qual, em caso de aprovação do cliente, permitirá a execução do projeto de aprovação, que é elaborado de acordo com a análise de estoque realizada e as consequentes informações fornecidas por parte do setor de suprimentos. Logo após a conclusão do projeto de aprovação, o setor de engenharia gera a ordem de compra de matéria-prima ao setor de suprimentos, que deve atentar aos prazos de recebimento de modo que as programações da fábrica e, conseqüentemente, da montagem sejam respeitadas. Portanto, verifica-se uma relação direta e constante entre os três setores. Além disso, destaca-se a importante influência que o setor de suprimentos, responsável pela compra da matéria-prima, possui em relação a todos os setores da empresa e às etapas do sistema de produção, pois todos dependem da disponibilidade e da especificação da matéria-prima para exercerem as suas funções. Estas relações estão demonstradas através da Figura 13.

O setor de engenharia realiza reuniões semanais de planejamento com os projetistas responsáveis por todas as obras que estão em andamento, com o intuito de acompanhar o andamento dos projetos, sendo possível visualizar a possibilidade de realocação de projetistas para as obras que estão com os prazos de entrega mais curtos ou que, até mesmo, estejam apresentando atrasos.

Figura 13 - Planejamento do processo de projeto



Fonte: elaborado pela autora.

Nas reuniões realizadas tanto com o projetista responsável pelo projeto em questão, quanto pelos projetistas responsáveis por outros projetos, verificou-se a ausência de padronização, com ênfase na etapa de detalhamento, principalmente por conta da divisão de demandas com terceiros, que acabam utilizando medidas e critérios distintos daqueles adotados pelo setor de engenharia da empresa. Esta deficiência de padronização é observada também nas etapas seguintes, de fabricação e montagem, onde acaba sendo demonstrada através de erros in loco e retrabalhos na fase de projetos.

Assim, com base nas constatações realizadas por meio de reuniões com os colaboradores da empresa e do estudo dos projetos e das listas de peças fornecidas, foi possível realizar uma análise mais minuciosa a respeito da ausência de padronização das peças, que deve ocorrer na fase de projetos.

5.1.2 Fabricação

Na etapa de fabricação ocorre o recebimento dos projetos por parte do setor de engenharia. Os projetos devem ser elaborados especificamente para a execução das peças, pois devem estar de acordo com os padrões aceitos pelas máquinas que irão realizar os cortes das chapas, isto é, devem estar dentro dos limites de medidas e tamanhos aceitos.

A programação de toda a produção da fábrica é realizada pelo setor de PCP (Programação e Controle da Produção) que, conforme a Figura 14, é responsável por gerar as ordens de produção através de sistema interno da empresa (SAP), extrair os resultados e, a partir das datas, informar em planilhas do Excel. Tendo estas informações, o setor de PCP realiza sua reunião diária, na parte da manhã, junto com a fábrica para repassar as programações e, se necessário, realizar as reprogramações. Estas podem ocorrer por diversos motivos distintos, sendo alguns deles: falta de suprimentos, mudança de prioridade ou atraso de montagem em determinadas obras.

Figura 14 - Processo do PCP



Fonte: elaborado pela autora.

Na visita à fábrica, foi possível acompanhar o processo de fabricação com maior precisão, através de uma observação aprofundada de todas as etapas e por meio de conversas com os funcionários de diversas hierarquias. Na ocasião, foram feitos questionamentos para o gerente industrial, o coordenador de produção e os operadores das máquinas. Verificou-se que há um grande desperdício de chapa na etapa de corte dos acessórios, pois estes não são padronizados e são cortados sempre buscando o menor peso para a estrutura, conforme demonstra a Figura 15. Estes acessórios se referem a peças menores que são utilizadas na ligação entre peças maiores na montagem.

Figura 15 - Recortes das peças na fábrica



Fonte: elaborado pela autora.

Ainda, o coordenador de produção destacou a dificuldade para seguir os padrões das furações das chapas. Isto ocorre, principalmente, devido ao fato de não haver um padrão único de projeto para o setor de engenharia da empresa e os projetistas terceirizados, fazendo com que as medidas das furações não sejam limitadas a um único critério, o que seria considerado ideal.

Este problema ocorre inclusive com as sapatas, conforme relatado pelo gerente industrial, considerando que estas, muitas vezes, são projetadas e fabricadas com formas e furações diferentes para atender solicitações iguais.

5.1.3 Montagem

A etapa de montagem é considerada a última etapa do sistema de produção da empresa, pois é nela que ocorre a execução de toda a estrutura metálica para ser entregue ao cliente final. Nesta etapa, o engenheiro de montagem, conforme denominado pela empresa, juntamente com sua equipe, possui a responsabilidade de coordenar todo o processo, desde o recebimento das peças no canteiro de obras até a finalização da montagem das estruturas. Desta forma, a equipe de montagem possui contato direto com os setores de projeto e fabricação, que correspondem às etapas anteriores do processo. Quanto ao setor de projetos, este normalmente é procurado pelo engenheiro de montagem quando se verifica alguma incompatibilidade de projeto durante a execução, isto é, quando determinada peça recebida referente à etapa que deve ser executada

não está de acordo com o projeto em termos de medidas e/ou furações, sendo necessário realizar uma adaptação em obra ou aguardar a peça correta enviada pela fábrica, através das alterações realizadas pelo setor de projetos. Já em relação à fábrica, a comunicação por parte do engenheiro de montagem costuma ocorrer nos casos em que há atraso na entrega das peças de uma determinada etapa que está programada para ser executada, ou quando alguma peça chega no canteiro diferente do que estava detalhado em projeto ou até mesmo com algum defeito de fabricação ou avaria originada durante o transporte.

Quanto ao setor de montagem, é possível destacar diversas ações importantes, a começar pela realização do relatório semanal, enviado ao gerente de montagem e ao gerente de contratos, que consiste em informar o avanço físico da obra, por meio de uma comparação entre a porcentagem prevista e a realizada, além de informar às equipes de montagem, os planos de ação para a semana seguinte, possíveis restrições de materiais e quaisquer observações que o engenheiro julgar necessárias.

Para se obter as porcentagens referentes ao avanço físico, é necessário alimentar semanalmente a planilha de avanço da montagem, onde constam os módulos da estrutura e suas respectivas etapas, além das datas de início de cada semana.

Além dos relatórios semanais de obra, são fornecidos outros documentos importantes por parte do engenheiro de obra ao gerente de contratos e ao gerente de montagem, sendo eles: *dashboards*, indicadores de estrutura e relatórios de qualidade e lições aprendidas. Estes documentos colaboraram para um acompanhamento mais efetivo, por parte da aluna, de todo o andamento da obra e suas particularidades.

Os *dashboards* são enviados juntamente com os relatórios semanais e demonstram as porcentagens das atividades previstas e realizadas, informadas no relatório, através de gráficos que representam sempre as quatro últimas semanas. Este documento auxilia em uma melhor visualização da produtividade, já que consegue colocar todas as informações em uma única interface, facilitando a compreensão do processo em tempo atualizado. Quanto aos indicadores de estruturas, estes são enviados mensalmente e tem como premissa informar a evolução da montagem diariamente, durante os últimos três meses. Apontam o total de peças montadas até a emissão do documento e a média de peças montadas por dia e por frente de trabalho, além de

apresentar um resumo com o desvio de peças. A partir do desvio, é possível estimar a produtividade necessária para a recuperação do prazo, além de informar o avanço físico em relação ao mesmo período de tempo de três meses.

Por fim, os relatórios de qualidade e lições aprendidas, conforme a Figura 16, também costumam ser enviados com uma frequência aproximada de três meses, variando conforme a existência e a quantidade de ocorrências registradas na obra. Estes são enviados com o objetivo de discutir e buscar soluções e melhorias para todas as obras e em todos os setores da empresa, pensando na redução de retrabalhos e na qualidade do produto final. Sendo assim, primeiramente são colocadas as informações gerais da obra, tais como: localização, cliente, área total, número de etapas e peso total. Logo após, são informadas todas as ocorrências registradas na montagem, as quais podem estar relacionadas com qualquer um dos setores anteriores do processo – projeto e fabricação. As ocorrências são descritas seguindo um padrão, devendo primeiramente informar o problema, logo após, indicar uma referência, caso já tenha ocorrido em outras obras, na sequência, apontar as dificuldades originadas por conta do problema e, por fim, a solução encontrada pela equipe de montagem para dar andamento nos serviços com a maior brevidade possível. Ainda, a maior parte das ocorrências são representadas por fotos para facilitar a visualização e o entendimento por parte dos membros da empresa que receberão o relatório.

Figura 16 - Primeira página do relatório de qualidade e lições aprendidas



Fonte: elaborado pela autora.

5.2 CASO DO HOSPITAL

Referente ao caso do hospital, local onde foi realizado todo o estudo empírico, foi possível analisar e destacar certas peculiaridades encontradas nas etapas do sistema de construção. No que diz respeito ao processo de projeto, observou-se a necessidade de contratação de terceiros para o desenvolvimento dos projetos de detalhamento, levando em conta a alta demanda devido à necessidade de atender aos requisitos do cliente, considerando o hospital como um local de alta complexidade e que demanda de um ambiente preparado para receber um grande número de equipamentos específicos. Além disso, verificou-se uma grande dificuldade em realizar as revisões dos projetos, incluindo aqueles elaborados dentro da empresa e pelos terceiros contratados, o que acaba resultando no envio de projetos sem revisão para a fábrica. Em relação a este setor, foi perceptível a falta de critérios e de revisões nos projetos, já que, em muitas situações, as peças fabricadas possuíam as mesmas dimensões e a mesma aplicação, porém suas furações eram de tamanhos diferentes, principalmente no caso dos pilares, vigas e sapatas, conforme demonstrado na Figura 17. Ainda, devido à premissa de otimização do peso da

estrutura, observou-se uma grande quantidade de acessórios, de mesmo tipo e mesma aplicação, com diferentes dimensões, devido à variedade de cortes, com o objetivo de reduzir o seu tamanho. Todavia, constatou-se que há uma sobra significativa de retalhos de chapas, já que não é seguido um formato específico de corte, o que acaba resultando em desperdício, já que não se consegue mais aproveitar a maior parte destes retalhos, com exceção das miscelâneas, também apresentadas na Figura 17, que são peças muito pequenas, utilizadas para auxiliar na fixação de peças maiores, que possuem formato e tamanho padronizados e que conseguem ser fabricadas a partir da sobra de algumas chapas.

Figura 17 - Peças das sapatas, vigas e miscelâneas



Fonte: elaborado pela autora.

Quanto à etapa de montagem, é importante ressaltar a dependência da empresa, em relação às demais contratadas, para conseguir executar o projeto dentro do cronograma apresentado e dos requisitos solicitados pelo cliente. Deste modo, verificou-se uma dificuldade em compatibilizar a montagem da estrutura metálica com as demais áreas - incluindo elevadores, divisórias internas, esquadrias, concreto, fachada com placas de concreto e etc. - já que algumas interferências de projeto foram identificadas apenas durante a sua execução, como aconteceu com a instalação dos elevadores, que apresentou divergência entre as medidas dos espaços e das máquinas. Ainda, o empreendimento estudado passou por diversas alterações de projeto, solicitadas pelo cliente, durante a sua execução, o que acabou resultando em divergências durante a montagem das peças e consequentes atrasos na entrega das etapas. No entanto, estas situações contribuíram para salientar a importância do slack para tentar evitar estes problemas

e/ou para preparar o sistema em caso de necessidade de soluções imprevisíveis, proporcionando à aluna uma busca pelas oportunidades de slack para este estudo.

5.2.1 Possibilidade de uso de redundância em projeto

Foram analisados os projetos e as listas de peças referentes às primeiras etapas. Nestas listas, atentou-se para duas principais colunas, sendo elas: código da marca e peso da marca, conforme demonstra a Figura 18. É importante destacar a dificuldade de analisar a unidade de uma peça de montagem (pilar viga, sapata), pois esta normalmente é formada por uma variedade de peças menores, representadas na coluna “código posição”, que possuem diferentes dimensões de espessura, corte (largura) e comprimento. Além disso, a maior parte dos códigos das peças que formam a unidade de montagem é muito semelhante, representadas por letras e números, sendo extremamente importante analisar a lista de peças juntamente com os projetos de execução, para que não sejam confundidos os códigos e suas respectivas peças.

Figura 18 - Lista de peças

ITEM	ABRA	NUMERO	ETAPA	UNID	EF	FG	HI	TI	DOCUMENTO/BRANCO	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE						
					CO	DE	CO	DE		CO	DE	DE	DE	CO	DE	DE					

estas etapas conseguem transmitir uma ideia geral de repetitividade das peças de todas as etapas da montagem. Deste modo, verificou-se uma maior repetitividade das peças na etapa 4, com destaque para as vigas.

Tabela 3 - Peças exclusivas das 6 primeiras etapas

Peças exclusivas				
ETAPAS	TOTAL	Pilar	Viga	Contravento
1	92	23	57	10
2	112	25	70	14
3	88	22	57	9
4	49	16	25	8
5	107	39	61	3
6	102	23	68	4

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 4 - Peças repetidas das 6 primeiras etapas

Peças repetidas				
ETAPAS	TOTAL	Pilar	Viga	Contravento
1	21	2	15	4
2	81	0	75	4
3	173	6	143	17
4	244	19	207	8
5	142	12	92	6
6	10	2	8	0

Fonte: elaborado pela autora.

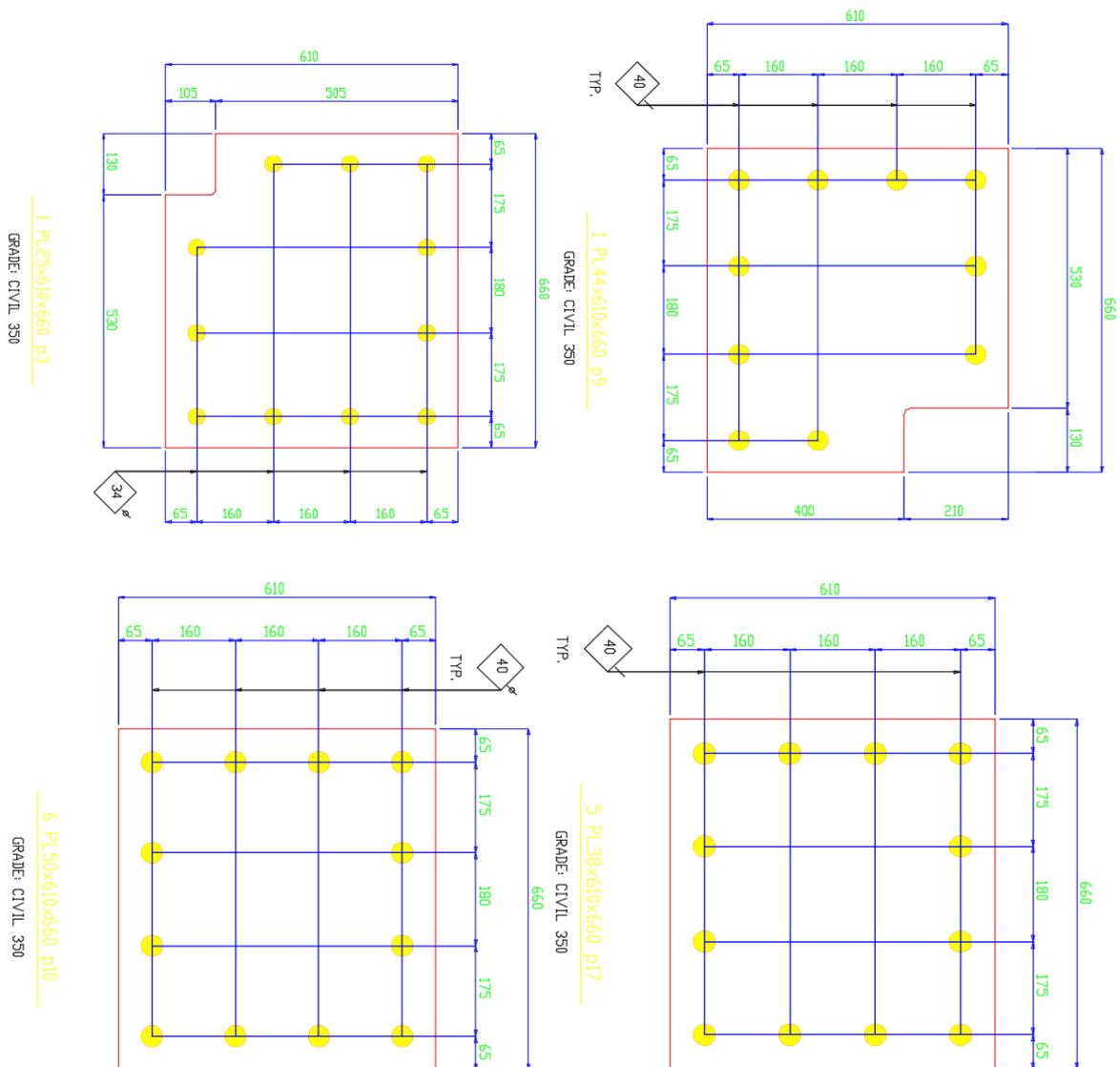
Tabela 5 - Porcentagem de peças repetidas das 6 primeiras etapas

% Repetidas				
ETAPAS	TOTAL	Pilar	Viga	Contravento
1	19%	8%	21%	29%
2	42%	0%	52%	22%
3	66%	21%	72%	65%
4	83%	54%	89%	50%
5	57%	24%	60%	67%
6	9%	8%	11%	0%

Fonte: elaborado pela autora.

Com base nestas informações, realizou-se uma análise da lista de peças e dos projetos de detalhamento das sapatas, inseridas na etapa 1, onde foram identificadas as sapatas p3, p9, p10 e p17, representadas na Figura 19.

Figura 19 - Detalhamento das sapatas p3, p9, p10 e p17



Fonte: fornecido pela empresa.

Após filtrar e identificar todas as sapatas na lista de peças, através de códigos estabelecidos pela empresa, foram ponderadas as características de cada uma, sendo as mais relevantes: espessura, corte (largura), comprimento e peso da posição. A partir destas informações, foi possível visualizar, conforme mostra a Figura 20, que as únicas características que tiveram variação entre as sapatas foram a espessura e, conseqüentemente, o peso da peça, pois tanto a largura quanto o comprimento se mantiveram iguais. Portanto, caso todas as peças fossem iguais, ou seja, se tivessem as mesmas dimensões, precisariam considerar a maior espessura entre todas

as sapatas, resultando no maior peso, de 160,55, valor próximo à média de 134,66 de todos os pesos. Sendo assim, o peso total das posições considerando espessuras diferentes é de 1615,94, enquanto o peso total considerando as espessuras iguais é de 2408, 25, apresentando uma diferença de 792,31.

Figura 20 - Lista de sapatas

CÓDIGO AGRUPADOR	DOCUMENTO (PRANCHA)	CÓDIGO MARCA	CÓDIGO POSIÇÃO	ESPESSURA	CORTE (LARGURA)	COMPRIMENTO	DESCRIÇÃO	PESO DA POSIÇÃO
100	00160A-FA-0010-R00	1P10	p17	37,5	610	660	PL38x610	118,52
100	00160A-FA-0014-R00	1P14	p17	37,5	610	660	PL38x610	118,52
100	00160A-FA-0020-R00	1P20	p17	37,5	610	660	PL38x610	118,52
100	00160A-FA-0021-R00	1P21	p17	37,5	610	660	PL38x610	118,52
100	00160A-FA-0023-R00	1P23	p17	37,5	610	660	PL38x610	118,52
100	00160A-FA-0002-R00	1P2	p10	50,8	610	660	PL50x610	160,55
100	00160A-FA-0016-R00	1P16	p10	50,8	610	660	PL50x610	160,55
100	00160A-FA-0018-R00	1P18	p10	50,8	610	660	PL50x610	160,55
100	00160A-FA-0022-R00	1P22	p10	50,8	610	660	PL50x610	160,55
100	00160A-FA-0024-R00	1P24	p10	50,8	610	660	PL50x610	160,55
100	00160A-FA-0001-R00	1P1	p9	44,4	610	660	PL44x610	140,32
100	00160A-FA-0012-R00	1P12	p3	25,4	610	660	PL25x610	80,27

Fonte: elaborado pela autora.

5.3 ANÁLISE DA DINÂMICA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

Para um melhor entendimento do sistema de produção deste estudo, incluindo suas etapas e seus processos, realizou-se uma análise aprofundada apoiada em uma visão sistêmica, originada pelo modelo da dinâmica de sistemas, o qual possibilita a visualização de interações entre variáveis, com foco em sistemas complexos. A visão sistêmica é baseada na análise dos objetivos e na tomada de determinadas decisões que irão afetar a realidade do sistema e, conseqüentemente, gerar efeitos colaterais, podendo estes serem manifestados na forma de problemas ou de soluções imprevisíveis, influenciando novamente na realidade, formando assim um ciclo. Desta forma, relaciona-se o slack a estes efeitos colaterais, justamente para tentar evitar determinados problemas ou até mesmo para preparar o sistema em caso de necessidade de soluções imprevisíveis.

Se for analisado mais a fundo o nível da estrutura do sistema, entretanto, pode-se começar a ver o que cria os comportamentos que são observados e, então, tomam-se medidas para alterar as estruturas. Isso permite alterar a origem de um problema, em vez de apenas lidar com os sintomas. O poder do pensamento sistêmico vem desse foco no nível de estrutura sistêmica, onde reside a maior alavancagem para a resolução de problemas. A abordagem de sistemas pode ajudar a esclarecer os problemas atuais, contribuindo para a sua reformulação a partir de uma perspectiva fundamentalmente diferente. Ainda, o pensamento sistêmico oferece uma

variedade de ferramentas para obter uma visão mais profunda dos problemas, desde ferramentas mais simples de papel e caneta, como diagramas de loop causal, até ferramentas mais complexas, como modelos de simulação de computador e ambientes de aprendizagem projetados.

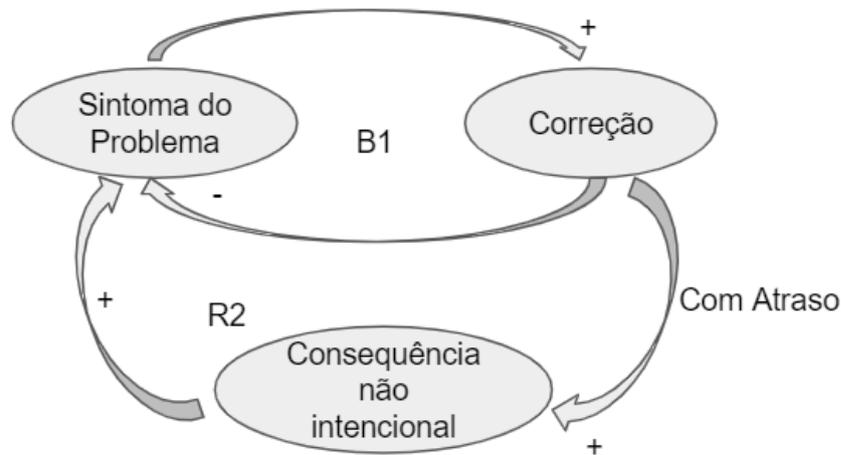
5.3.1 Arquétipos

Os arquétipos são uma classe de ferramentas que capturam as “histórias comuns” no pensamento sistêmico, isto é, os fenômenos dinâmicos que ocorrem repetidamente em vários ambientes. Eles são poderosas ferramentas para diagnosticar problemas e identificar intervenções de alto impacto que irão criar mudanças fundamentais. São representados por meio de *links* e *loops*, responsáveis por relacionar as variáveis do sistema, em que possuem o símbolo ‘+’, que é inserido em uma ligação causal entre duas variáveis, onde uma mudança em X causa uma mudança em Y na mesma direção, ou onde X adiciona a Y. Já o símbolo ‘-’ é aplicado em uma ligação causal entre duas variáveis, onde uma mudança em X causa uma mudança em Y na direção oposta, ou onde X subtrai de Y. Além disso, as letras ‘R’ e ‘B’ também são utilizadas nos arquétipos, considerando que ‘R’ simboliza um ciclo de feedback de “reforço” que amplifica a mudança, enquanto ‘B’ significa um ciclo de feedback de “balanceamento” que busca equilíbrio.

A partir disso, o primeiro arquétipo, representado na Figura 21, faz referência às “correções que falham”, em que um sintoma do problema solicita uma resolução. Sendo assim, uma solução é rapidamente implementada para aliviar o sintoma (B1), mas as consequências não intencionais da solução acabam agravando o problema (R2). Com o tempo, o sintoma do problema retorna ao seu nível anterior ou até mesmo piora.

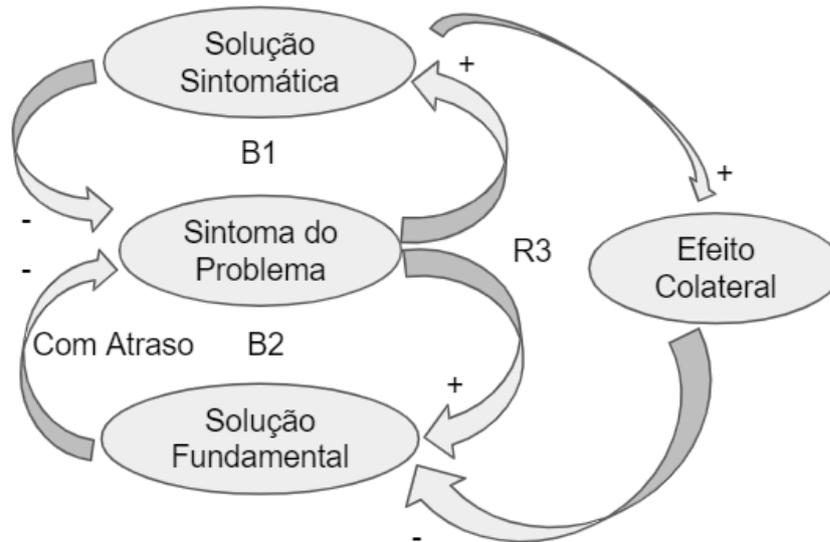
O segundo arquétipo, na Figura 22, o qual se refere à “transferência do fardo/vício”, um problema é “resolvido” aplicando uma solução sintomática (B1) que desvia a atenção longe de soluções mais fundamentais (R3). Dentro de uma estrutura de “vício”, uma “transferência de fardo” se degrada em um vício padrão no qual o efeito colateral fica tão impregnado que supera o sintoma original do problema.

Figura 21 - "Correções que falham"



Fonte: adaptado de Kim (1992)

Figura 22 - "Transferência do fardo/vício"



Fonte: adaptado de Kim (1992)

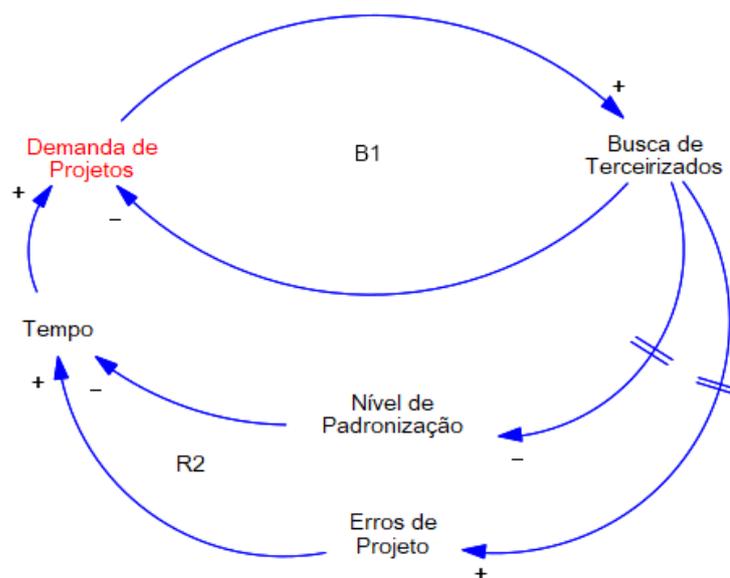
Com base nos arquétipos apresentados, foram introduzidas as principais relações entre variáveis encontradas durante o processo deste estudo. Na primeira relação, representada na Figura 23, e que tem como problema a alta customização das peças, observa-se a alta demanda de projetos como sintoma deste problema e a busca de terceirizados como a solução para aliviar a capacidade do setor de projetos da empresa, porém as principais consequências não intencionais observadas em um período após a implementação das soluções são o baixo nível de padronização nos projetos, além de uma maior quantidade de erros, que acabam resultando em

retrabalhos, fazendo com que os sintomas do problema retornem ao seu nível anterior, ou até piores.

Já na Figura 24 tem-se como sintoma do problema o baixo nível de padronização nas furações de obras especiais e como solução imediata a execução de diferentes furações por parte da fábrica, para atender aos requisitos do cliente. No entanto, encontram-se, no decorrer do processo, erros de fabricação e montagem e consequentes atrasos na entrega e na montagem das peças no canteiro de obras, retornando ao sintoma do problema, que assim como a situação acima, consiste na customização das peças.

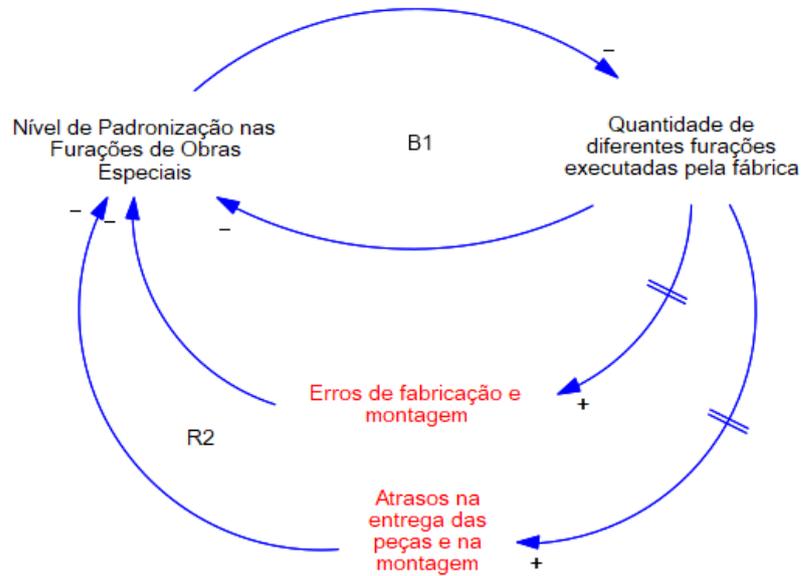
No último arquétipo, na Figura 25, a dificuldade no desenvolvimento do projeto de aprovação é considerada o sintoma do problema, enquanto que a solicitação do cliente é a solução sintomática, isto é, desvia a atenção de uma maior padronização dos projetos como sendo a solução fundamental. Como efeito colateral da solução sintomática, ou seja, do cumprimento da solicitação do cliente para o desenvolvimento do projeto, tem-se a preocupação em atender todos os seus requisitos, apesar da solução fundamental para o sintoma do problema ser o desenvolvimento de projetos com maior padronização.

Figura 23 - Relações entre variáveis no arquétipo "Correções que falham"



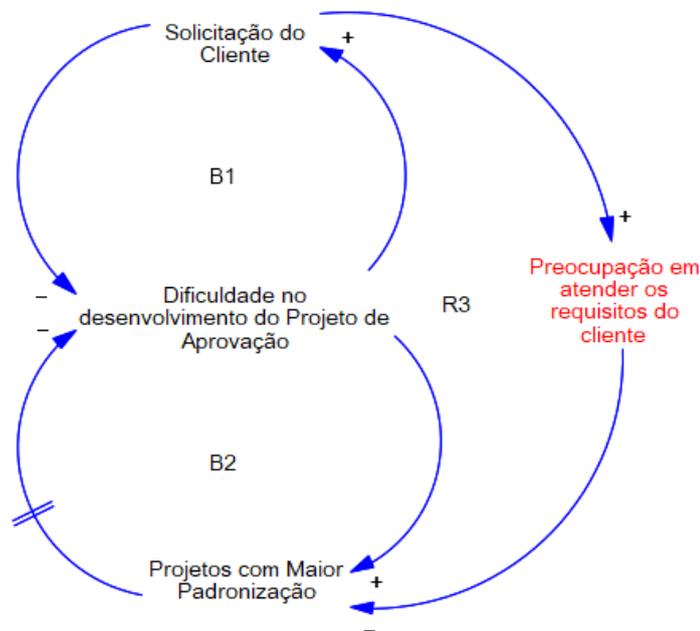
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 24 - Relações entre variáveis no arquétipo "Correções que falham"



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 25 - Relações entre variáveis no arquétipo "Transferência do fardo/vício"



Fonte: elaborado pela autora.

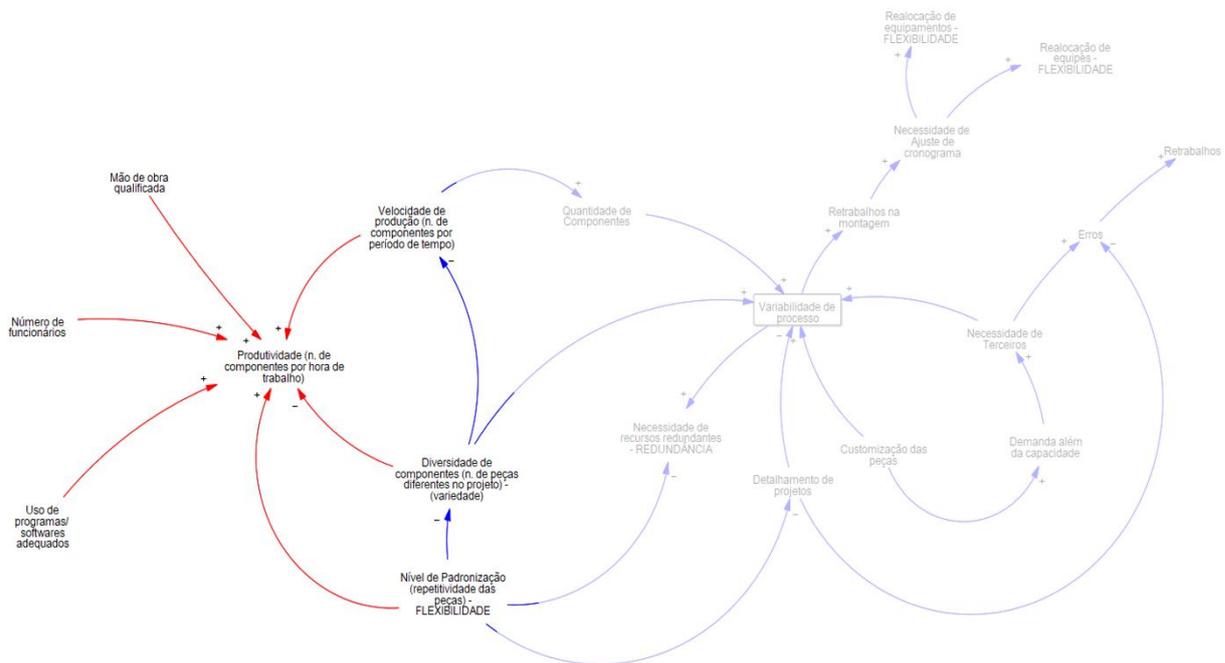
Em vista do exposto, constata-se que, muitas vezes, um evento que é visto como o sintoma do problema pode ser o ponto de partida, pois proporciona traçar o padrão de comportamento de eventos semelhantes durante um período de tempo, fazendo com que o arquétipo contribua para

identificar as estruturas sistêmicas responsáveis. Além disso, intervenções de alto nível geralmente se tornam claras quando o arquétipo apropriado é identificado.

5.3.2 Visão geral

O primeiro ciclo, representado Figura 26, tem como destaque a produtividade, que se refere ao número de componentes por hora de trabalho, e que é diretamente influenciada por diversas variáveis. A maioria das variáveis relacionadas apresentam um comportamento similar ao da produtividade, na medida que um cresce, a produtividade cresce. Quanto maior o nível de padronização, o uso de softwares adequados, o número de funcionários, a mão de obra qualificada e a velocidade de produção, maior é a produtividade da empresa. Já em relação à diversidade de componentes, a relação é inversa, pois quanto maior o número de peças diferentes no projeto, menor será a produtividade.

Figura 26 - Parte das relações entre variáveis do sistema de produção



Fonte: elaborado pela autora.

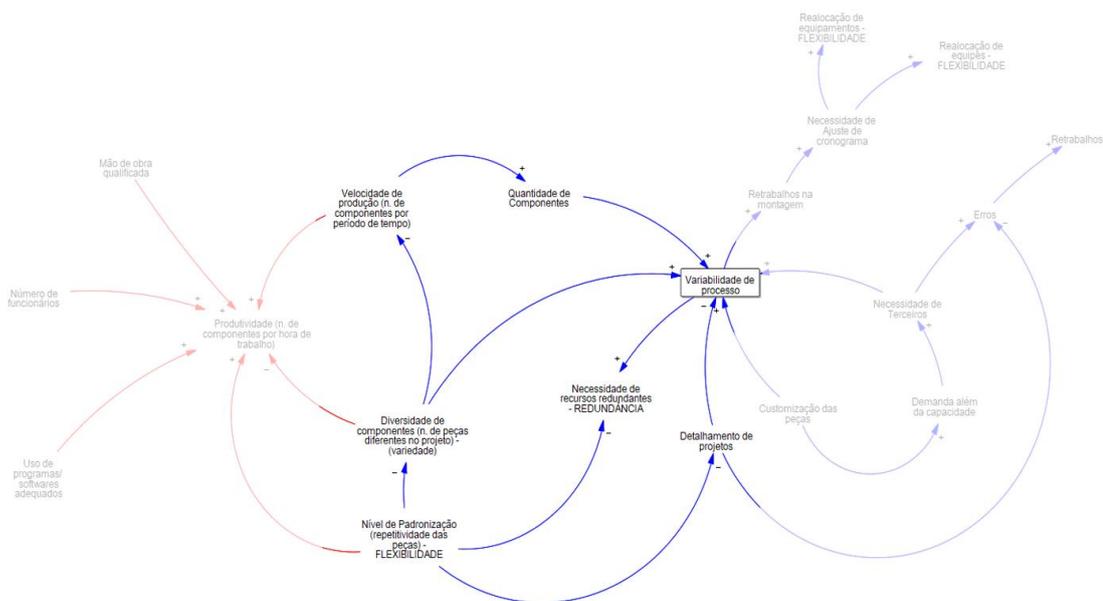
No ciclo representado na Figura 27 observa-se que as variáveis estão relacionadas à variabilidade de processo. Nesta situação, observa-se que quanto maior a variabilidade de processo, maior a necessidade de recursos redundantes, que fazem parte da estratégia de

redundância de slack. O nível de padronização das peças apresenta um crescimento oposto à variabilidade, pois quanto maior a repetitividade das peças, menor a quantidade de detalhamentos de projeto e, conseqüentemente, menor a variabilidade de processo. Todavia, a diversidade de componentes e a variabilidade de processo aumentam juntas, pois quanto maior o número de peças diferentes no projeto, menor a velocidade de produção e maior a variabilidade de processo.

Na Figura 28 nota-se a continuação das relações entre as variáveis associadas à variabilidade do processo. Nesta situação, verifica-se que a variável de customização das peças é diretamente proporcional à variabilidade de processo, ou seja, quanto maior a customização, maior a probabilidade de a demanda superar a capacidade, sendo necessária a contratação de terceiros, que aumentará a variabilidade de processo, resultando em uma maior quantidade de erros e retrabalhos nos setores de projeto, fabricação e montagem.

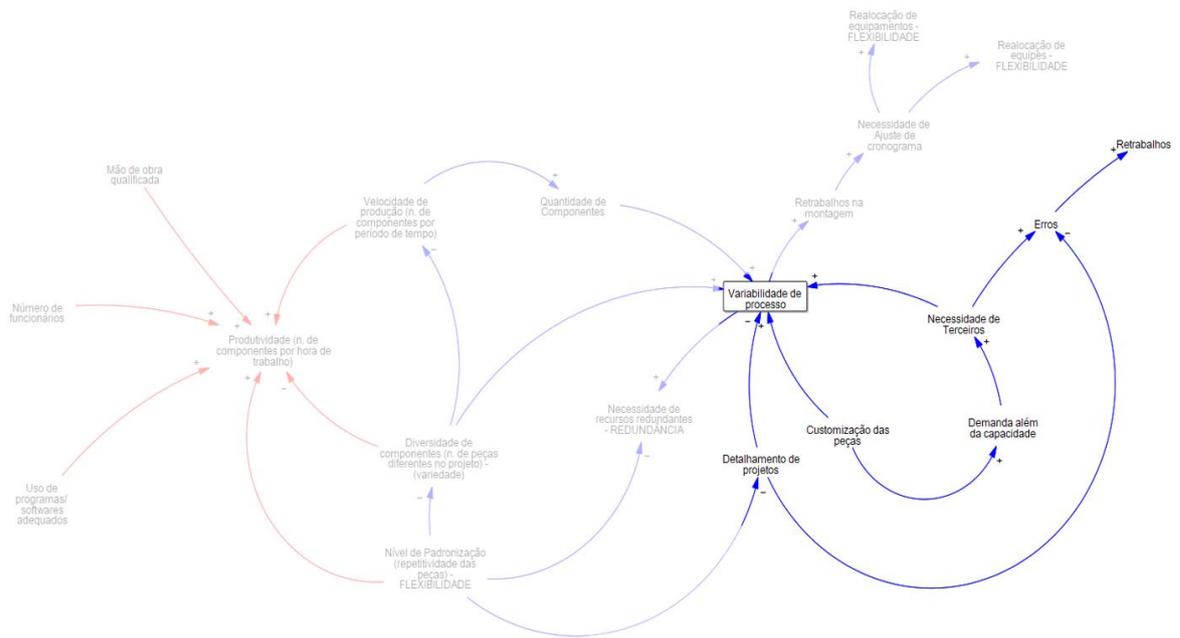
Por fim, na Figura 29, quanto maior a variabilidade de processo, maior é a quantidade de retrabalhos na montagem e, conseqüentemente, maior é a necessidade de ajuste do cronograma, resultando em mais realocações de equipamentos e de equipes, sendo estas consideradas estratégias de flexibilidade de slack. Ainda, é possível observar que todas as variáveis mudam na mesma direção nesta relação.

Figura 27 - Parte das relações entre variáveis do sistema de produção



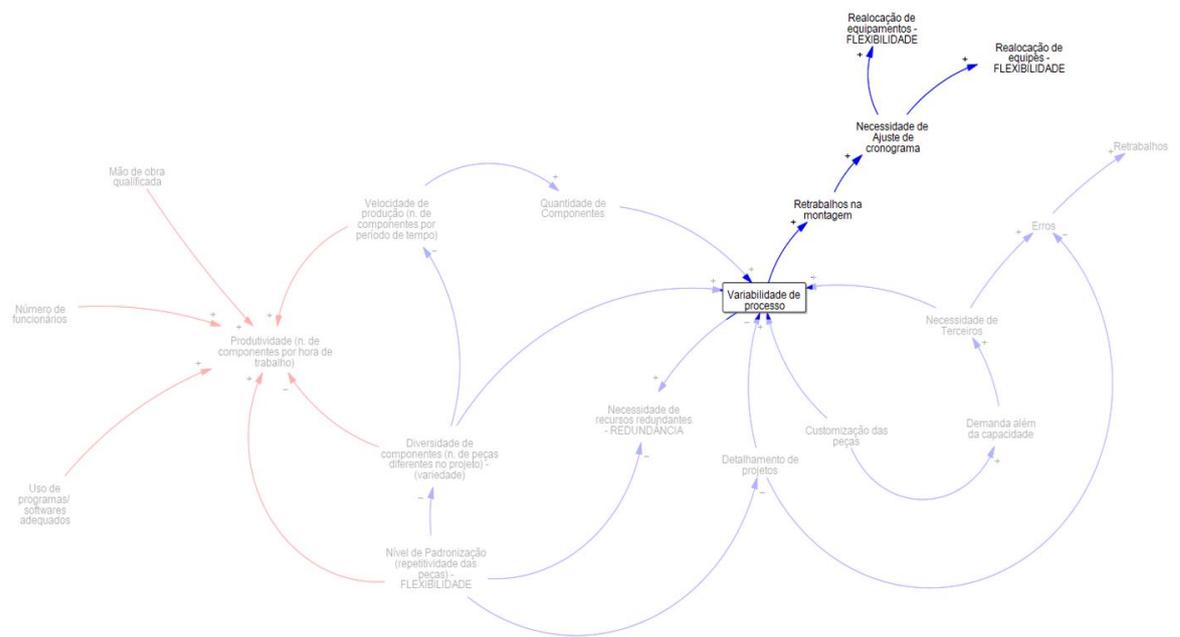
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 28 - Parte das relações entre variáveis do sistema de produção



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 29 - Parte das relações entre variáveis do sistema de produção



Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 6 - Reconhecimento e classificação dos slacks

Exemplo	Recurso de slack	Disponibilidade	Origem	Estratégia de implantação
Furo oblongo	Projeto	Disponível imediatamente	Projetado	Flexibilidade
Realocação de equipes	Pessoas	Não disponível imediatamente	Oportunista	Flexibilidade
Contratação de terceiros	Pessoas	Não disponível imediatamente	Oportunista	Margem de manobra
Solicitação de retalhos de chapa	Material	Não disponível imediatamente	Oportunista	Redundância
Equipamentos para ajustes das peças em obra	Equipamentos	Disponível imediatamente	Oportunista	Redundância
Aproveitamento de recursos	Equipamentos/ Material	Não disponível imediatamente	Projetado	Margem de manobra

Fonte: elaborado pela autora.

O furo oblongo refere-se ao alongamento do furo para colocação do parafuso na chapa. Este é previsto em projeto com o objetivo de deixar uma folga e trazer uma maior flexibilidade para que possam ser utilizados diferentes tipos de parafusos durante a montagem das peças metálicas, portanto é um slack que se encontra disponível imediatamente, já que é pensado para a montagem. Em relação à realocação de equipes, que pode ocorrer devido a diversos motivos, tais como: atraso na entrega da matéria-prima para fabricação, solicitação de correção de projeto de detalhamento e mudança de prioridade, a ordem de execução das etapas programadas no início do planejamento é alterada com frequência, o que traz a necessidade de realocação de equipes para as etapas onde será possível o adiantamento da entrega de componentes, aplicando assim, a estratégia de flexibilidade. Neste caso, as pessoas são o recurso utilizado para adiantar etapas previstas para serem executadas mais adiante, conforme cronograma. Ainda, por conta da alta customização das peças, que influencia na alta demanda e na equipe enxuta, nos momentos em que a empresa possui muitos contratos em andamento, simultaneamente, não havendo capacidade suficiente para o desenvolvimento dos detalhamentos, se faz necessária a contratação de terceiros para a realização dos projetos. Sendo assim, o recurso utilizado neste caso são as pessoas, visando cumprir com os prazos de entrega das fases de projeto, fabricação e montagem.

Outro slack identificado na fase de montagem do empreendimento A, foi em relação a materiais, em que se fez necessário solicitar de 100 a 200 kg a mais de retalhos de chapa metálica para armazenar como estoque na obra, considerando que determinadas peças estão sendo entregues sem as chapas de ligação, tornando-se necessária a execução destas chapas in loco, conforme mostra a Figura 31. Nesta situação, verifica-se que este recurso não é imediatamente disponível e oportunista, pois necessita ser solicitado à fábrica, apresentando a redundância como estratégia de implantação.

Figura 31 - Chapas de ligação



Fonte: fornecido pela empresa.

Identificou-se também como um importante slack os equipamentos para ajustes das peças em obras, nos casos em que as mesmas são entregues com problemas de projeto e/ou fabricação, como o exemplo da chegada de vigas metálicas sem furação na obra, em que se verificou o problema no momento em que seria realizada a montagem dessas vigas. Portanto, houve a necessidade de solicitar ao setor de projetos, o projeto de detalhamento de fabricação das vigas em questão, para que esta furação fosse executada com os equipamentos disponíveis in loco. Outro exemplo recorrente durante a fase de montagem foi a utilização de equipamentos por parte de funcionários da equipe para a execução de cerca de 10 milímetros de recorte em cada ponta das vigas metálicas, considerando que o setor de projetos não havia levado em conta o

desconto que estava previsto no comprimento dessas vigas, como mostra a Figura 32. Neste caso, quanto à disponibilidade, estes tipos de slack estão disponíveis imediatamente no canteiro de obras e também se referem à redundância como estratégia de implantação.

Figura 32 - Viga metálica sem furação e recorte da viga metálica



Fonte: fornecido pela empresa.

Por fim, o slack de aproveitamento de recursos refere-se à utilização e ao compartilhamento de equipamentos e materiais de obras próximas, evitando a necessidade de altos investimentos em determinados itens. Todavia, a utilização destes recursos precisa ser planejada, de modo que não ocorra a paralisação de alguma atividade no decorrer da montagem por ausência de equipamento e/ou material. Sendo assim, a estratégia de implantação deste slack é a margem de manobra, pois associa as demais estratégias de flexibilidade e redundância, já que possibilita a alteração de algumas peças in loco, caracterizando a flexibilidade, além de possuir determinados materiais para situações improváveis, principalmente na falta de alguma peça, caracterizando como redundância.

Cabe destacar que os slacks reconhecidos e expostos acima têm a função de resolver os problemas de maneira paliativa, isto é, sem um planejamento prévio e sem pensar nas possíveis consequências do seu uso. Além disso, a maioria dos slacks reconhecidos ao longo do sistema de produção não são originados da fase de projeto, mas sim, normalmente da fase de montagem,

justamente por não serem pensados na concepção dos projetos, visando contribuir e evitar soluções impulsivas nas etapas de fabricação e montagem.

5.5 OPORTUNIDADES DE MELHORIAS NA FASE DE PROJETO

Este capítulo responde ao objetivo secundário da pesquisa, apresentando as oportunidades de melhorias do processo na fase de projeto. A partir destas melhorias, são expostas as discussões, a avaliação e as contribuições teóricas.

A partir dos ciclos de aprendizagem foram definidas oportunidades de melhorias relevantes para contribuírem de forma prática e teórica com o estudo desenvolvido, sendo elas:

- 1. Focar a padronização das interfaces** – Considerando que o peso é um elemento de grande importância nesse modelo de negócio, pode-se iniciar com a padronização das interfaces entre os elementos metálicos. Deste modo, propõe-se que seja aplicada com o objetivo de criar um conjunto limitado de peças (módulos) intercambiáveis, que combinadas, podem resultar em uma grande variedade de produtos. Sendo assim, através da modularidade de produto é possível projetar peças que possam ser substituídas e combinadas em diferentes etapas da construção, em caso de defeitos ou não recebimento no prazo acordado, já que grande parte destes módulos apresentará as mesmas características. Desta maneira, é possível diminuir o grau de customização dos produtos e, conseqüentemente, aumentar a padronização e o nível de eficiência da produção. A partir disso, pode-se seguir uma ordem de repetitividade das peças, iniciando pelas de menores dimensões, que possibilitam que todo o processo seja controlado, analisando as conseqüências desta padronização e os resultados referentes à otimização da estrutura. Logo, no que diz respeito às peças de menores dimensões, o ideal é pensar primeiramente nos acessórios, como é o caso das chapas de ligações, sucessivamente nas sapatas e, por último, nas peças maiores, como é o caso dos pilares, vigas e contraventos.
- 2. Aumentar o nível de repetitividade das peças, quando possível** – Neste estudo, destaca-se a grande importância da padronização do produto e também do processo de projeto. Foi possível observar que determinadas peças

apresentam uma maior tendência a serem padronizadas, enquanto outras, que exigem uma maior customização, trariam uma maior dificuldade de padronização. Neste caso, pode-se destacar, a partir de uma análise realizada através das listas de peças das etapas, uma maior repetitividade das vigas, em relação aos pilares e contraventos, já que estas apresentam o mesmo peso e as mesmas dimensões em diversos pavimentos, demonstrando assim, uma maior facilidade e tendência de padronização.

- 3. Criar critérios para a definição da complexidade do projeto para auxiliar no entendimento de quais devem ter elementos especiais** - Em relação ao processo de projeto, é importante salientar a presença de diferentes quantidades de recursos utilizados em caso de necessidade, visto que os projetos especiais, ou seja, aqueles pelos quais o cliente fornece todas as especificações e exigências, possuem menos slack em relação aos projetos mais convencionais e com menos exigências por parte do cliente, como é o caso de galpões e multiandares. Sendo assim, quanto menor a utilização de slack, menor a possibilidade de aumento da repetitividade das peças, ou seja, menor a redundância, e menos oportunidades de ajustes, por conta da exigência de formas e medidas exatas, ou seja, menor a flexibilidade. A partir disso, é possível criar critérios para definir a complexidade dos projetos, tornando possível o reconhecimento daqueles que exigem elementos especiais e que, conseqüentemente, possuem uma menor repetitividade das peças.

- 4. Facilitar o processo de projeto por meio da utilização de softwares para prevenção e correção de erros de projeto** - Em relação à padronização do processo de projeto, aponta-se a necessidade de definir softwares padrão entre a empresa e os terceiros para o desenvolvimento dos projetos, além de implementar e programar estes softwares com dois importantes objetivos. O primeiro objetivo é delimitar informações relativas a materiais e dimensões, visando evitar erros e retrabalhos. Já o segundo objetivo é realizar uma revisão de todo o projeto concluído, seguindo as premissas definidas no software,

fazendo com que, em caso da identificação de algum erro, os devidos ajustes possam ser realizados imediatamente, antes mesmo do envio para a etapa de fabricação, evitando que sejam identificados erros no final do processo e que estes tenham que retornar à primeira etapa para serem corrigidos, influenciando na demanda de trabalho do setor de projetos e, muitas vezes, no prazo de entrega das etapas.

- 5. Aumentar a transparência do processo de projeto por meio de plataformas de colaboração e gestão de projetos** - Devido à dificuldade de comunicação entre os setores e ao moroso retorno nas situações em que se faz necessário propor soluções para um determinado problema, orienta-se, além da utilização de softwares para prevenção e correção de erros de projeto, a implementação de plataformas de colaboração e gestão de projetos, que proporcionam, de maneira simultânea, o compartilhamento de todos os projetos, além da comunicação entre todas as partes envolvidas, possibilitando a identificação de interferências e erros que podem ser destacados e comentados para que todos os usuários tenham acesso, facilitando a correção por parte do responsável. Estes softwares, além de proporcionarem uma melhor visualização de todo o projeto, permitem uma visão geral do seu andamento, fazendo com que, caso sejam identificados caminhos críticos, estes possam receber a devida atenção por parte dos responsáveis pelo planejamento do processo de projeto.

A partir do desenvolvimento das oportunidades de melhorias, foi possível visualizar novas oportunidades de slack, expostas na Tabela 7, para o sistema de produção estudado. Deste modo, as duas primeiras oportunidades representadas referem-se ao uso da modularidade, que possui o projeto como recurso, pois é nesta etapa, isto é, na concepção das peças que formam a estrutura, que a necessidade de customização é analisada. Como segunda oportunidade, tem-se a padronização das peças. Esta, assim como a modularidade, também necessita ser pensada e elaborada na fase de projeto, pois é neste momento que é possível analisar e criar as repetitividades. Portanto, quanto à disponibilidade de uso, ambas oportunidades se encontram disponíveis imediatamente e proporcionam uma maior flexibilidade para o sistema de produção.

Referindo-se às outras duas oportunidades, uma delas consiste na implementação de softwares, almejando a prevenção e a correção de erros de projeto antes do envio ao setor de fabricação, evitando retrabalhos e possíveis atrasos nos prazos de entrega. A última oportunidade demonstrada na tabela abaixo refere-se à implementação de plataformas de colaboração e gestão de projetos, para facilitar a comunicação e a visualização dos projetos entre os envolvidos. As duas oportunidades de slack estão igualmente categorizadas, considerando que possuem os equipamentos como recursos, sendo que estes deverão ter todos os softwares necessários instalados e que, uma vez adquiridos, terão disponibilidade imediata. Logo, são classificados como oportunistas e possuem a redundância e a margem de manobra como estratégias de implantação, já que permitem uma quantidade indeterminada de visualizações e ajustes dos projetos.

Tabela 7 - Oportunidades de slack

Oportunidades de slack	Recursos	Disponibilidade	Origem	Estratégia de implantação
Uso da modularidade	Projeto	Disponível imediatamente	Projetado	Flexibilidade
Padronização das peças	Projeto	Disponível imediatamente	Projetado	Flexibilidade
Implementação de softwares para prevenção e correção de erros	Equipamentos	Disponível imediatamente	Oportunista	Redundância
Implementação de plataformas de colaboração e gestão	Equipamentos	Disponível imediatamente	Oportunista	Margem de manobra

Fonte: elaborado pela autora.

5.6 DISCUSSÕES

Com base no diagnóstico do processo de projeto da empresa foi possível observar as principais dificuldades encontradas em cada setor e as possíveis melhorias a serem implementadas. Primeiramente, observa-se uma alta customização das peças, pois tem-se como principais objetivos atender ao máximo os requisitos dos clientes e reduzir o peso total do produto final, já que este influencia diretamente seu custo. Assim, quanto maior a demanda de projetos e a

customização das peças, maior a tendência de contratação de terceiros para desenvolver os projetos de detalhamento. Neste caso, constata-se uma falta de padronização entre a empresa e os terceiros tanto em relação ao desenvolvimento dos detalhamentos das peças quanto à utilização de softwares, resultando em divergências principalmente nos setores de projeto e de fabricação.

Nas situações em que há a necessidade de retrabalho por parte do setor de projetos, principalmente, caso o mesmo tenha sido desenvolvido por um terceiro que tenha utilizado um software divergente ao da empresa, a probabilidade de demora no retorno é alta, já que é necessário solicitar e aguardar o ajuste por parte do terceiro, considerando que o problema poderia ser resolvido internamente, caso fosse utilizado o mesmo software.

Além do exposto, por não haver padronização nos projetos de detalhamento, verifica-se, com frequência, diferenças de medidas de furações em peças iguais, devido a diferentes premissas seguidas pelos projetistas da empresa e pelos terceiros. Estas variedades de medidas afetam diretamente o processo da fábrica, que precisa programar as máquinas e atentar para que as peças sejam cortadas e furadas conforme os projetos de execução. Entretanto, quanto maior a variedade de cortes e furações, maior a chance de ocorrerem erros que, na maioria das vezes, são identificados apenas durante a montagem. A partir disso, algumas situações acabam sendo resolvidas com a utilização de equipamentos disponíveis in loco, principalmente nos casos em que há a necessidade de corte, furação ou solda. Portanto, sugere-se a padronização dos projetos e dos softwares tanto internamente quanto na contratação de terceiros, fazendo com que os erros sejam minimizados nas etapas seguintes de produção.

Outra dificuldade bastante recorrente no decorrer do estudo é a comunicação e colaboração entre os setores, considerando que todos dependem, direta ou indiretamente, uns dos outros. Assim sendo, foi possível perceber que os erros de projeto normalmente são apenas identificados nas etapas sucessivas do processo, isto é, na fábrica ou na montagem, justamente pela falta de revisão desses projetos e por não haver uma análise e discussão prévia entre os setores envolvidos para eventuais ajustes antes do início da fabricação das peças. Logo, quando o setor de fabricação ou montagem verifica um erro em determinada peça, se faz necessário entrar em contato com o setor de projeto, normalmente através de ligação ou por mensagem do WhatsApp, em que são enviadas fotos para demonstrar o problema.

Com base nisso, observa-se que não há uma plataforma definida para a comunicação, fazendo com que ela ocorra por diversos meios e de maneira isolada, ou seja, sem compartilhar com o grande grupo envolvido no projeto. Por isso, sugere-se a inserção e a utilização de uma única plataforma que permita incluir todas as pessoas envolvidas no projeto, isto é, cliente, projetistas, colaboradores do setor de fabricação, engenheiro de montagem e demais membros que forem considerados importantes, para exibir, validar, enriquecer e analisar os projetos de maneira simultânea. A utilização desta plataforma de colaboração e gestão de projetos permite uma melhor visualização e que se tenha os projetos sempre atualizados, além de permitir o compartilhamento de arquivos de maneira rápida e segura e promover um projeto colaborativo, por meio de um painel de controle onde é possível ter uma visão geral do andamento do projeto, além de notificações automáticas. Ainda, em caso de dúvidas ou detecção de erros por parte de qualquer membro envolvido, é possível destacar no projeto e fazer comentários para que todos os demais envolvidos consigam visualizar e procurar a solução da forma mais rápida possível.

A partir das dificuldades encontradas e das soluções sugeridas para tais, procurou-se demonstrar, através de uma análise da dinâmica do sistema de produção, incluindo a utilização de arquétipos, a relação entre as principais variáveis do processo. Estes arquétipos procuram associar os sintomas do problema com as soluções imediatas, além de demonstrar as consequências não intencionais e os efeitos colaterais que surgem a partir da implementação destas soluções. Desta maneira, foi possível aferir que o sintoma do problema contribui para mostrar que, na maioria das vezes, o problema não é claro, ou seja, há uma certa dificuldade em reconhecê-lo a partir dos sintomas observados. Contudo, deve-se levar em conta que o entendimento do problema é considerado parte da solução em uma Design Science Research, sendo esta metodologia utilizada juntamente com a metodologia principal que é o estudo de caso.

Após o desenvolvimento de uma visão sistêmica e de alguns arquétipos para representar as relações entre as variáveis do processo de produção da empresa do presente estudo, realizou-se o reconhecimento e a classificação dos slacks, além da demonstração de novas oportunidades de slacks. Com base nisso, considera-se importante destacar o furo oblongo como um dos slacks identificados no processo de projeto e que está relacionado ao desenho do produto. Este consiste em um furo alongado que é projetado com o objetivo de aceitar parafusos de diferentes

tamanhos, não se restringindo a um tipo específico, permitindo assim, uma flexibilidade no momento na montagem. Neste caso, destaca-se a necessidade deste furo oblongo devido à grande variedade de peças ou, em outras palavras, devido à pouca repetitividade das peças, por conta da preocupação com o peso final da estrutura. Sendo assim, deve-se considerar que no caso de uma maior padronização das peças, menor a necessidade de furos oblongos, já que haveria uma maior facilidade em identificar o tipo de parafuso a ser usado, reduzindo assim a chance de erro de detalhamento, de fabricação e de montagem.

No que diz respeito à repetitividade das peças, considera-se este recurso como um slack de produto, já que torna possível utilizar peças com as mesmas características em diferentes etapas, o que facilita a substituição de uma determinada peça de outra etapa que necessita ser montada em um determinado momento, mas que apresenta algum defeito ou, por algum problema, não foi entregue no canteiro de obras. Deste modo, evitam-se paradas e consequentes atrasos no decorrer do processo de montagem. Com base no exposto, é possível constatar uma importante relação entre slack e padronização, já que, no sistema de produção analisado, há uma grande oportunidade de padronização tanto no que diz respeito ao produto quanto em relação ao processo de projeto.

Quanto à padronização do produto, observa-se que quanto maior for a repetitividade das peças, menor a demanda dos projetos de detalhamento, reduzindo assim a necessidade de contratação de terceiros por parte do setor de projetos, fazendo com que todo o processo de projeto ocorra dentro da empresa e evitando, consequentemente, o apontamento de erros por parte da fábrica ou do canteiro de obras, além de prováveis retrabalhos do setor de projetos. Em relação à padronização do processo de projeto, nota-se uma grande dificuldade em manter um padrão de projeto e em utilizar do mesmo software para todos os projetistas, principalmente quando se trata do detalhamento por parte de terceiros, que muitas vezes utilizam critérios e medidas divergentes para detalhar as peças, além de softwares incompatíveis com aqueles utilizados pela empresa, dificultando assim, o acesso aos projetos por parte dos projetistas da empresa, principalmente em situações de dúvidas, revisões ou, até mesmo, retrabalhos.

Em relação às oportunidades de melhorias, estas foram discutidas, moldadas e avaliadas juntamente com a empresa, principalmente durante os *workshops*. As duas primeiras descritas, que se referem ao foco na padronização das interfaces e ao aumento do nível de repetitividade das peças foram as mais discutidas entre a aluna e os representantes da empresa, pois do mesmo

modo que há uma concordância em relação ao aumento do desempenho a um melhor fluxo de trabalho em todas as etapas, através da aplicação destas melhorias, também há uma grande insegurança aliada a uma dificuldade em visualizar melhores ganhos, sem ter como meta principal a busca pelo menor peso possível da estrutura. No entanto, as duas últimas melhorias, referentes à utilização de softwares e plataformas, foram destaque entre todas as melhorias discutidas, já que foram muito bem aceitas por parte da gerência e da equipe técnica, considerando que todos visualizam diversas dificuldades em relação à prevenção e correção de erros e à transparência do processo de projeto, estimulando assim a adesão destas, apesar de ainda não terem sido implementadas.

Ainda, a compreensão e a aplicação do slack ocorreram a partir da revisão bibliográfica, juntamente com o diagnóstico do sistema de produção da empresa. A partir das informações coletadas, realizou-se uma análise aprofundada da dinâmica do sistema de produção, que foi demonstrada e discutida diretamente com a empresa, onde se possibilitou a visualização das variáveis e suas interações no sistema de produção da empresa, provocando uma discussão baseada nas relações entre diversos conceitos, alguns já conhecidos e outros ainda desconhecidos. A partir disso, os representantes da empresa conseguiram ter uma melhor visualização e um melhor entendimento de todo o sistema, o que os instigou a buscar alterar as origens dos problemas expostos, ao invés de apenas lidar com os sintomas, com ênfase na alta demanda de projetos, que propaga vários outros sintomas, e no baixo nível de padronização das furações.

5.7 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS

No desenvolvimento das oportunidades de melhorias e na compreensão e aplicação do slack baseadas na análise da dinâmica do sistema de produção foram detectadas três contribuições principais relacionadas à aplicação do slack nos sistemas de construção pré-fabricados ETO. Estas contribuições são originadas a partir das aplicações do slack no contexto do sistema ETO.

A primeira contribuição refere-se à inserção do termo slack na fase de projeto de sistemas pré-fabricados ETO, que possuem ambientes caracterizados como CSSs. Assim sendo, o slack tem sido bastante aplicado nos CSSs, conhecidos por serem propensos à variabilidade inesperada,

podendo mitigar a variabilidade e proporcionar resiliência, já que oferece recursos para ajuste de desempenho e manutenção das funções do sistema (SAURIN; WERLE, 2017). Ainda, pensando em reduzir incertezas e o risco de que instalações complexas não funcionem, bem como para acelerar a entrega do projeto, Gil e Beckman (2007) defendem a criação de slack em uma arquitetura de sistemas comprovada para diminuir ou absorver os impactos de mudanças previsíveis durante e após a entrega do projeto.

A segunda contribuição refere-se ao uso da dinâmica dos sistemas para realizar uma análise aprofundada apoiada em uma visão sistêmica, que possibilita a visualização de interações entre variáveis, tanto para uma visão macro quanto para uma visão micro do sistema, esta através dos arquétipos de Kim (1992), com foco em sistemas complexos, como é o caso deste estudo. Esta visão sistêmica se baseia na análise dos objetivos e na tomada de determinadas decisões que irão afetar a realidade do sistema e, por consequência, gerar efeitos colaterais. Deste modo, é possível relacionar o slack a estes efeitos colaterais, com o objetivo de tentar evitar determinados problemas ou preparar o sistema em caso de necessidade de soluções imprevisíveis. Além disso, o uso da dinâmica dos sistemas permite modificar a origem de um problema, ao invés de apenas lidar com os seus sintomas.

Quanto à terceira e última contribuição principal, esta se refere aos conceitos abordados para o desenvolvimento das oportunidades de melhorias, enfatizando a modularidade e a padronização para contribuir para a compreensão e aplicação do slack. Powell et al. (2014) considera que um projeto modular permite que uma organização combine as vantagens da padronização com as de personalização. Ademais, Ballard e Howell (1998) afirmam que uma das ações para reduzir as singularidades na construção civil, está na adoção de boas práticas ainda na fase de design do produto, como o conceito da modularidade. Neste caso, a prática do design está embasada na divisão dos produtos em interfaces independentes, permitindo a padronização dos mesmos (ULRICH, 1994).

6 CONCLUSÕES

Esta pesquisa foi motivada pela oportunidade de implementar melhorias em uma empresa de estrutura metálica. O problema de pesquisa revelou uma lacuna na literatura referente à aplicação de slack na fase de projeto em sistemas construtivos pré-fabricados ETO, em que foram consideradas as peculiaridades deste sistema na construção civil.

Com o objetivo de resolver um problema prático e realizar uma contribuição científica prescritiva, a metodologia utilizada nesta pesquisa foi o estudo de caso, o qual busca entender fenômenos sociais complexos, permitindo que os investigadores se concentrem em um caso e mantenham uma perspectiva holística e do mundo real, juntamente com características da Design Science Research. Sendo assim, realizou-se um estudo aprofundado na empresa de estruturas metálicas, com uma estreita colaboração dos gerentes e da equipe técnica para o desenvolvimento das contribuições.

Diversas foram as contribuições obtidas com base nos objetivos da pesquisa de compreender e aplicar o slack através da dinâmica do sistema de produção e, de forma secundária, de desenvolver oportunidades de melhorias para contribuir para a compreensão e aplicação do slack, além de reconhecer e classificar os diferentes tipos de slack para a fase de projeto em sistemas ETO.

Estas contribuições foram expressas de diferentes formas. Primeiramente foram promovidas discussões originadas pela revisão de literatura e pela análise da dinâmica das variáveis do sistema de produção, tornando possível relacionar os conceitos envolvidos entre slack e ETO e, principalmente, promover a compreensão e aplicação do slack. A partir do desenvolvimento do estudo empírico, foi possível desenvolver oportunidades de melhorias possíveis de serem aplicadas em empresas que possuem o mesmo sistema de produção ETO. Juntamente com o aperfeiçoamento destas melhorias, foi possível destacar oportunidades de slack encontradas no decorrer de toda a pesquisa. Concomitantemente com a compreensão e aplicação do slack através da análise da dinâmica do sistema de produção e com o aperfeiçoamento das melhorias, foi sendo realizado o reconhecimento e a categorização dos slacks, considerando as etapas de projeto, fabricação e montagem do sistema ETO.

Em termos de contribuições teóricas, cabe destacar o papel do slack para facilitar a gestão de sistemas sociotécnicos complexos, tais como o do caso estudado. No estudo de caso, foram observados diversos slacks que não estavam contribuindo para a melhoria do sistema, mas sim, que apareciam como uma forma paliativa de mitigar um problema ou uma variabilidade inesperada que surgia. Por isso, decidiu-se utilizar o termo “reconhecimento dos slacks” e não considerar todos como úteis para a melhoria do desempenho do sistema.

Foram encontradas certas limitações para o desenvolvimento do estudo e suas conseqüentes contribuições. Por conta da pandemia e da distância do empreendimento no qual o presente estudo foi realizado, todas as atividades foram realizadas de forma virtual, com exceção da visita à fábrica. Quanto ao canteiro de obras, por não ter sido possível a realização de visitas, acabou sendo necessário o seu acompanhamento através de reuniões online e de documentos fornecidos pela empresa, incluindo fotos, relatórios e planilhas. Todavia, esta comunicação à distância por parte da pesquisadora, dificultou algumas observações, já que, durante toda a pesquisa, houve uma dependência da equipe técnica para a realização de reuniões e para o fornecimento de dados, fazendo com que, muitas vezes, devido à alta demanda dos setores da empresa, estes dados acabassem sendo enviados de maneira morosa e parcial. Assim sendo, as melhorias não foram implementadas, mas sim, fortemente indicadas a serem aderidas.

6.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Existe a necessidade de desenvolver outros estudos de forma a aumentar o leque de aplicação do artefato. Ao mesmo tempo, é importante que pesquisas futuras sejam realizadas abordando elementos específicos do artefato, visando eliminar as lacunas existentes.

Esta pesquisa levantou alguns tópicos a serem abordados em estudos futuros:

- Reconhecer e classificar os slacks no setor de suprimentos em empresas ETO, considerando a sua interdependência com todos os setores envolvidos no sistema de produção.
- Explorar e implementar as melhorias em diferentes contextos para avaliar a sua utilidade em diferentes etapas de empresas ETO.
- Realizar uma análise de custos baseada na utilização do slack nas etapas de projeto, fabricação e montagem de empresas ETO, com foco na aplicação de redundância no

detalhamento das peças, permitindo uma análise em relação ao aumento de repetitividade das peças em contrapartida ao aumento do peso da estrutura final.

REFERÊNCIAS

ALFORD, D.; SACKETT, P.; NELDER, G. **Mass customisation—An automotive perspective.** *Int. J. Prod. Econ.*, 2000.

ALVES, T. C. L. et al. **Sistemas de remuneração e incentivos da mão-de-obra na construção civil e a implementação de novas filosofias de produção: um estudo exploratório.** In: ENCONTRO DE GESTÃO DE PESSOAS E RELAÇÕES DE TRABALHO, 1., 2007, Natal. Anais... Natal: EnGPR. p. 01-15, 2007.

AREND, R. J.; ZHAO, Y. L.; SONG, M.; IM, S. **Strategic planning as a complex and enabling managerial tool.** *Strategic Management Journal*, 38(8), 1741–1752, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800. **Projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.** Segunda edição, 2008.

AZADEGAN, A.; PATEL, P. C.; PARIDA, V. **Operational slack and venture survival.** *Production and Operations Management*, 22(1), 1–18, 2013.

AZADEH, A.; KOLAEI, M.H.; SALEHI, V. **The impact of redundancy on resilience engineering in a petrochemical plant by data envelopment analysis.** *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: J Risk and Reliability*, 230(3): 285–296, 2016.

BAKER, T.; NELSON, R. **Creating something from nothing: resource construction through entrepreneurial bricolage.** *Administrative Science Quarterly*, Vol. 50, pp. 329-50, 2005.

BALDWIN, C.Y., CLARK, K.B. **Design Rules: The Power of Modularity**, vol. I. MIT Press, Cambridge, MA, 2000.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding Production: essential step in production control.** *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 124, n. 1, p. 11-17, 1998.

BALLARD, G. **Construction: One type of project production system.** *Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.* Sydney: IGLC, 2005.

BERTELSEN, S.; KOSKELA, L. **Approaches to Managing Complexity in Project Production.** In: 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Sydney, Australia, 19-21. pp 65-71, 2005.

BERTRAND, J. W. M.; MUNTSLAG, D. R. **Production control in engineer-to-order firms.** *International Journal of Production Economics*, v. 30-31, n. 0, p. 3–22, jul. 1993.

BOURGEOIS, L. J. **On the measurement of organizational slack.** *Academy of Management Review*, 6(1), 1981.

BOURGEOIS, L. J.; SINGH, J. V. **Organizational slack and political behavior among top management teams.** *Academy of Management Proceedings*, 1983(1): 43–47, 1983.

CANNAS, V. G., J.; GOSLING, M. P.; ROSSI, T. “**Engineering and Production Decoupling Configurations: An Empirical Study in the Machinery Industry.**” *International Journal of Production Economics* 216: 173–189, 2019.

CHAPMAN, C.; WARD, S. **Project Risk Management Processes, Techniques and Insights.** John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 1997.

CHENG, J.; KESNER, I. **Organizational slack and response to environmental shifts: the impact of resource allocation patterns.** *Journal of Management*, 23 (1), 1-18, 1997.

CHIU, Y. C.; LIAW, Y. C. **Organizational slack: Is more or less better?** *Journal of Organizational Change Management*, 22(3), 321–342, 2009.

CLEGG, C. **Sociotechnical Principles for System Design.** *Applied Ergonomics* 31: 463–477, 2000.

CYERT, R.; MARCH, J. G. **Behavioral Theory of the Firm.** Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1963.

DA ROCHA, C. G.; FORMOSO, C. T.; TZORTZOPOULOS, P. **Adopting product modularity in house building to support mass customisation.** *Sustainability (Switzerland)*, 7(5), 4919–4937, 2015.

DAVIS, G.; STOUT, S. **Organization theory and the market for corporate control: a dynamic analysis of large takeover targets.** 1980-1990. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 37 No. 4, pp. 605-33, 1992.

DEKKER, S. **Drift into Failure: From Hunting Broken Components to Understanding Complex Systems.** CRC Press, Boca Raton, 2011.

DO, D. **An Introduction to Set-Based Design.** *Lean Construction Blog*, 2019.

DVIR, D.; LECHLER, T. **Plans are nothing, changing plans is everything: the impact of changes on project success.** *Research policy*, v. 33, n. 1, p. 1-15, 2004.

EISENHARDT, K. M. **Building Theories from Case Study Research.** [s. l.], v. 14, n. 4, p. 532–550, 1989.

ELFVING, J.A.; TOMMELEIN, I.D.; BALLARD, G.: **Improving the delivery process for engineering-to-order products – lessons learned from power distribution equipment.** In: IGLC-12, Elsinore, Denmark, 2004.

FAMA, E. **Agency problem and the theory of the firm.** *Journal of Political Economy*, Vol. 88 No. 2, pp. 288-307, 1980.

FERRIER W. **Navigating the competitive landscape: the drivers and consequences of competitive aggressiveness.** *Academy of Management Journal*; 44(4):858–77, 2001.

FINE, C. H. **Clockspeed-Based Strategies for Supply Chain Design**. *Production and Operations Management*, 9(3), 213–221, 2009.

FIXSON, S.K. **Product architecture assessment: A tool to link product, process, and supply chain design decisions**. *J. Oper. Manag.* 23, 345–369, 2005.

FORMOSO et al. **Slack in construction – Part 1: core concepts**. Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC29), Alarcon, L.F. and González, V.A. (eds.), Lima, Peru, 2021.

FRYER, P. **Running an organization along complexity lines**. In: Kernick D, editor. *Complexity and healthcare organization: a view from the street*. Radcliffe Medical Press, p.289-298, 2004.

GALBRAITH, J. **Designing complex organizations**. Reading, MA: Addison-Wesley, 1973.

GEIGER, S.W.; CASHEN, L.H. **A multidimensional examination of slack and its impact on innovation**. *Journal of Managerial Issues*, Vol. 14 No. 1, pp. 68-84, 2002.

GEORGE, G. **Slack resources and the performance of privately held firms**. *Academy of Management Journal*, 48(4): 661–676, 2005.

GERSHENSON, J. K.; PRASAD, G. J.; ZHANG, Y. **Product modularity: definitions and benefits**. *Journal of Engineering design*, v. 14, n. 3, p. 295-313, 2003.

GERWIN, D. **Manufacturing flexibility: a strategic perspective**, *Management Science*, Vol 39, pp.395-410, 1993.

GIESBERTS, P.M.J.; TANG, V.D. L. **Dynamics of the customer order decoupling point: impact on information systems for production control**, *Production Planning and Control*, 3(3), 300-313, 1992.

GIL, N.; BECKMAN, S. **Design reuse and buffers in high-tech infrastructure development: A stakeholder perspective**. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54(3), 484–497, 2007.

GONZALEZ, V.; ALARCON, L.F.; GAZMURI, P. **Design of Work in Process Buffers in Repetitive Building Projects: A Case Study**. Proc. 14th Ann. Conf. Int'l.Group for Lean Construction, Santiago, Chile, pp. 10-20, 2006.

GOSLING, J.; NAIM, M. M. **Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda**. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS*, v. 122, n. 2, p. 741–754, 2009.

GRAY, C.; HUGES, W.; BENNETT, J. **The successful management of design**. *Centre for strategic studies in construction*, University of Reading, 100p, 1994.

GREVE, H. R. **A behavioral theory of R & D expenditures and innovations: Evidence from shipbuilding**. *Academy of Management Journal*, 46(6): 685–702, 2003.

GUO, J.; ZHOU, B.; ZHANG, H.; HU, C.; SONG, M. **Does strategic planning help firms translate slack resources into better performance?** *Journal of Management and Organization*, 26(4), 395–407, 2020.

HAAS M. R., **Knowledge Gathering, Team Capabilities, and Project Performance in Challenging Work Environments.** *Management Science* 52(8):1170-1184, 2006.

HALMAN, J.I.M.; VOORDIJK, J.T.; REYEMEN, I.M.M.J. **Modular approaches in Dutch house building: An exploratory survey.** *Hous. Stud.*, 2008.

HAVEMAN, H. **Between a rock and a hard place: Organizational change and performance under conditions of fundamental environmental transformation.** *Adm. Sci. Q.* 37(1): 48–75., 1992.

HENDRICKS, K.; SINGHAL V.; ZHANG R. **The effect of operational slack, diversification, and vertical relatedness on the stock market reaction to supply chain disruptions.** *J. Oper. Manag.* 27(3): 233–246, 2009.

HEROLD, D.M.; JAYARAMAN, N.; NARAYANASWAMY, C.R. **What is the relationship between organizational slack and innovation?** *Journal of Managerial Issues*, Vol. 18 No. 3, pp. 372-92, 2006.

HOEKSTRA, S.; ROMME, J. **Integrated Logistics Structures: Developing Customer Oriented Goods Flow**, McGraw-Hill, London, UK, 1992.

HOEPFER, V., SALEH, J., MARAIS, K. **On the value of redundancy subject to common-cause failures: toward the resolution of an on-going debate.** *Reliability Engineering and System Safety*, 94, 1904-1916, 2009.

HOFMAN, E.; VOORDIJK, H.; HALMAN, J. **Matching supply networks to a modular product architecture in the house-building industry.** *Build. Res. Inf.* 37, 31–42, 2009.

HOLMSTRÖM, J.; KETOKIVI, M.; HAMERI, A.-P. **Bridging practice and theory: a design science approach.** *Decision Science*, v. 40, n. 1, p. 65–87, 2009.

HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D. **Joint cognitive systems: Foundations of cognitive systems engineering.** Boca Raton, FL, USA: Taylor & Francis Books, Inc., 2005.

HOPP, W.; SPEARMAN, M. **Factory Physics.** 2. ed. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2000.

HOWELL, G.A., LAUFER, A., BALLARD, G. **Uncertainty and Project Objectives**, *Project Appraisal*, 8(1), 1993, 37-43, 1993.

HUANG, J. W.; LI, Y. H. **Slack resources in team learning and project performance.** *Journal of Business Research*, 65(3), 381–388, 2012.

KENDALL, S.H.; TEICHER, J. **Residential Open Building**; Taylor and Francis: Oxon, UK; p. 320. 14, 2010.

KIM, D. H. **Diagnosing Systemic Issues and Designing High-Leverage Interventions 2**, 1992.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. 1992. Stanford: Stanford University, [s. l.], 1992.

KOSKELA, L. **Management of Production in Construction: A Theoretical View**. Proc. 7th Annual Conf. Int'l. Group Lean Constr. IGLC-7, 26-28 July held in Berkeley, CA. 241-252, 1999.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Espoo: VTT Building Technology, 2000.

KOSKELA, L. **Is structural change the primary solution to the problems of construction?** Build. Res. Inf. 31, 85–96, 2003.

LAWSON, B. **How Designers Think. The design process demystified**. The Architectural Press, London, 1980.

LAWSON, M. Buff. **In praise of slack: time is of the essence**. The Academy of Management Executive, v. 15, n. 3, 2001.

LIKER, J.K. **The Toyota Way, 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**. McGraw-Hill, New York, 2004.

LITSCHERT, R.; T. W. BONHAM. **A conceptual model of strategy formation**. Acad. Manag. Rev. 3(2): 211–219, 1978.

LOVE, E.G.; NOHRIA, N. **Reducing slack: the performance consequences of downsizing by large industrial firms. 1977-93**”, Strategic Management Journal, Vol. 26 No. 12, pp. 1087-108, 2005.

MARCH, J.G.; SIMON, H.A. **Organization**. Wiley, New York, NY, 1958.

MARKUS, T.; ARCH, M. **Optimisation by Evaluation in the Appraisal of Buildings**. In: Value in Building. London, Ed. Hutton e Devonald, Applied Science, p. 82-111, 1973.

MENON, A.; BHARADWAJ, S. G.; ADIDAM, P. T.; EDISON, S. W. **Antecedents and consequences of marketing strategy making**. Journal of Marketing, 63(April), 18–40, 1999.

MILLER, C. C.; CARDINAL, L. B. **Strategic planning and firm performance: A synthesis of more than two decades of research**. Academy of Management Journal, 37(6), 1649–1665, 1994.

MISHINA, Y.; POLLOCK, T.G.; PORAC, J.F. **Are more resources always better for growth? Resource stickiness in market and product expansion**. Strategic Management Journal, Vol. 25, pp. 1179-97, 2004.

MOORMAN, C.; MINER, A. S. **The convergence of planning and execution: Improvisation in new product development**. Journal of Marketing, 62(July), 1–20, 1998.

MORENO, A. R.; FERNANDEZ, L. M. M.; MONTES, F. J. L. **The moderating effect of slack resources on the relation between quality management and organisational learning.** *International Journal of Production Research*, 47(19), 5501–5523, 2009.

NOHRIA, N.; GULATI, R. **Is slack good or bad for innovation?** *Academy of Management Journal*, 39(5), 1245–1264, 1996.

NONAKA, I. **Redundant, Overlapping Organizations: A Japanese approach to managing the innovation process,** *California Management Review*, 32, 3, 27—38, 1990.

OHNO, T. **Toyota production system: beyond large-scale production.** Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1988.

OLHAGER, J.; RUDBERG, M.; WIKNER, J. **Long-term capacity management: linking the perspectives from manufacturing strategy and sales and operations planning,** *International Journal of Production Economics*, 69(2), 215-225, 2001.

PERROW, C. **Normal Accidents: living with high-risk technologies.** Princeton University Press, Princeton, 1984.

PICCHI, Flávio Augusto. **Sistemas de Qualidade: Uso em Empresas de Construção.** São Paulo, 462p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.

PINE, B.J. **Mass Customization: The New Frontier in Business Competition.** Harvard Business School Press, Boston, MA, 1993.

POWELL, D.; STRANDHAGEN, J. O.; TOMMELEIN, I.; BALLARD G.; ROSSI M. **A New Set of Principles for Pursuing the Lean Ideal in Engineer-to-Order Manufacturers.** *Variety Management in Manufacturing. Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, 2014.

PULAKOS, E. D.; ARAD, S.; DONOVAN, M. A.; PLAMONDON, K. E. **Adaptability in the workplace: Development of a taxonomy of adaptive performance.** *Journal of Applied Psychology*, 85(4), 612–624, 2000.

PROGRAMA SETORIAL DA QUALIDADE/PSQ. **Setor de Projetos.** São Paulo: Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura – AsBEA / Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural – ABECE / Instituto de Arquitetos do Brasil – IAB SP / Instituto de Engenharia – IE / Sindicato da Indústria de Instalações Elétricas, Gás, Hidráulicas e Sanitárias do Estado de São Paulo – Sindinstalação / Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva – SINAENCO, 37 p., 1997.

RASMUSSEN, J. **Risk management in a dynamic society: A modelling problem.** *Safety Science*, 27(2-3), 183–213, 1997.

RIGHI, A. W.; SAURIN, T. A. **Complex socio-technical systems: Characterization and management guidelines,** *Applied Ergonomics*, v. 50, p. 19-30, 2015.

ROBERTS, K. H. Roberts K. H. (1990). **Managing high reliability organizations**. California Management Review, 1990.

SALOMO, S.; WEISE, J.; GEMÜNDEN, H. G. **NPD planning activities and innovation performance: The mediating role of process management and the moderating effect of product innovativeness**. Journal of Product Innovation Management, 24(4), 285–30, 2007.

SALVADOR, F. **Toward a Product System Modularity Construct: Literature Review and Reconceptualization**. IEEE Trans. Eng. Manag. 54, 219–240, 2007.

SAURIN, T. A.; ROOKE, J.; KOSKELA, L. **A complex systems theory perspective of lean production**. International Journal of Production Research, 51(19), 5824–5838, 2013.

SAURIN, T.A. **Classification and assessment of slack: implications for resilience**. In: Proc. 6th Resilience Engineering Symposium, Lisbon, 2015.

SAURIN, T.A.; WERLE, N.B. **A framework for the analysis of slack in socio-technical systems**. Reliability Engineering and Systems Safety, 167, 439-451, 2017.

SAURIN, T.A. **Removing Waste While Preserving Slack: The Lean and Complexity Perspectives**. In: LC3 2017 Volume II – Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Walsh, K., Sacks, R., Brilakis, I. (eds.), Heraklion, Greece, 2017.

SAURIN et al. **Slack in construction – Part 2: practical applications**. Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC29), Alarcon, L.F. and González, V.A. (eds.), Lima, Peru, pp. 197–206, 2021.

SHARFMAN, M.P.; WOLF, G.; CHASE, R.B.; TANSIK, D.A. **Antecedents of organizational slack**. Academy of Management Review, Vol. 13 No. 4, pp. 601-14, 1988.

SHARFMAN, M.; WOLF, G.; CHASE, R.; TANSIK, D. **Antecedents of organizational slack**. The Academy of Management Review, 13(4), pp. 601-614, 1998.

SHEFFI, Y. **The Resilient Firm. Overcoming Vulnerability for Competitive Advantage**. The MIT Press, 2005.

SHEPHERD, D.; DOUGLAS, E.; SHANLEY, M. **New venture survival: Ignorance, external shocks, and risk reduction strategies**. J. Bus. Ventur. 15(5–6): 393–410, 2000.

SHINGO, S. **A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint**. Cambridge: Productivity Press, 1989.

SINGH, J. V. **Performance, slack, and risk taking in organizational decision making**. Academy of Management Journal, 29(3): 562–585, 1986.

SMALLEY, A. **Creating Level Pull**. Lean Enterprise Institute, Cambridge, 2004.

SOBEK D.K.; WARD A.C.; LIKER J.K.: **Toyota's Principles of Set-Based Concurrent Engineering**, in: Sloan Management Review, 40(2), S. 67–83, 1999.

SPEAR, S.; BOWEN, H. **Decoding the DNA of the Toyota Production System.** Harvard Business Review, pp. 97–106, 1999.

STEPHENS R. J.; WOODS D. D.; BRANLAT, M. WEARS R. L. **Colliding Dilemmas: Interactions of Locally Adaptive Strategies in a Hospital Setting.** ResearchGate, 2011.

STEVENSON, M.; HENDRY, L.; KINGSMAN, B. **A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry.** International Journal of Production Research; 43:5-30, 2005.

TAN, J., M. W. PENG. **Organizational slack and firm performance during economic transitions: Two studies from an emerging economy.** Strateg. Manag. J. 24(13): 1249–1263, 2003.

TAVISTOCK INSTITUTE. **Independence and Uncertainty.** Tavistock Publications, London, UK, 83 pp, 1966.

TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, H. G.; KAMINSKY, P. **Supply Chain Management for Lean Project Delivery (Chap. 6).** In: O'BRIEN, W. J. et al. (Eds.). Construction Supply Chain Management Handbook. New York: CRC Press, p. 1–22, 2008.

TZORTZOPOULOS, Patrícia. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.** Porto Alegre, v. 163, 1999.

ULRICH, K. **Fundamentals of product modularity.** In: Management of Design. Springer, Dordrecht, p. 219-231, 1994.

VEENSTRA, V.S.; HALMAN, J.I.M.; VOORDIJK, J.T. **A methodology for developing product platforms in the specific setting of the housebuilding industry.** Res. Eng. Des. 17, 157–173, 2006.

VIANA, D.D. **Integrated Production Planning and Control Model for Engineer-to-Order Prefabricated Building Systems.** Dr. Thesis, UFRGS, Porto Alegre, Brazil, 2015.

VOORDIJK, H.; MEIJBOOM, B.; DE HAAN, J. **Modularity in supply chains: A multiple case study in the construction industry.** Int. J. Oper. Prod. Manag, 2006.

VOSS, C.; ROTH, A. V.; CHASE, R. B. **Experience, service operations strategy, and services as destinations: Foundations and exploratory investigation.** Production and Operations Management, 17(3), 247–266, 2008.

WALKER, B., HOLLING, C. S., CARPENTER, S. R., & KINZIG, A. **Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems.** Ecology and society, 9(2), 2004.

WAN, W. P.; YIU, D. W. **From crisis to opportunity: Environmental jolt, corporate acquisitions, and firm performance.** Strateg. Manag. J. 30(7): 791–801, 2009.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. **The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production, Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry.** Free Press, New York, 1990.

YANG, M. L.; WANG, A. M. L.; CHENG, K. C. **The impact of quality of IS information and budget slack on innovation performance.** *Technovation*, 29(8), 527–536, 2009.

YIN, R. K. **Applications of Case Study Research.** Stage Publications, Thousand Oaks, 22-28, 2002.

YIN, R. K. **Design and methods.** *Case study research*, v. 3, n. 9.2, 2003.

YIN, R. K. **Case study research: Design and methods.** sage, 2009.

APÊNDICE A - Fontes de Evidência

Nº	Data	Horário	Duração	Atividade	Participantes	Escopo
1	26/05/2021	16h	30min	Reunião (Teams)	- Autora, mestranda; - Gerente de Contratos; - Gerente de Engenharia.	- Apresentação do plano de trabalho.
2	09/06/2021	13h30min	1h	Reunião (Teams)	- Autora, mestranda; - Engenheiro de Projetos; - Coordenadora de Projetos.	- Apresentação do plano de trabalho; - Entrevistas semiestruturadas.
3	18/06/2021	15h	30min	Reunião (Teams)	- Autora, mestranda; - Gerente de Projetos.	- Esclarecimento de dúvidas em relação aos projetos e aos cronogramas.
4	23/06/2021	13h30min	1h	Reunião (Teams)	- Autora, mestranda; - Coordenadora de Projetos.	- Apresentação sobre o setor de Planejamento de Engenharia; - Apresentação de planilhas, etc.
5	25/06/2021	15h	45min	Reunião (Teams)	- Autora, mestranda; - Orientadora; - Gerente de Projetos.	- Esclarecimento de dúvidas quanto ao fluxo do processo nas obras multiandares e de infraestrutura; - Apresentação da Daniela (orientadora).

Uso do slack na fase de projeto para contribuir para as etapas de fabricação e montagem em sistemas ETO

6	29/06/2021	13h30min	1h30min	Reunião (Teams)	- Autora, mestrandas; - Equipe de Engenharia.	- Reunião semanal de planejamento da engenharia.
7	02/07/2021	15h	30min	Reunião (Teams)	- Autora, mestrandas; - Gerente de Projetos.	- Esclarecimento de dúvidas em relação ao relatório semanal e aos projetos de detalhamento.
8	14/07/2021	14h30min	30min	Reunião (Teams)	- Autora, mestrandas; - Engenheiro de Montagem.	- Dificuldades encontradas na obra, principalmente em relação aos projetos; - Entrevista semiestruturada.
9	20/07/2021	15h30min	1h	Reunião (Teams)	- Autora, mestrandas; - Equipe de Engenharia.	- Reunião semanal de planejamento da engenharia.
10	11/08/2021	19h	45min	Reunião (Whatsapp)	- Autora, mestrandas; - Projetista.	- Dificuldades encontradas na fase de projeto; - Entrevista semiestruturada.
11	08/09/2021	14h	1h	Reunião (Teams)	- Engenheiro de Montagem.	- Discussão sobre Lições Aprendidas.
12	08/09/2021	19h	1h30min	Reunião (Whatsapp)	- Projetista.	- Discussão sobre o processo de projeto.
13	21/09/2021	13h30min	1h	Reunião (Teams)	- Engenheira do setor de padronização e inovação.	- Discussão sobre o processo de padronização e inovação.

14	22/09/2021	19h	1h30min	Reunião (Teams)	- Projetista.	- Análise conjunta de projetos e lista de componentes.
15	24/09/2021	10h	2h	1º Workshop (Teams)	- Gerente de Contratos; - Coordenadora de Projetos; - Projetista; - Engenheira do setor de padronização; - Orientadora.	- Apresentação do diagnóstico até o momento e discussões.
16	05/10/2021	14h	30min	Reunião (Teams)	- Engenheiro de Montagem.	- Discussão sobre as ligações mais críticas na montagem.
17	06/10/2021	19h	30min	Reunião (Teams)	- Projetista.	- Discussão sobre as ligações mais críticas na montagem e análise de projetos de montagem e fabricação (detalhamentos).
18	19/10/2021	14h	30min	Reunião (Teams)	- Gerente de Suprimentos.	- Discussão sobre o processo do setor e a cadeia de suprimentos.
19	01/11/2021	11h	30min	Reunião (Teams)	- Engenheiro de Montagem.	- Discussão sobre o workshop.
20	17/11/2021	11h	1h	Reunião (Teams)	- Projetista.	- Discussão sobre os problemas dos elevadores.

21	27/01/2022	10h	2h	2º Workshop (Teams)	<ul style="list-style-type: none"> - Gerente de Contratos; - Coordenadora de Projetos; - Projetista; - Engenheira do setor de padronização; - Orientadora. 	- Apresentação de conceitos (complexidade e modularidade), problemas no planejamento do processo de projeto e sugestões de melhorias.
22	15/02/2022	8h	1h	Reunião (Teams)	<ul style="list-style-type: none"> - Projetistas de aprovação e de detalhamento. 	- Principais dificuldades de cada tipo de obra (múltiplos andares e infraestrutura, exportação, industrial e galpão).
23	10/03/2022	13h	30min	Reunião (Teams)	<ul style="list-style-type: none"> - Projetista de detalhamento. 	- Discussão sobre a repetitividade das peças e as possibilidades de padronização.
24	15/03/2022	10h	Dia inteiro	Reuniões Presenciais	<ul style="list-style-type: none"> - Gerente de Fábrica; - Gerente de PCP; - Gerente de Engenharia; - Gerente de Suprimentos; - Coordenador de Fábrica. 	- Discussão sobre o processo do setor e a cadeia de suprimentos.
25	15/07/2022	17h	2h	3º Workshop (Presencial + Teams)	<ul style="list-style-type: none"> - Gerente de Contratos; - Coordenadora de Projetos; - Projetista; 	- Revisão de conceitos importantes (slack, sistemas ETO e modularidade), análises com base na visita à fábrica, problemas encontrados ao longo do

					- Engenheiro de Montagem; - Orientadora.	processo e sugestões de inovações e melhorias.
--	--	--	--	--	---	--